بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

رساله دکتری مهندسی زراعت

اثر تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی با عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد

نگارنده :زهره انصار

اساتید راهنما:

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

دکتر سرالله گالشی

اساتید مشاور:

دکتر احمد غلامی

دکتر مهدیه پارسائیان

شهریور ۱۳۹۸

شماره: ۱۸۸/ر/ک
تاریخ: ۱۴۰۱/۱۱/۰۳
ویرایش:

باسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره ۱۲: صورت جلسه نهایی دفاع از رساله دکتری (Ph.D)

(ویژه دانشجویان ورودی های ۹۴ و ما قبل)

بدینوسیله گواهی می شود خانم زهره انصار دانشجوی دکتری رشته زراعت-فیزیولوژی گیاهان زراعی به شماره دانشجویی ۹۳۰۰۱۸۵ ورودی مهر ماه سال ۱۳۹۳ در تاریخ ۱۳۹۸/۶/۲۴ از رساله **نظری**☐ / **عملی**■ خود با عنوان : اثر تنش کم آبیاری و محلول پاشی با عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد دفاع و با اخذ نمره ۱۹/۲۷ به درجه : عالی نائل گردید.

الف) درجه عالی: نمره ۲۰-۱۹ ☑ ب) درجه بسیار خوب: نمره ۱۸/۹۹ – ۱۷☐

ج) درجه خوب: نمره۱۶/۹۹– ۱۵☐ د) غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد☐

ه) رساله نیاز به اصلاحات دارد☐

ردیف	هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱	دکتر مهدی برادران فیروزآبادی	استاد راهنما	دانشیار	
۲	دکتر سراله گالشی	استاد راهنما	استاد	
۳	دکتر احمد غلامی	مشاور	دانشیار	
۴	دکتر مهدیه پارسائیان	مشاور	استادیار	
۵	دکتر محمدرضا عامریان	استاد مدعو داخلی	دانشیار	
۶	دکتر مصطفی حیدری	استاد مدعو داخلی	دانشیار	
۷	دکتر همت اله پیردشتی	استاد مدعو خارجی	دانشیار	
۸	دکتر خلیل اژدری	سرپرست (نماینده) تحصیلات تکمیلی دانشکده	دانشیار	

مدیر محترم تحصیلات تکمیلی دانشگاه:

ضمن تأیید مراتب فوق مقرر فرمائید اقدامات لازم در خصوص انجام مراحل دانش آموختگی خانم زهره انصار بعمل آید.

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده :

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

دانشکده کشاورزی

تقدیر و تشکر:

اگر حاصل کار معرفتی باشد قابل تقدیم:

تقدیم به پدرم: کوهی استوار و حامی من در طول زندگی

تقدیم به مادرم: سنگ صبوری که الفبای زندگی به من آموخت

تقدیم به همسرم: که سایه ی مهربانیش سایه سار زندگیم می باشد، او که اسوه صبر و تحمل بوده و مشکلات مسیر را برایم تسهیل نمود.

تقدیم به کیومرث دلبندم: امید بخش جانم که آسایش او آرامش من است.

تعهدنامه

اینجانب **زهره انصار** دانشجوی دوره **دکتری** رشته **مهندسی زراعت** دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **اثر تنش کم آبیاری و محلول پاشی با عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد** تحت راهنمائی استادان **دکتر مهدی برادران فیروزآبادی**و **دکتر سرالله گالشی**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 ارایه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقاالات مستخرج ب 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 شاده اسات 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

امضا

تاریخ

مالکیت نتایج و حق نشر
کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن(مقالات مستخرج، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) بـه دانشگاه صنعتی شاهرود تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.
استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

چکیده:

آب یکی از عوامل مهم اقلیمی است که بر توزیع و پراکنش گیاهان مؤثر است. کنجد یک گیاه دانه روغنی است؛ که از تنش‌های محیطی به‌ویژه کم‌آبی آسیب می‌بیند. لذا یافتن راهکاری مناسب برای کاهش خسارت وارده به این گیاه ضروری به‌نظر می‌رسد.. در همین راستا آزمایشی روی گیاه کنجد رقم ناز چندشاخه در دو سال زراعی ۹۵ و ۹۶ به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شهر گرگان انجام شد.تیمارها شامل ۲ سطح آبیاری ۱۵ روز و ۲۵ روز) یکبار به ترتیب به‌عنوان عدم تنش و تنش کم‌آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی و محلول‌پاشی مرزنجوش در غلظت‌های صفر، ۴۰ و ۶۰ درصد حجمی و آویشن کوهی با غلظت‌های صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی به‌عنوان فاکتورهای فرعی بودند. اعمال تیمارهای آبیاری پس از استقرار بوته‌ها و محلول‌پاشی‌ها طی ۳ مرحله از یک ماه پس از کاشت با فواصل ۱۲ روز صورت پذیرفت. نتایج نشان داد تنش کم‌آبیاری سبب کاهش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد دانه، میزان کلروفیل a و b شد و نیز سبب افزایش میزان کاروتنوئید، فلاونوئید، کلسیم، پتاسیم و افزایش در فعالیت آنزیم کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز و آسکوربات‌پراکسیداز گردید. هم‌چنین بیشترین میزان شاخص سطح برگ (۳/۷۶)، وزن خشک برگ (۵۷/۸۸ گرم در مترمربع)، ارتفاع بوته (۱۵۹ سانتی‌متر)، کلروفیل (7/21) a میلی‌گرم در گرم وزن تر)، کلروفیل (61/20) b میلی‌گرم در گرم وزن تر)، تعداد دانه در کپسول (۵۴) کپسول در بوته (۳۸) و عملکرد (۹۲/۱۹۷ گرم در مترمربع) مربوط به شرایط آبیاری مناسب و تیمار ۶۰ درصد مرزنجوش و ۲۰ درصد آویشن کوهی بود. و بیشترین میزان کاروتنوئید (۱۸/۵۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، فلاونوئید (۰/۰۰۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، کلسیم (۰/۵۷ درصد) و پتاسیم (۲/۹۷ درصد) مربوط به شرایط کم‌آبی و تیمار ۶۰ درصد مرزنجوش و ۲۰ درصد آویشن کوهی بود. نتایج نشان داد که بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز درهر دو شرایط آبیاری مناسب و کم آبیاری مربوط به تیمار ۶۰ درصد عصاره مرزنجوش و ۲۰ درصد آویشن کوهی بود. بنابراین می‌توان اظهار داشت که استفاده توأم از محلول‌پاشی آویشن و مرزنجوش در هر دو شرایط آبیاری و تنش کم‌آبیاری اثر گذار بود ولی اثرگذاری آن در شرایط تنش بیشتر بوده است که موجب القای تحمل تنش در گیاه می‌گردد.

کلیدواژه: کنجد-مرزنجوش-آویشن کوهی-تنش کم آبیاری

فهرست مطالب

فصل اوّل: ۱

مقدمه و کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- کنجد ۶

۱-۲-۱- اهمیت کنجد ۷

۱-۲-۲- گیاه شناسی ۸

۱-۲-۳- سازگاری ۹

۱-۲-۴- مراحل نمو ۱۱

۱-۲-۵- آبیاری ۱۲

۱-۲-۶- محصولات ۱۳

۱-۳- مرزنجوش ۱۳

۱-۳-۱- نیازهای اکولوژیکی ۱۴

۱-۴-آویشن کوهی ۱۴

۱-۴-۱- ترکیبات شیمیایی و اهمیت آویشن ۱۵

۱-۴-۲- خواص دارویی و موارد مصرف ۱۵

۱-۵- اهداف تحقیق ۱۶

فصل دوم: ۱۷

بررسی منابع ۱۷

۲-۱- تنش‌های محیطی ۱۸

۲-۲-تنش خشکی و کمآبی ۱۸

۲-۲-۱- سازوکارهای فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی ۲۰

۲-۲-۲- پاسخ‌های فیزیولوژیکی به خشکی ۲۰
۲-۲-۳- تاثیر تنش خشکی بر فعالیت‌های فتوشیمیایی و فتوسنتز گیاه ۲۱
۲-۴- کمبود آب و تنش اکسیداتیو ۲۲
۲-۳-آنزیم‌های آنتیاکسیدان ۲۴
۲-۳-۱-کاتالاز ۲۴
۲-۳-۲-پراکسیدازها ۲۵
۲-۳-۳- تأثیر تنشهای محیطی بر میزان فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدان ۲۶
۲-۴- محلول پاشی با استفاده از عصاره گیاهان دارویی ۲۷
۲- ۴- ۱- اسانس‌ها و ترکیبات آن‌ها ۲۸
۲-۵-۲- ترکیبات شیمیایی اسانس ۲۹
۲-۷- اثر تنش کم آبی و محلول پاشی بر گیاهان زراعی ۳۰
۲-۷-۱- شاخص رشدی گیاه ۳۰
۲-۷-۲- عملکرد و اجزای عملکرد ۳۵
۲-۷-۳- فتوسنتز و تنفس ۳۷
۲-۷-۴- روغن دانه ۳۸
۲-۷-۵- پروتئین دانه ۴۰
۲-۷-۶- آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ۴۲
۲-۷-۷- رنگیزه‌های فتوسنتزی ۴۲
فصل سوم : ۴۵
مواد و روش‌ها ۴۵
۳-۱- زمان و موقعیت محل اجرای آزمایش ۴۶
۳-۲- آمادهسازی بستر ۴۷
۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی ۴۷
۳-۴- کاشت بذر ۴۹
۳-۵- عملیات داشت ۴۹

۳-۵-۱- مبارزه با علفهای هرز ۴۹
۳-۵-۲- آبیاری ۵۰
۳-۶- اعمال تیمارها ۵۰
۳-۷- نمونه‌برداری ۵۰
۳-۹- اندازه‌گیری صفات زراعی ۵۱
۳-۹-۱- وزن خشک برگ، ساقه و دانه (۱۰۰ روز بعد از کاشت) ۵۱
۳-۹-۲- طول ساقه و تعداد شاخه های میوه دهنده ۵۱
۳-۹-۳- اندازه‌گیری شاخص سطح برگ ۵۱
۳-۱۰- عملکرد و اجزای عملکرد ۵۲
۳-۱۱- اندازه‌گیری صفات کیفی ۵۲
۳-۱۱-۱- سنجش درصد روغن دانه ۵۲
۳-۱۱-۲- سنجش درصد پروتئین دانه ۵۳
۳-۱۲- اندازهگیری صفات مربوط به فعالیت آنتیاکسیدانی ۵۵
۳-۱۲-۱- تهیه بافر استخراج عصاره آنزیمی ۵۵
۳-۱۲-۲- استخراج عصاره آنزیمی ۵۵
۳-۱۲-۳- تهیه معرف برادفورد ۵۵
۳-۱۲-۴- تهیه محلول پایه پروتئین استاندارد ۵۶
۳-۱۲-۵- تهیه منحنی استاندارد ۵۶
۳-۱۲-۶- اندازه‌گیری پروتئین محلول ۵۶
۳-۱۲-۷- اندازه گیری فعالیت آنزیم کاتالاز ۵۷
۳-۱۲-۸- اندازهگیری فعالیت آنزیم پراکسیداز ۵۷
۳-۱۲-۹- فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز ۵۸
۳-۱۳- کلروفیل و کاروتنوئید ۵۹
۳-۱۴- فلاونوئیدها ۶۰
۳-۱۵- کلسیم و پتاسیم ۶۰

۳-۱۶- محاسبات آماری طرح ۶۱
فصل چهارم : ۶۳
نتایج و بحث ۶۳
۴-۱- صفات زراعی، مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ۶۴
۴-۱-۱- شاخص سطح برگ ۶۶
۴-۱-۲- وزن خشک برگ، ساقه و میوه ۶۹
۴-۱-۲-۱- وزن خشک برگ ۶۹
۴-۱-۲-۲- وزن خشک میوه ۷۱
۴-۱-۲-۳- وزن خشک ساقه ۷۳
۴-۱-۳- ارتفاع بوته ۷۵
۴-۱-۴- تعداد شاخه میوه‌دهنده ۷۸
۴-۱-۵- تعداد کپسول در بوته ۸۰
۴-۱-۶- تعداد دانه در کپسول ۸۳
۴-۲- رنگیزه‌های فتوسنتزی، فلاونوئیدها و کارتنوئیدها ۹۲
۴-۲-۲- کاروتنوئید ۹۵
۴-۲-۳- فلاونوئید ۹۷
۴-۳- آنزیم‌های آنتی اکسیدان ۹۹
۴-۳-۱- آنزیم سوپراکسید دیسموتاز ۱۰۰
۴-۳-۲- آنزیم کاتالاز ۱۰۱
۴-۳-۳- آنزیم آسکوربات پراکسیداز ۱۰۲
۴-۴- روغن و پروتئین دانه ۱۰۳
۴-۴-۱- روغن دانه ۱۰۴
۴-۴-۲- پروتئین دانه ۱۰۶
۴-۵- پتاسیم و کلسیم برگ ۱۰۷
۴-۵-۱- پتاسیم ۱۰۸

۴-۵-۲- کلسیم ۱۰۹
۴-۶-نتیجه‌گیری: ۱۱۱
۴-۷-پیشنهادها : ۱۱۲
منابع مورد استفاده ۱۱۳

فهرست اشکال

شکل ۳-۱- نقشه کاشت طرح مورد استفاده ۴۸

شکل ۴-۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش. ۶۸

شکل ۴-۲- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره آویشن. ۶۸

شکل ۴-۳- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن. ۶۹

شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن. ۷۰

شکل ۴-۵- مقایسه میانگین وزن خشک میوه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از حلول‌پاشی عصاره آویشن کوهی. ۷۲

شکل ۴-۶- مقایسه میانگین وزن خشک میوه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش. ۷۲

شکل ۴-۷- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن. ۷۴

شکل ۴-۸- مقایسه میانگین ارتفاع بوته کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و سال. ۷۷

شکل ۴-۹- مقایسه میانگین ارتفاع بوته کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن. ۷۸

شکل ۴-۱۰. مقایسه میانگین تعداد شاخه‌های میوه دهنده کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره آویشن‌کوهی. ۷۹

شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین تعداد کپسول در بوته کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش..... ۸۱

شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین تعداد کپسول در بوته کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی. ۸۲

شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین تعداد دانه در کپسول کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش..... ۸۴

شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین تعداد دانه در کپسول کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره آویشن کوهی. ۸۵

شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین تعداد دانه در کپسول کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی. ۸۶

شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین وزن هزار دانه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از عصاره مرزنجوش. ۸۷

شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین وزن هزار دانه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش. ۸۸

شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال و رژیم آبیاری ۹۰

شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین عملکرد دانه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی. ۹۰

شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی. ۹۳

شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی. ۹۴

شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی. ۹۶

شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین فلاونوئید برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی. ۹۸

شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم سوپراکسیداز دیسموتاز در برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی. ۱۰۰

شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم کاتالاز در برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی. ۱۰۲

شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی. ۱۰۳

شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین درصد روغن دانه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره آویشن‌کوهی. ۱۰۵

شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین درصد روغن دانه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی. ۱۰۵

شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه کنجد تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری. ۱۰۶

شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین میزان پتاسیم برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم‌های آبیاری، محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی. ۱۰۹

شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین میزان کلسیم برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم‌های آبیاری، محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی. ۱۱۰

فهرست جدول

جدول ۳-۱- مشخصات نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی متری محل اجرای آزمایش..... ۴۷

جدول ۴-۱- تجزیه مرکب (میانگین مربعات) اثر سال، آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر برخی شاخص‌های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کنجد. ۶۵

جدول ۴-۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر برخی رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه کنجد. ۹۲

جدول ۴-۳- جدول تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتیاکسیدانی کنجد. ۹۹

جدول ۴-۴- جدول تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر درصد روغن و پروتئین دانه کنجد. ۱۰۴

جدول ۴-۵- جدول تجزیه واریانس اثر آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر کلسیم و پتاسیم کنجد. ۱۰۷

فصل اوّل:

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

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 (نیو و همکاران، ۲۰۱۸؛ استاگناری و همکاران، ۲۰۱۶). 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 (بیوک و همکاران، ۱۳۹۲). خشکی در ایران و جهان پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر است که همه ساله با شدت‌های متفاوتی، تولید موفقیت آمیز محصولات کشاورزی را با مخاطره روبه‌رو می‌سازد. بیشترین کاهش عملکرد در گیاهان به‌واسطه تنش‌های غیرزنده گزارش شده است (برای و همکاران، ۲۰۰۰). تنش خشکی ۴۰ تا ۶۰ درصد اراضی کشاورزی جهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد (ماهروکاشانی و همکاران، ۲۰۱۸؛ بری، ۱۹۹۷). پس برای تخصیص بهینه آب در تولید گیاهان زراعی باید رابطه‌ای صحیح بین میزان آب استفاده شده و میزان محصول تولیدی برقرار باشد. اقتصاد و مدیریت منابع آب ایجاب می‌کند که از واحد حجم آب حداکثر بهره‌برداری صورت گیرد. در چنین شرایطی که کمبود آب آبیاری وجود دارد اطلاع از واکنش گیاهان و تعیین میزان حساسیت مراحل مختلف رشدی به کم‌آبی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (شهرام و دانشی، ۱۳۸۴). یکی از راهکارهای ارائه شده در زمینه بهبود مدیریت راندمان آبیاری، حصول عملکرد مناسب با توجه به حداکثر راندمان بهره‌برداری از آب آبیاری می‌باشد (رهنما، ۲۰۰۳). در این راستا شناخت ارتباط کمبود آب خاک با رشد محصولات، بررسی واکنش‌های فیزیولوژیکی در ارتباط با تنش، کشت گیاهان مقاوم و سایر مواردی که امکان توسعه هر چه بیشتر گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک را فراهم می‌کند، مفید و مطلوب خواهد بود (خلیلی و همکاران، ۲۰۱۳).

تنش کم‌آبی موجب تغییرات آناتومی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان می گردد. 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 به‌سرعت مختل می‌شوند. حتی یک کمبود متوسط آب نیز کافی است تا سنتز اسیدآبسیزیک از کاروتنوئیدها را در ریشه تحریک کند. اسیدآبسیزیک 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 می‌شوند و می‌ریزند (فتحی و براری تاری، ۲۰۱۶؛ مظاهری‌تیرانی و منوچهری‌کلانتری، ۱۳۸۶). کمبود آب سبب کاهش حجم سلول و افزایش غلظت شیره یاخته‌ای می‌شود و پروتوپلاسم آب خود را از دست می‌دهد. در شرایط تنش خشکی تولید انواع گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)[1] منجر به خسارت اکسیداتیو و در نتیجه اختلال در اعمال فیزیولوژیکی سلول‌ها می‌گردد، همچنین در شرایط تنش فرآیندهای مخرب غشاء فعال و منجر به اکسیداسیون لیپیدهای غشا می‌شود (نیو و همکاران، ۲۰۱۸؛ محمدی و همکاران، ۲۰۱۹). افزایش‌گونه‌های فعال اکسیژن به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل آسیب‌رسان به سلول‌ها در شرایط تنش می‌باشد. سوپراکسید ($O_2^{\cdot}$)، پراکسیدهیدروژن (H_2O_2)، هیدروکسیل ($HO^{\cdot}$) و اکسیژن مولکولی ازجمله گونه‌های فعال اکسیژن هستند که میزان آن‌ها تحت شرایط تنش در گیاهان افزایش می‌یابد (میتلر و همکاران، ۲۰۰۴). این گونه‌های اکسیژن برای سلول سمی می‌باشند و به‌طور جدی با مولکول‌های حیاتی از جمله لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلوئیک واکنش می‌دهند و موجب پراکسیداسیون لیپیدها، دناتوره شدن پروتئین‌ها و تغییر و جهش در DNA می‌شوند (کنت، ۱۹۹۰).

گیاهان برای مقابله با گونه‌های فعال اکسیژن بسته به ظرفیت ژنتیکی‌شان سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیداتیو را در خود گسترش می‌دهند. در این میان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نقش مهمی در پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن از طریق یک سری واکنش‌های پیچیده ایفا می‌کنند. این واکنش‌ها

شامل تبدیل اکسیژن مولکولی (O_2) به پراکسید هیدروژن (H_2O_2) به‌وسیله آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و سمیت زدایی H_2O_2 توسط آنزیم‌های متعددی از قبیل پراکسیداز (POX)، آسکوربات پراکسیداز (APX)، کاتالاز (CAT) و گلوتاتیون ردوکتاز (GR) می‌باشد. در کنار فعالیت این آنزیم‌ها، مولکول‌های آنتی اکسیدانی دیگر مثل پرولین، آلفاتوکوفرول، فلاونوئید، کاروتنوئید، اسید-آسکوربیک و گلوتاتیون نیز در بی‌اثر کردن فعالیت این گونه‌ها نقش دارند (میتلر و همکاران، ۲۰۰۴). بافت‌های گیاهی از جمله اندام‌های گیاهان دارویی حاوی مقادیر بالایی از ترکیبات آنتی‌اکسیدان هستند که می‌توان از آن بهره‌مند شد.

آویشن با نام علمی *Thymus vulgaris* L. از خانواده نعنایان یکی از شناخته‌شده‌ترین گیاهان دارویی در طب سنتی ایران و اروپا می‌باشد و گیاه مرزنجوش با نام علمی *Origanum vulgare* ازتیره نعناعیان می‌باشد که پراکنش جهانی دارد. از مهمترین ترکیباتی که در عصاره آویشن مشخص شده است می‌توان به مونوترپن‌های فنلی تیمول (۳۵ درصد) و کارواکرول (۳۲ درصد) اشاره کرد و همچنین دارای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی قوی می‌باشد (ممبینی و همکاران، ۱۳۸۷). در بررسی مرزنجوش ترکیبات فنلی به‌خصوص اسیدهای فنلی و فلاونوئیدها به‌عنوان عوامل مؤثر احتمالی مطرح شده‌اند (تاج کریمی و همکاران، ۲۰۱۰). مواد مؤثره اصلی موجود در اسانس این دو گیاه شامل تیمول، کارواکرول و متانول است. این مواد جزء ترکیبات فنولیکی هستند و خواص یاد شده برای این گیاهان به این مواد نسبت داده شده است (ممبینی و همکاران، ۱۳۸۷؛ تاج کریمی و همکاران، ۲۰۰۳).

امروزه شیوه محلول‌پاشی برگی به‌عنوان مکمل روش‌های خاکی، شیوه‌ای مؤثر در به‌کارگیری عناصر کم‌مصرف و پرمصرف، اسیدهای آمینه، اسیدهای هیومیک، هورمون‌های رشد گیاهی، عصاره جلبک‌های دریایی و هیدرات‌های‌کربن می‌باشد. محققان مختلف با استفاده از محلول‌پاشی ترکیبات مختلف مواد آلی سبب بهبود رشد گیاهان مختلف تحت شرایط کم‌آبی شده‌اند، اما در زمینه اثر عصاره‌های گیاهان دارویی بر شاخص‌های رشدی گیاهان زراعی تاکنون مطالعات چندانی انجام نشده است ولی اثر این عصاره‌ها بر رشد گل‌های زینتی و همچنین اثر بر کنترل باکتری‌ها مورد بررسی قرار

گرفته است که در این خصوص سولگی و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند که ترکیب‌های کارواکرول و تیمول به‌عنوان مواد ضد میکروبی قادر به افزایش شاخص‌های رشد در گل‌های بریده ژربرا شد. بنی نعیم و صمصام پور (۲۰۱۵) اظهار داشتند که استفاده از اسانس آویشن و مرزه به‌طور معنی‌داری سبب افزایش در وزن تر گیاه گل نرگس (*Narcissus Tazetta* L.) در مقایسه با تیمار شاهد شد. در مطالعه‌ای دیگر مکادم و همکاران (۲۰۰۹) ویژگی‌های اسانس ۲ گونه از جنس Mentha را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند اسانس‌های حاصل از این ۲ گونه ویژگی ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی دارند و می‌توانند از فعالیت باکتری‌ها، قارچ‌ها و مخمرها جلوگیری کنند.

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 دانه‌های 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. در بین گیاهان زراعی کنجد به دلیل مقاومت به خشکی و گرما اهمیت زیادی در توسعه کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک به‌عنوان کشت تابستانه دارد. اخیراً با توجه به نیاز روزافزون کشور به روغن، کنجد می‌تواند به عنوان یک گیاه صنعتی و روغنی مهم مطرح باشد (اندرخور و فلاحی، ۱۳۹۶؛ رضوانی‌مقدم. ۱۳۸۴).

بخش قابل‌توجهی از دوره‌ی رشد کنجد در تابستان قرار دارد که به طور طبیعی این گیاه را با تنش‌های خشکی و گرما روبرو خواهد کرد. از طرفی در برخی از مناطق میزان دسترسی به آب کمتر است که موجب افزایش فواصل آبیاری در زراعت گیاهان خواهد شد و از این طریق به تنش وارده به گیاه افزوده می‌شود. لذا یافتن راه‌کاری که بتوان با استفاده از آن میزان تنش وارده به گیاه را کاهش داد یا مقاومت گیاه به تنش‌ها، به‌ویژه خشکی را افزایش داد، ضروری به نظر می‌رسد. همان‌طور که بیان شد امروزه یکی از روش‌های متداول جهت بهبود رشد گیاهان زراعی استفاده از محلول پاشی برگی گیاهان زراعی در مراحل مختلف رشدی می‌باشد، که به‌طور معمول در سال‌های اخیر از

ترکیبات متعددی نظیر اسیدسالیسیلیک، اسیدآسکوربیک، متانول، عناصر ریزمغذی به شکل معمول و نانو و..... استفاده شده و نتایج مثبتی در این زمینه نیز گزارش شده است ولی چگونگی اثر عصاره گیاهان دارویی بر شاخص‌های رشدی و عملکرد کنجد مورد بحث و بررسی قرار نگرفته است. این در حالی است که اسانس گیاهان دارویی نظیر مرزنجوش و آویشن کوهی دارای خاصیت آنتی اکسیدانی بالایی می‌باشند لذا در این پژوهش اثر عصاره این دو گیاه بر رشد و عملکرد گیاه کنجد تحت شرایط تنش کم‌آبی مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۱- کنجد

دانه‌های کنجد در طول دوره تمدن صنعت کشت، به عنوان اصلی‌ترین روغن گیاهی شناخته شده‌است. این امر قطعاً به بین‌النهرین حدود ۲۵۰۰ سال قبل از میلاد برمی گردد. دانه کنجد یکی از اولین محصولات فرآوری شده برای روغن بوده و همچنین به عنوان یکی از اولین مواد در ادویه جات و فلفل استفاده می‌گردد (اندرخور و فلاحی، ۱۳۹۶). 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 (وکیلی و اسحاقی، ۱۳۹۳). 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 (فائو، ۲۰۱۷). 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 (مقصودی، ۱۳۹۴؛ وایز، ۱۳۷۵). 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). سابقه کشت کنجد در بین‌النهرین، پاکستان و ایران به بیش از ۴۰۰۰ سال می‌رسد.

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 ۲۰۱۷ سطح زیر کشت کنجد در ایران حدود ۴۲۰۰۰ هکتار با میانگین عملکرد حدود ۶۹۰ کیلوگرم در هکتار بوده است (فائو، ۲۰۱۷). 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 (آئین و سرحدی، ۱۳۹۴). سطح زیر کشت کنجد در جهان طبق آمار منتشره فائو در سال ۲۰۱۷ میلادی حدود ۶/۵۶ میلیون هکتار بوده است (فائو، ۲۰۱۷).

۱-۲-۱- اهمیت کنجد

دانه‌های سفید تا زرد کنجد به‌صورت کامل در تهیه نان و کیک و شیرینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. دانه و برگ کنجد به‌عنوان داروی گیاهی در طب سنتی کاربرد دارند (وکیلی و اسحاقی، ۱۳۹۳). دانه کنجد از لحاظ پروتئین، چربی، کلسیم و فسفر غنی است 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 می‌باشد. پروتئین کنجد دارای مقدار زیادی اسیدهای آمینه گوگرددار می‌باشد و از این لحاظ مطلوب به شمار می‌رود ولی از لحاظ لیسین فقیر است. کنجد به‌لحاظ داشتن پروتئین و روغن پرکیفیت از دیر باز مورد توجه مردم بوده است (مقصودی، ۱۳۹۴؛ خواجه پور، ۱۳۸۵). افزون بر این، روغن کنجد مایع و همچنین هیدروژنه شده در مقابل اکسیداسیون بسیار مقاوم

می‌باشد. این ویژگی مربوط به فنلی است بنام سسامول که از هیدرولیز ماده دیگری بنام سسامولین 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 به دلیل وجود یک ترکیب فنل آنتی‌اکسیدان به نام سسامول (Sesamol) از دوام خوبی برخوردار است (رابلن و همکاران، ۱۹۸۹).

۱-۲-۲- گیاه شناسی

کنجد با نام علمی (*sesamum indicum*) گیاهی است یکساله از تیره کنجد[1] و دیپلوئید (2n=26) که به‌صورت بوته‌ای استوار رشد می‌کند. طول دوره‌ی رشد کنجد از سه تا شش ماه متغیر است. کنجد سیستم ریشه‌ای مستقیم و قوی و گسترده دارد. ساقه کنجد مستقیم، دارای شیارهای طولی و در برش قطری چهار گوش است. سطح ساقه از صاف تا بسیار کرک‌دار 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 سه متر می‌رسد. برگ‌ها از نظر شکل و اندازه روی یک بوته و نیز در بین ارقام متفاوتند (اندرخور و فلاحی، ۱۳۹۶؛ هلث و ولفار، ۱۹۹۰). به‌طور کلی برگ‌های پایینی بوته عریض و اغلب دندانه‌دار و دارای بریدگی‌های کم و بیش زیاد می باشند. با پیشروی به سمت فوقانی ساقه از میزان بریدگی برگ‌ها به شدت کاسته شده و برگ‌ها باریک‌تر و کشیده‌تر می‌گردند. برگ‌های تحتانی به طول ۸ تا ۱۸ سانتی‌متر و عرض ۶ تا ۱۰ سانتی-متر است. و طول دمبرگ آنها به ۵ سانتی‌متر می‌رسد. برگ‌های فوقانی به طول ۵ تا ۱۳ و عرض ۱ تا ۳ سانتی‌متر و طول دمبرگ آن‌ها به ۱ تا ۲ سانتی‌متر می‌رسد. گل‌های زنگوله مانند کنجد به‌طول ۳ تا ۴ سانتی‌متر در زاویه داخلی برگ‌ها قرار دارند. تشکیل گلها حدود ۱/۵ تا ۲/۵ ماه بعد از سبزشدن از ناحیه پایینی بوته آغاز می‌شود و به طرف بالا ادامه می‌یابد. بالاترین گره‌های ساقه به گل تبدیل

[1] *pedaliaceae*

نمی‌گردد و بدین لحاظ گیاه رشد نامحدود است اما برخورد اواخر دوران رشد گیاه به هوای خنک سبب توقف رشد طولی ساقه و توقف تشکیل گل می‌گردد (رابلن و همکاران، ۱۹۸۹). هر گل 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 به‌هم 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 (گلستانی و پاک‌نیت، ۲۰۰۸). گل‌ها اغلب خودگشن می‌باشند. میزان دگرگشنی بستگی زیادی به فعالیت حشرات دارد و به ندرت از ۱۰ درصد تجاوز می‌کند. میوه کنجد به‌صورت 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.

۱-۲-۳- 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 باعث عقیمی می‌گردد (اندرخور و فلاحی، ۱۳۹۶). وقوع یخبندان در دوران رسیدگی موجب مرگ گیاه می‌شود و کیفیت دانه و روغن را کاهش می‌دهد.

کنجد گیاهی روز کوتاه است و ارقام حساس به طول روز آن طی حدود ۴۲ تا ۴۵ روز تحت طول روز ده ساعت به مرحله گل‌دهی می‌رسند. اما بسیاری از ارقام نسبت به طول روز بی‌تفاوت می‌باشند. کنجد ریشه توسعه‌یافته‌ای 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 آل به‌شمار می‌رود. خاک‌های کم‌عمق، اسیدی و دارای محدودیت نفوذپذیری سطحی و زیر سطحی برای کنجد نامطلوب است. کنجد پی اچ حدود خنثی را ترجیح می‌دهد ولی پی اچ ۵/۵ تا ۸ را تحمل می‌کند. کنجد از گیاهان حساس به شوری آب آبیاری و نیز حساس به بر محسوب می‌شود. این گیاه به باد نیز حساس است. باد نه تنها موجب خوابیدگی محصول می‌شود بلکه سبب ریزش دانه نیز می‌گردد (وکیلی و اسحاقی، ۱۳۹۳). گیاه کنجد به‌عنوان یک محصول مقاوم به خشکی و گرما شناخته شده است ولی برای تولید و عملکرد بالا به رطوبت احتیاج دارد. 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 (گریگوری، ۲۰۰۶). 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).

۱-۲-۴- 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 شوند 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) در 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 در روی ساقه اصلی ۵۰ درصد از بوته‌ها مشاهده گردد. مرحله شروع گل‌دهی اولین روزی است که در آن اولین گل باز شده در 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 در 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 در روی ساقه اصلی ۵۰ درصد از بوته‌ها به رنگ قهوه‌ای در آمده باشد. مرحله رسیدگی فیزیولوژیک کامل هنگامی است که ۷۵ درصد نیامهای واقع در روی ساقه اصلی ۵۰ درصد از بوته‌ها به رنگ قهوه‌ای در آمده باشد (وکیلی و اسحاقی، ۱۳۹۳).

۱-۲-۵- آبیاری

کنجد در مرحله گیاه‌چه به دلیل محدودیت گسترش ریشه و 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 صورت پذیرد. دومین آبیاری به فاصله چند روز بعد از کاشت و قبل از خشک شدن خاک سطحی و به‌طور سبک انجام شود. دو آبیاری بعدی نیز باید به‌طور سبک و قبل از خشک شدن لایه ۱۵سانتی‌متری فوقانی خاک به عمل آیند. آبیاری‌های بعدی تا ظهور اولین آثار شروع گل‌دهی هنگامی انجام شود 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 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 (وکیلی و اسحاقی، ۱۳۹۳). 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 به‌طور مستقیم کمباین می‌گردد، از زمان شروع گل‌دهی تا شروع رسیدگی فیزیولوژیک (آخرین آبیاری) در محصول به‌کار گرفت (هلث و ولفار، ۱۹۹۰).

۱-۲-۶- محصولات

روغن نیمه خشک شونده کنجد با ضریب یدی ۱۰۰ تا ۱۳۰ به‌عنوان 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 (آئین و سرحدی، ۱۳۹۴). 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. همچنین آن 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، منیزیوم 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 اما در غالب موارد به عنوان سوخت مصرف می‌گردد (گریگوری، ۲۰۰۶).

۳-۱- مرزنجوش

مرزنجوش (*Origanum vulgare*) یا پونه کوهی گیاهی علفی، یکساله و در بعضی مواقع دوساله با ساقه‌ای راست و شاخه و برگ‌های متقابل بیضی شکل است. گل‌های سفید و ریز آن از بغل برگ‌ها در خوشه‌های به هم فشرده‌ای می رویند. میوه آن به‌صورت فندقه و چهار قسمتی است و فقط در مناطق گرمسیری تشکیل می‌شود. تمام قسمت‌های گیاه دارای عطر خوشایند است.

این گیاه دارای ریشه سطحی است و ارتفاع آن بسته به منطقه رویشی به ۱۰۰-۵۰ سانتی-متر می رسد. ساقه چهارگوش به رنگ قرمز، پوشیده از کرک‌های ترشحی، برگ‌ها به طول ۵-۳ سانتی‌متر و تخم‌مرغی شکل، فاقد دندانه و به‌ندرت کرکدار هستند. میوه فندقه، استوانه‌ای شکل با سطحی صاف به رنگ قهوه‌ای و به طول یک میلی‌متر است. منشاء این گیاه نواحی مدیترانه‌ای می-باشد و در کشورهای دارای آب و هوای مدیترانه‌ای کشت می‌شود (ممبینی و همکاران، ۱۳۸۷).

۳-۱-۱- نیازهای اکولوژیکی

بذور در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در طول یک تا دو هفته سبز می شوند. احتیاج به نور فراوان دارد و خاک‌های شنی حاوی ترکیبات آهکی را می‌پسندد، اسیدیته خنثی برای رشد این گیاه مناسب است.

مرزنجوش که یکی از گیاهان دارویی است خود را با شرایط متفاوت محیط زندگی نواحی مختلف انطباق داده است زیرا، در نواحی گرم به‌صورتی پایا، در منطقه مدیترانه به‌صورت گیاهی دوساله و در نواحی معتدل به شکل گیاه یکساله رشد می‌کند (امید بیگی، ۱۳۸۸).

۴-۱- آویشن کوهی

آویشن گونه‌ای از جنس تیموس (Thymus) و از خانواده نعناعیان می‌باشد. گونه آویشن دنایی در استان‌های کهکیلویه و بویراحمد، اصفهان، چهارمحال و بختیاری، همدان و غیره (زاگرس مرکزی) به‌طور پراکنده در ارتفاعات مختلف رویش دارند، گونه آویشن دنایی به‌عنوان یک گونه بومی و محلی استفاده‌های داروئی زیادی دارد. گیاهی چندساله، بوته‌ای، بالشتکی یا کپه‌ای با فرم افراشته، خیزان، خمیده و یا خزنده و علفی است. اصولاً گیاهانی کوتاه‌قد هستند و ارتفاع آن‌ها کمتر از ۵۰ سانتی‌متر است. البته به‌ندرت گونه‌هایی با ارتفاع بیشتر نیز وجود دارند. ساقه‌ها ممکن است مشخصاً چهارگوش و یا کم و بیش چهارگوش و یا با سطح مقطع گرد باشند. معمولاً ساقه پوشیده از کرک است که به حالت‌های مختلف سطح ساقه را می‌پوشاند (امید بیگی، ۱۳۸۸). برگ‌ها متقابل و به شکل‌های مختلف از خطی تا دایره‌ای دیده می‌شوند و ممکن است در حاشیه مسطح و یا تاخورده با لبه‌های به طرف بیرون برگشته باشند. برگ‌ها معمولاً دارای دمبرگ‌های کوتاه هستند و یا ممکن است

بدون دمبرگ باشند. در محور برگ‌ها در محل اتصال برگ به ساقه معمولاً تعدادی برگ کوچک وجود دارد. یکی از مشخصات بارز در برگ‌های آویشن رگبرگ‌هاست که به‌عنوان یک صفت کلیدی در شناسایی گونه‌ها به‌کار برده می‌شوند. پایین‌ترین جفت رگبرگ جانبی در حاشیه برگ امتداد دارد و یک برجستگی مشخص را در حاشیه برگ به وجود می‌آورد. گل آذین معمولا انتهایی به شکل کروی، بیضوی در انتهای شاخه‌ها دیده می‌شود که از چرخه‌های متراکم گل تشکیل شده و گاهی یک یا دو چرخه با فاصله، نسبت به چرخه انتهایی به صورت چسبیده به ساقه و یا گاهی با دم گل‌آذین مشخص به چشم می‌خورند (امید بیگی، ۱۳۸۸).

۴-۱-۱- ترکیبات شیمیایی و اهمیت آویشن

تیمول، کارواکرول، بورنئول، پاراسیمین، لینالول، سینئول، ژرانیول، گاماترپینن، توژان، کامفن، اسیدکافئیک ، اسیدکلروژنیک، سیترال، آنیریل الکل، تانن (۸ تا ۱۰٪)، مواد تلخ، فلاونوئید و ساپونین، اسانس (۲/۵تا۱٪) در پیکر رویشی این گیاه وجود دارد. در اسانس کشور فرانسه مقدار درصد تیمول به ۲۴ تا ۲۵ درصد می‌رسد. از مهمترین ترکیباتی که در عصاره آویشن مشخص شده است می‌توان به مونوترپن‌های فنلی تیمول به میزان ۳۵ درصد و کارواکرول به مقدار ۳۲ درصد اشاره کرد و همچنین دارای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی قوی می‌باشد (نیک آور و همکاران، ۱۳۸۳).

به‌طورکلی، مواد مؤثره اصلی موجود در اسانس مرزنجوش و آویشن کوهی شامل تیمول، کارواکرول و متانول است. این مواد جزء ترکیبات فنولیکی هستند و خواص یاد شده برای این گیاهان به این مواد نسبت داده شده است (نیک آور و همکاران، ۱۳۸۳؛ ممبینی و همکاران، ۱۳۸۷).

۴-۱-۲- خواص دارویی و موارد مصرف

اندام رویشی این گیاه به‌عنوان ادویه استفاده می شود. مواد مؤثره آن سرفه را تسکین می‌دهد و در ناراحتی‌های تنفسی به‌عنوان ماده‌ای خلط‌آور استفاده می‌شود. از دم کرده اندام‌های رویشی

آن به‌عنوان ماده‌ای اشتهاآور و ضد نفخ استفاده می‌شود. اسانس این گیاه خاصیت ضد باکتریایی و ضد قارچی دارد (ممبینی و همکاران، ۱۳۸۷).

۵-۱- اهداف تحقیق

- بررسی پاسخ آنتی‌اکسیدانی گیاه کنجد تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف عصاره آویشن کوهی و مرزنجوش
- بررسی رفتارهای زراعی، فیزیولوژیک و کیفی گیاه کنجد تحت تأثیر محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف عصاره آویشن کوهی و مرزنجوش
- تعیین مناسب‌ترین غلظت عصاره آویشن کوهی و مرزنجوش در کاهش آثار منفی تنش کم-آبی
- مقایسه‌ی اثر عصاره دو گیاه دارویی آویشن کوهی و مرزنجوش با یکدیگر از لحاظ تاثیرگذاری بر پارامترهای مختلف گیاه کنجد در هر دو شرایط تنش و عدم تنش

فصل دوم:

بررسی منابع

۲-۱- تنش‌های محیطی

هر عامل محیطی که به‌طور بالقوه برای موجودات زنده مطلوب نباشد، تنش محیطی محسوب می‌شود توانایی گیاهان از لحاظ اینکه تا چه حدودی می‌توانند در حضور انواع تنش‌ها رشد کنند، را مقاومت به تنش‌ها می‌نامند. تنش نتیجه غیرعادی مسیرهای فیزیولوژیکی است که از تأثیر عوامل زیستی و محیطی به‌وجود می‌آید (ناصری کریموند و همکاران، ۲۰۳). تنش خشکی بخش وسیعی از فعالیت‌های تحقیقاتی را به خود اختصاص داده است و تمامی این مطالعات، خشکی را مهمترین عامل محدودکننده محیطی برای محصولات کشاورزی دانسته‌اند (جامی و همکاران، ۲۰۱۵؛ بیوک و همکاران، ۱۳۹۲).

۲-۲-تنش خشکی و کم‌آبی

تنش کم‌آبی در گیاه به وضعیتی گفته می‌شود که در آن سلول‌ها از حالت آماس خارج شده باشند. خسارت ناشی از تنش خشکی از نظر فیزیولوژیست‌ها به چند طریق رخ می‌دهد (فتحی و براری تاری، ۲۰۱۶؛ بسرا و بسرا، ۱۹۹۷) که عبارتند از:

۱- رطوبت کم خاک که سبب کاهش ذخیره آبی ریشه‌ها می‌شود.

۲- رطوبت کم هوا که سبب افزایش تعرق برگ‌ها می‌گردد.

۳- دمای بالا سبب افزایش تنفس و صدمه به سیستم متابولیسمی گیاهان می‌گردد.

۴- تشعشع زیادی خورشید سبب اثرات منفی اکسیداسیون نوری می‌شود.

۵- خشک شدن خاک سبب محدود شدن رشد ریشه‌ها می‌شود. همچنین موجب می‌شود که مواد غذایی در دسترس گیاه کم شود.

۶- کم شدن آب خاک سبب افزایش غلظت نمک‌های خاک می‌شود که تنش اسمزی رخ می‌دهد.

اصطلاح خشکی به شرایطی گفته می‌شود، که در نهایت آن، میزان رطوبت خاک به حدی می‌رسد که گیاه قادر نیست با سرعت مناسب میزان آب از دست رفته را در مقابل تعرق جبران کند. از عوامل مهم ایجاد کننده خشکی می‌توان به دمای بالا، پایین بودن میزان بارندگی و آب اشاره کرد(استاگناری و همکاران، ۲۰۱۶). تنش خشکی همیشه بر گیاهان تأثیر یکسان ندارد و واکنش به این تنش به مرحله‌ای از رشد و نمو بستگی دارد که گیاه در آن قرار دارد. در حالی که گیاهان در برخی از مراحل رشد و نمو به تنش خشکی حساسیت ندارند، بعضی از مراحل دیگر به شدت تحت تأثیر کم‌آبی قرار می‌گیرند به نحوی که سبب اختلال در رشد گیاه می‌شود (محمدی و همکاران، ۲۰۱۹) و بیشتر رشد اندام هوایی نسبت به اندام زیرزمینی کاهش می‌یابد (خلیلی و همکاران، ۲۰۱۳).

تنش خشکی روی سه مرحله از رشد گیاه اثرات شدیدی دارد، این مراحل عبارتند از:

الف) پیدایش و تشکیل گل

ب) گرده افشانی و لقاح

ج) تشکیل دانه

در مرحله زایشی، گیاه حساسیت خاصی نسبت به تنش کمبود آب دارد. دلایل زیادی وجود دارد که تنش محدودیت آب از میزان ظهور سلول‌های بنیادی گل جلوگیری می‌کند. ثابت شده است که با رفع تنش، سلول‌های بنیادی در مقایسه با گیاهان آبیاری شده با سرعت بیشتری تشکیل می‌شوند (دامالس، ۲۰۱۹). تنش در مرحله گرده افشانی و لقاح، تعداد دانه‌ها را به‌دلیل پسابیدگی دانه‌های گرده کاهش می‌دهد. به‌علاوه تنش خشکی رشد دانه‌های گرده و رشد لوله گرده در خامه و بافت تخمدان و تخمک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (سیبرت و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین پژمردگی کلاله مانع رشد لوله گرده می‌شود. اثر تنش در مرحله پرشدن دانه بسیار بارز است زیرا عملکرد بالقوه بستگی به وزن و تعداد دانه دارد که این امر مستلزم گرده افشانی کامل و تجمع مواد فتوسنتزی در دانه است که از طریق فتوسنتز و انتقال مواد از سایر قسمت‌های گیاه به دانه تأمین می‌شود (نورافکن و همکاران، ۱۳۹۷).

۲-۲-۱- سازوکارهای فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی

یکی از مباحث مهم در علم فیزیولوژی گیاهی، بررسی واکنش‌های گیاهی در مقابل انواع تنش‌ها بوده است. افزایش کمی و کیفی عملکرد گیاهان، تا حدود زیادی به برنامه‌های به‌نژادی برای افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌ها بستگی دارد (شینوزاکی و یاماگوشی-شینوزاکی، ۱۹۹۷). عکس‌العمل گیاهان به کم‌آبی شامل مجموعه‌ای از تغییرات مختلف فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و ژنتیکی می‌باشد (فاهاد و همکاران، ۲۰۱۷). خروج آب از گیاهان با کنترل روزنه‌ها کاهش می‌یابد (دوداک و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین تنظیم اسمزی، صدمات حاصل از کمبود آب حاصل از تنش خشکی را به حداقل می‌رساند. این عمل در اثر افزایش و تجمع مواد افزاینده فشار اسمزی اتفاق می‌افتد و نتیجه آن کاهش خروج آب از سلول‌ها می‌باشد. در این موارد حضور یون‌ها در گیاهان خشکی دوست دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد (فلاورز و یئو، ۱۹۸۶). چنین سازوکارهایی گیاهان را به تحمل در برابر تغییرات دمایی، رطوبتی و ترکیبات محیط کشت، قادر می‌سازند.

۲-۲-۲- پاسخ‌های فیزیولوژیکی به خشکی

تحت شرایط کم آبی گیاهان واکنش‌های فیزیولوژیکی متعددی را نشان می دهند (مفاخری و همکاران، ۲۰۱۰). از میان این عوامل به نظر می رسد که کاهش سطح برگ و دوره رویشی کوتاه‌تر، قابلیت ریشه‌دهی برای استفاده از رطوبت عمقی موجود در خاک و توانایی تنظیم اسمزی و کنترل هدرروی آب غیرروزنه‌ای از برگ‌ها مهمترین این عوامل می‌باشد (مفاخری و همکاران، ۲۰۱۰). گزارش شده است که ایجاد تنش خشکی در گیاه از بزرگ شدن سلول‌ها بیشتر از تقسیم سلولی جلوگیری می‌کند و با تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی مثل فتوسنتز، تنفس، انتقال مجدد، جذب یونی، کربوهیدرات‌ها و سوخت و ساز مواد اندوخته‌ای موجب کاهش رشد گیاه می‌شود (احمدی و همکاران،

۱۳۸۶). همچنین (مظاهری و همکاران، ۱۳۸۶) در مطالعه‌ای بر کلزا نشان دادند که تنش خشکی با پایین آوردن فشار تورگر به مقدار زیادی جلوی انبساط سلولی و رشد گیاه را می‌گیرد و گیاه کوتوله می‌ماند. نتایج مطالعات نشان داد که تنش خشکی بر کنجد روی وزن خشک شاخ و برگ اثر گذاشته به طوری‌که وزن خشک اندام‌های‌هوایی بسیار کاهش یافت (انصار، ۱۳۹۱).

۲-۲-۳- تاثیر تنش خشکی بر فعالیت‌های فتوشیمیایی و فتوسنتز گیاه

تحت تاثیر تنش، فعالیت‌های فتوشیمیایی گیاه بازداشته می‌شود، محتوای کلروفیلی برگ تغییر و فعالیت آنزیم‌های کالوین در فرآیند فتوسنتز کاهش می‌یابد. در شرایط کم‌آبی، میزان فتوسنتز به‌دلیل بسته شدن روزنه‌ها کاهش می‌یابد (دانشمند، ۱۳۹۳). با پیشرفت خشکی به‌دلیل تغییرات بیوشیمیایی در کلروپلاست تثبیت گاز دی‌اکسید کربن کاهش پیدا می‌کند. این کاهش موجب احیای شدید زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی و نشت الکترون به مولکول اکسیژن و در نتیجه تشکیل انواع اکسیژن فعال می‌گردد (رحمانی و حداد، ۱۳۹۶). یکی از دلایلی که تنش‌های محیطی مانند خشکی، رشد و توانایی فتوسنتزی گیاه را کاهش می‌دهند، اختلال در تعادل میان تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سازوکارهای دفاعی برطرف کننده این رادیکال‌هاست که به تجمع گونه‌های فعال اکسیژن، القای تنش اکسیداتیو، خسارت به پروتئین‌ها، لیپیدهای غشاء و سایر اجزای سلولی منجر می‌گردد (رحمانی و حداد، ۱۳۹۶). به‌طورکلی گزارش شده است که که آسیمیلاسیون خالص دی‌اکسیدکربن از طریق فرآیند فتوسنتز اولین مرحله تولید بیوماس است و اثر تنش در کل سطح گیاه به‌صورت کاهش در فتوسنتز و رشد مشاهده گردید (کاتیو و همکاران، ۲۰۰۸). نتایج بدست آمده توسط عبدالمجید و همکاران (۲۰۰۷) روی گندم نشان داد که تنش خشکی به‌علت تأثیر در بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش دسترسی به دی‌اکسیدکربن در مزوفیل و نهایت کاهش فتوسنتز را به‌همراه داشت. همچنین در آزمایشی دیگر روی ارقام مختلف کنجد مشخص گردید که با تنش خشکی و بسته شدن

روزنه‌ها، به موازات آن کاهش در میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای را به‌دنبال داشت (گلستانی و همکاران، ۲۰۱۵). در مطالعه‌ای بر ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان ثابت شد که تنش خشکی با اثرگذاری بر متبولیسم مزوفیل و از طریق کاهش سنتز RUBP و کاهش فعالیت روبیسکو سبب کاهش در میزان فتوسنتز می‌شود (لاسپینا و همکاران، ۲۰۰۵).

گونز و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای روی نخودفرنگی نشان دادند که تنش خشکی به طور معنی‌داری سبب کاهش فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای و تعرق در گیاه شد. رائول و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که تنش خشکی از طریق اختلال در فرآیند انتقال فتوسنتزی,کاهش غلظت کلروفیل و هدایت روزنه‌ای موجب کاهش توانایی فتوسنتز بر گیاه کنجد شده است. در ادامه نشان دادند که تنش خشکی با تخریب غشای سلولی و کاهش رطوبت نسبی برگ در نهایت منجر به کاهش فتوسنتز در گیاه کنجد شده است.

۲-۴- کمبود آب و تنش اکسیداتیو

نتایج مطالعات نشان می‌دهد که در شرایط تنش کم‌آبی، حتی در غلظت‌های بالای CO_2 محیطی، باز هم فتوسنتز کاهش می‌یابد که بیان کننده این است که دستگاه فتوسنتز جدا از بسته شدن روزنه‌ها، تحت تأثیر قرار گرفته است (میتلر، ۲۰۰۲). در شرایط کم‌آبی روزنه‌ها در گیاه بسته می‌شوند و متعاقب آن غلظت CO_2 در بافت مزوفیل کاهش می‌یابد و به دنبال این وضعیت واکنش-های تاریکی فتوسنتز مختل می‌شوند و محصولات حاصل از واکنش‌های روشنایی، شامل ATP و NADPH مصرف نمی‌شوند. در چنین شرایطی به دلیل عدم مصرف شدن مولکول NADPH، مقدار $NADP^+$ جهت دریافت الکترون کاهش می‌یابد، بنابراین اکسیژن در مسیر زنجیره انتقال الکترون به-عنوان پذیرنده جانشین الکترون عمل می‌کند و سبب به‌وجود آمدن رادیکال سوپراکسید (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال هیدروکسیل (OH^-) می‌گردد (وگا و همکاران، ۲۰۰۳). تنش‌های

طبیعی و یا تنش‌های ناشی از دخالت انسان موجب تجمع گونه‌های فعال اکسیژن می‌گردد که موجب تنش اکسیداسیون می‌شوند (انجام و همکاران، ۲۰۱۱؛ فویر و همکاران، ۱۹۹۷).

تولید گونه‌های فعال اکسیژن به‌ویژه رادیکال هیدروکسیل به میزان زیادی برای لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک مخرب می‌باشد. زیرا پراکسیداسیون لیپیدها و دیگر اجزای اساسی سلول می‌تواند از طریق تولید رادیکال‌های آزاد آلی صورت گیرد. در مطالعه‌ای روی گندم مشخص شد که تنش خشکی به میزان چشمگیر و معنی‌داری محتوای پراکسیدهیدروژن و پراکسیداسیون لیپیدهای غشا را افزایش داده است (سیکدر و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین امیری و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی تجمع رادیکال در گیاه گلرنگ صورت گرفته است. در مطالعه‌ای دیگر نیز گزارش شده است که تنش خشکی در آفتابگردان سبب خسارت به گیاه از طریق تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود (بیان و همکاران، ۲۰۱۳). میرآخوری و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای روی سویا نشان دادند که در شرایط تنش خشکی برای حفظ رطوبت موجود در گیاه روزنه-ها بسته شده و این موضوع ضمن کاهش تبادل گازی در برگ‌ها منجر به ایجاد رادیکال‌های آزاد و سایر گونه‌های واکنشگر اکسیژن و بافت‌های گیاه می‌گردد.

در واقع ضروریست گونه‌های فعال اکسیژن جهت حفظ سلامت ماکرومولکول‌های سلولی تحت کنترل قرار گیرند که ایجاد این تعادل اکسیداسیون و احیای سلول‌ها توسط گروهی از آنزیم‌ها و با وساطت متابولیت‌ها انجام می‌شود. بدیهی است ROS نقش مهمی در سیگنالینگ و تنظیم رشد ایفا می‌کند (آواستی و همکاران، ۲۰۱۷). در طی روند تکامل، اندام‌های گیاه کمپلکسی از سیستم حفاظتی آنتی اکسیدانتی به منظور مقابله با کلیه این آثار مخرب را توسعه داده است (محمدی و همکاران، ۲۰۱۹؛ اشرف و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۳-آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

تنش‌های مختلف می‌توانند موجب تجمع گونه‌های سمی از قبیل به پراکسیدها، سوپراکسیدها و رادیکال‌های هیدروکسیل در گیاهان شوند. این ترکیبات سمی خسارات زیادی را از طریق اکسیداسیون لیپیدها، پروتئین و اسیدهای نوکلئیک به سلول وارد می‌کنند (درویژه و همکاران، ۲۰۱۹). در مقابل گیاهان از طریق القاء فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در طی بروز تنش، اثرات سوء تنش اکسیداتیو را کاهش می‌دهند. از این آنزیم‌ها می‌توان به کاتالاز[۲]، آسکوربات پراکسیداز[۳]، سوپراکسید دیسموتاز[۴] و پراکسیداز[۵] اشاره کرد. این آنزیم‌ها نقش مهمی در غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول‌های گیاهان دارند (بایبوردی، ۲۰۱۰؛ اشرف، ۲۰۰۹؛ سایرام و سیرواستاوا، ۲۰۰۲). بیان بیش از حد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان یا افزایش سطوح متابولیت‌های غیرآنزیمی جزئی از سازوکارهای تحمل به تنش در اغلب گیاهان است. گزارش‌ها نشان می‌دهند که در گونه‌های گیاهی مختلف انواع متفاوت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت یا متابولیت‌های غیرآنزیمی با سازوکارهای تحمل به تنش آن‌ها ارتباط دارد (نیو و همکاران، ۲۰۱۸؛ اشرف، ۲۰۰۹).

۲-۳-۱-کاتالاز

آنزیم کاتالاز که تقریباً در تمام موجودات زنده یافت می‌شود از دسته پروتئین‌های آهن‌دار محسوب می‌شود و هنگامی در سلول‌های گیاهی و جانوری وارد عمل می‌شود که در محیط سلولی مقدار ماده پراکسید هیدروژن (H_2O_2) زیاد باشد (محمدی و همکاران، ۲۰۱۹). این آنزیم دارای ساختار پروتئینی پورفیرینی چهارتایی با آهن می‌باشد که وظیفه خنثی سازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن به ویژه پراکسید هیدروژن را دارد. کاتالاز، پراکسید هیدروژن را به آب و اکسیژن تبدیل

[1] Catalase (CAT)
[2] Ascorbate Peroxidase (APX)
[3] Superoxide dismutase (SOD)
[4] Peroxidase (POD)

می‌کند. پژوهشگران مختلفی گزارش کردند که تغییرات فعالیت آنزیم کاتالاز در ارتباط با مقاومت به تنش‌های مختلف است (امیری و همکاران، ۲۰۱۴؛ آریانو و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۳-۲-پراکسیدازها

پراکسیدازها نقش مهمی در پاک‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن در شرایط تنش دارند و افزایش بیان آن‌ها در بسیاری از گیاهان گزارش شده است (امیری و همکاران، ۲۰۱۴؛ چانگ و همکاران، ۲۰۰۲). پراکسیدازها گلیکوپروتئین هستند، که با مصرف پراکسید هیدروژن، اکسیداسیون ترکیبات آلی و غیرآلی را کاتالیز می‌کنند. از نقش‌های فیزیولوژیکی متنوع می‌توان به اکسیداسیون هیدروکسی سینامیل الکل‌ها به رادیکال‌های آزاد اکسیژن، اکسیداسیون فنول‌ها، اتصالات عرضی پلی‌ساکاریدها، استحکام دیواره آوند چوب، سنتز فیتوالکسین‌ها و تجمع ترکیبات فنلی در دیواره سلولی گیاهان و تولید لیگنین اشاره کرد (امیری و همکراان، ۲۰۱۴).

یکی از تغییرات عمده بیوشیمیائی در شرایط تنش، تغییر در میزان تولید پروتئین‌های گیاهی در جهت تجزیه و یا جلوگیری از سنتز برخی از پروتئین‌ها و نیز ساخت دسته کوچکی از پروتئین‌های مخصوص تنش است. این موضوع تغییرات زیادی را در بیان ژن به وجود می‌آورد که سبب فعال یا غیرفعال شدن تعدادی از آنزیم‌ها می‌شود و به دنبال آن اجازه تغییر در ساختار بافت‌های گیاهی را می‌دهد (نیو و همکاران، ۲۰۱۸)، کاهش پروتئین‌های محلول برگ به عنوان یکی از عوامل غیرروزنه‌ای محدودکننده فتوسنتز گیاه محسوب می‌شود. نتایج حاصل از بیشتر مطالعات نشان می‌دهد که تقریباً سنتز ۵۰ نوع پروتئین در شرایط تنش تنظیم می‌شود که از جمله آنها می‌توان پروتئین‌های درگیر درسازوکارهای تحمل به تنش اکسیداتیو را نام برد که به‌وسیله تنظیم زیاد آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز نشان داده شده است (احمد و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۳-۳- تأثیر تنش‌های محیطی بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان

تنش‌های زنده و غیرزنده با تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر وضعیت آب گیاه سبب مختل شدن عمل فتوسنتز و در نهایت القای تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌شوند. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی عمومی‌ترین واکنش گیاهان در مقابله با صدمات ناشی از تنش اکسیداتیو می‌باشند (نتو و همکاران، ۲۰۰۵). تغییر در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به‌طور گسترده در بسیاری از گیاهان تحت تنش مشاهده و گزارش شده است. در همین ارتباط لاسپینا و همکاران (۲۰۰۵) با مطالعه تأثیر تنش کادمیوم بر آفتابگردان افزایش فعالیت CAT را با افزایش سطح آلودگی گزارش کردند. سولگی و همکاران (۲۰۰۹) نیز با مطالعه اثر تنش نور ماوراء بنفش بر آفتاب‌گردان افزایش فعالیت CAT را در سطوح بالای تشعشع گزارش کردند ولی تفاوت معنی‌داری در میزان فعالیت آسکوربات پراکسیداز در سطوح مختلف تنش در این مطالعه مشاهده نشد.

گلستانی و پاک نیت (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای بر کنجد نشان دادند که در شرایط تنش خشکی فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز به مراتب نسبت به شاهد بیشتر بوده است. نتایج به‌دست آمده توسط بایومی و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که با افزایش آنزیم سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز در مراحل تنش بر گندم، موجب حفاظت گیاه از آسیب‌های اکسایشی می‌شود.

همچنین در آزمایشی دیگر بر ارقام مختلف کنجد مشخص گردید در شرایط تنش خشکی افزایش سوپراکسیددیسموتاز و آسکوربات‌پراکسیداز صورت می‌گیرد که در ابتدا این افزایش در سوپراکسیددیسموتاز به‌عنوان اولین سد دفاعی در برابر گونه‌های فعال اکسیژن مشهودتر بوده است. جامی و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای بر روی ارقام سیاهدانه نشان دادند که افزایش فعالیت سوپراکسیددیسموتاز و گایاکول‌اکسیداز و کاتالاز در شرایط تنش خشکی موجب کاهش صدمات رادیکال‌های آزاد اکسیژن، کاهش پراکسیداسیون چربی و در نتیجه افزایش شاخص پایداری غشا می‌شود.

فنگ و همکاران (۲۰۰۴) با مطالعه روی گندم بیان کردند تنش خشکی موجب افزایش میزان فعالیت CAT و APX می‌شود. فکلس و همکاران (۲۰۰۸) با مطالعه تأثیر تنش غرقابی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در آفتاب‌گردان، افزایش فعالیت CAT در یکی از ژنوتیپ‌ها را گزارش کردند ولی ژنوتیپ دیگر تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان فعالیت این آنزیم نشان نداد.

تغییر در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در بسیاری از تنش‌های زنده و غیرزنده مشاهده می-شود، به‌عنوان مثال می‌توان به تنش کمبود نیتروژن در گندم که سبب افزایش در فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز (پولسکایا و همکاران، ۲۰۰۲) و تنش سرما در ذرت (لوکا، ۲۰۰۷) و سویا (ون هردن و همکاران، ۲۰۰۵) که موجب افزایش در فعالیت آنزیم کاتالاز گردیده است اشاره نمود.

۲-۴- محلول پاشی با استفاده از عصاره گیاهان دارویی

امروزه شیوه محلول‌پاشی برگی به‌عنوان مکمل روش‌های خاکی شیوه‌ای مؤثر در به‌کارگیری عناصر کم‌مصرف و پرمصرف، اسیدهای آمینه، اسیدهای هیومیک، هورمون‌های رشد گیاهی، عصاره جلبک‌های دریایی و هیدرات‌های‌کربن می‌باشد. محققان مختلف با استفاده از محلول‌پاشی ترکیبات مختلف مواد آلی سبب بهبود رشد گیاهان مختلف تحت شرایط کم‌آبی شده‌اند (ایوبی زاده و همکاران، ۲۰۱۷؛ ترخورانی و همکاران، ۲۰۱۷؛ قاسمی و همکاران، ۲۰۱۶؛ بریسیو و همکاران، ۲۰۱۶؛ برگلند و همکاران، ۲۰۰۲؛ میثاق و همکاران، ۱۳۹۵)، ولی در زمینه اثر عصاره‌های گیاهان دارویی بر شاخص‌های رشدی گیاهان زراعی تاکنون مطالعات زیادی انجام نشده است. بعضی از گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن‌ها دارای اثرهای طبیعی همچون ضد قارچی و آنتی‌اکسیدانی هستند (قاسمی پیربلوطی و همکاران، ۲۰۱۱). گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن‌ها به‌دلیل عواملی چون ارزش بالای اقتصادی و کم هزینه بودن تولید آن‌ها، نداشتن اثرهای تخریبی بر محیط زیست، کم عوارض بودن در مقایسه با کودهای شیمیایی در سال‌های اخیر از ارزش و جایگاه ویژه‌ای برخوردار شده‌اند. اسانس‌های

گیاهی مخلوطی پیچیده از ترکیبات هستند که بر اساس خصوصیات آروماتیک مواد گیاهی که از آن استخراج می‌شوند، نامگذاری می‌شوند. از جمله خانواده‌های مهم گیاهی که در برگیرنده مقادیر قابل ملاحظه‌ای اسانس می‌باشند، می‌توان به نعنانیان و چتریان اشاره کرد. آویشن با نام علمی *Zatria mutifora* از خانواده نعنایان و گیاه مرزنجوش با نام علمی *Origanum vulgare* از تیره لامیاسه از جمله این گیاهان می‌باشند (بنی نعیم و صمصام پور، ۱۳۹۵).

وان هردن (۲۰۰۲) نشان داد که محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش ضمن افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی و ترکیبات فنولیک، تحمل به تنش اکسداتیو را در گیاه سویا افزایش می‌دهد. گچوا(۲۰۰۲) در مطالعه‌ای بر تنباکو نشان دادند که محلول‌پاشی و اسپری نمودن عصاره مرزنجوش از طریق افزایش مجموعه‌ای از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی موجب محافظت از گیاه در برابر تنش اکسیداتیو می‌شود.

۲- ۴- ۱- اسانس‌ها و ترکیبات آن‌ها

اسانس‌ها متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی هستند. این ترکیبات طبیعی، معطر، فرار، پیچیده و با بوی بسیار قوی و به‌ندرت رنگی، غیرقابل حل در آب ولی محلول در حلال‌های آلی می‌باشند که در اندام‌های مختلف گیاهی مانند جوانه، گل، برگ، ساقه، شاخه، بذر، میوه، ریشه، چوب و پوست تولید و در سلول‌های ذخیره‌ای، حفره‌ها، کانال‌ها، سلول‌های اپیدرمی و کرک‌های ذخیره‌ای، ذخیره می‌شوند (اشرف منصوری و معلم زاده، ۱۳۹۵). گیاهان برای مبارزه با عوامل عفونی یا انگلی شروع به سنتز متابولیت‌های ثانویه می‌کنند که ممکن است در پاسخ به تنش‌های محیطی باشد یا تولید متابولیت‌ها توسط پیش‌سازهایی غیرفعال صورت گیرد. مواد بازدارنده در بافت گیاه شامل ترکیبات فنولی، فلاونول، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها و حتی پلی استیلن می‌باشند. در دوران باستان نیز از ادویه‌جات و ترشیجات به‌دلیل عطر و طعم مطلوب آن‌ها و خاصیت نگهدارندگی استفاده می‌شد. خواص ضد باکتریایی، ضد قارچی و خاصیت حشره‌کشی اسانس‌ها به‌طور گسترده در طبیعت قابل مشاهده است

(سلگی و همکاران، ۲۰۱۴). اسانس‌ها همچنین شامل آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند ترپنوئیدها و ترکیبات فنلی می‌باشند. خاصیت آنتی اکسیدانی اسانس و اجزای آن اغلب در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از روش‌های فیزیکی و شیمیایی تأیید شده است. برخی از اسانس‌ها در سطوح مختلف موجب حذف سموم از سلول می‌گردند که این نشان دهنده خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس می‌باشد و بسته به ترکیب اسانس به‌ویژه در مورد ترکیبات فنولی آن‌ها می‌باشد (اشرف منصوری و معلم زاده، ۱۳۹۵). ترکیبات فنولی از اجزای اسانس‌ها هستند و مسئول خواص ضدباکتریایی آن‌ها می‌باشند. اکثر اجزای شیمیایی اسانس تروپنوئیدهایی از جمله منوترپن‌ها هستند. تیمول در آویشن، اسانسی است که در برابر برخی از باکتری‌ها و قارچ‌ها موثر است و برای کنترل بیماری‌های گیاهی به‌خصوص در میوه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگرچه اثرات آنتی اکسیدانی اسانس طبیعی در مقایسه با محلول اسید آسکوربیک مصنوعی کمتر است ولی آن‌ها به‌علت داشتن مزایای دیگر به‌عنوان عوامل ضد میکروبی شناخته می‌شوند (سلگی و همکاران، ۲۰۱۴).

۲-۵-۲- ترکیبات شیمیایی اسانس

ترکیب شیمیایی اسانس گیاه مرزنجوش وحشی بر حسب محل رویش، متفاوت و شامل هیدروکربور معطر یک حلقوی به نام آلفاترپینن[۶] ، تیمول[۷] ، روغن و مواد دیگر با خاصیت گندزدایی است.

در بررسی آثار فارمالوژیک مرزنجوش ترکیبات فنلی به‌خصوص اسیدهای فنلی و فلاونوئیدها به‌عنوان عوامل مؤثر احتمالی مطرح شده‌اند (تاج کریمی و همکاران، ۲۰۱۰).

[6] α-Terpinene
[7] Thymol

توماس(۲۰۰۰) در مطالعه‌ای بر روی چند گیاه دارویی نظیر مریم‌گلی، مرزنجوش، گل‌سرخ و گل-گاوزبان نشان داد که مرزنجوش در مقایسه با سایر گیاهان دارویی مورد آزمایش دارای قدرت آنتی-اکسیدانی بالایی بوده و توانایی بیشتری در برابر مهار عامل اکسیدان از جمله H_2O_2 از خود نشان داد. همچنین با مطالعه بر روی گیاهان دارویی سنبل‌الطیب، سیر و مرزنجوش نشان دادند که مرزنجوش با دارا بودن قدرت آنتی‌اکسیدانی بالا توان بیشتری برای مقابله با رادیکال‌های آزاد را دارند. نتایج مطالعات نشان دادند که اثرات بالای آنتی‌اکسیدانی مرزنجوش مربوط به ترکیبات فنولی آن می‌باشد که از این ترکیبات کاروتنوئیدها توانایی بالایی در بازدارندگی رادیکال‌های آزاد و بالا بودن قدرت آنتی‌اکسیدانی در این گیاه را دارد(آلما و همکاران، ۲۰۰۳).

۲-۷- اثر تنش کم آبی و محلول پاشی بر گیاهان زراعی

۲-۷-۱- شاخص رشدی گیاه

مظفری و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای اثر سطوح مختلف تنش کم‌آبی (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) و محلول‌پاشی اسید هیومیک (صفر، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی گرم در لیتر) بر وزن خشک گیاه دارویی خرفه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین وزن خشک در ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد و در تیمارهای ترکیبی با افزایش تنش خشکی وزن خشک کاهش یافت و کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم اسید هیومیک در شرایط آبیاری با ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی بیشترین مقدار وزن خشک را به‌دنبال داشت. مهربان و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای روی ارقام مختلف گندم نان تحت شرایط تنش خشکی بیان داشتند که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری بر شاخص‌های رشدی از قبیل وزن خشک بوته و برگ و ارتفاع بوده اثرگذار بود و این شاخص‌ها را کاهش داد. گلستانی و پاکنیت (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای روی ارقام مختلف کنجد نشان دادند که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌داری در وزن خشک ساقه، برگ و میوه شد و در ادامه بیان داشتند که تنش در مرحله پرشدن دانه بیشترین اثر را بر عملکرد گیاه کنجد خواهد داشت. ایوبی زاده

و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای روی گندم نشان دادند که تنش خشکی سبب کاهش در شاخص‌های مورفولوژیکی از قبیل وزن خشک و ارتفاع بوته گندم شد، ولی در اثر محلول‌پاشی برگی با آهن شدت تنش کاهش یافت و در هر دو شرایط تنش و عدم تنش محلول‌پاشی سبب بهبود در شاخص‌های اندازه‌گیری شده شد.

مخدوم و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کرد که تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع در گیاه پنبه می‌شود. نتایج اوراکی و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که تنش خشکی بر رشد طولی و وزن خشک ریشه به اندازه رشد طولی ساقه و وزن خشک تاج گیاه و سطح برگ آفتابگردان اثر ندارد. ریشه‌های گیاه به مناطقی از خاک که رطوبت کافی دارد، گسترش می یابند و در نتیجه این امر رشد طولی آن ها چندان کاهش نمی یابد (فتحی و براری ترای، ۲۰۱۶).

فرنیا و شافعی (۲۰۱۵) بیان داشتند که تنش خشکی اعمال شده در مراحل مختلف رشد به طور معنی‌داری بر ارتفاع گیاه و طول بلال ذرت اثر می‌گذارد و با افزایش در شدت تنش ارتفاع گیاه و طول بلال کاهش یافت.

مهم‌ترین منبع تأمین کننده کربوهیدرات ذخیره‌ای در گیاهان فتوسنتز می‌باشد، اما 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 (اصغری پور و موسی پور، ۲۰۱۶؛ میر محمدی میبدی و قره یاضی، ۱۳۸۱). سرمدنیا (۱۳۷۷) بیان نمودند که اثر تنش کمبود آب در طول دوره رویشی منجر به کوچک شدن برگ‌ها می‌شود، شاخص سطح برگ (LAI) را در دوره رسیدن محصول و میزان جذب نور توسط گیاه را نیز کاهش می‌دهد. کلروفیل‌سازی در کمبودهای شدیدتر آب متوقف می گردد. فهد و همکاران (۲۰۱۷) بیان داشتند که تنش خشکی (تأمین ۱۰۰،

۸۰، ۵۰ و ۳۰ درصد آب مورد نیاز) به‌طور معنی‌داری بر شاخص سطح برگ اثر می‌گذارد و با افزایش در شدت تنش خشکی شاخص سطح برگ کاهش یافت.

ژیتاریرات و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که عصاره‌ی فلفل که حاوی ترکیبات تیمولی است موجب بازدارندگی کامل رشد میکروب در محیط‌های کشت جامد می‌شود. هم‌چنین عصاره‌ی ۱ درصد فلفل در محلول‌های نگهدارنده گل بریده‌ی رز مانع رشد میکروب، به تأخیر انداختن خمیدگی گردن و تولید اتیلن و حفظ طراوت برگ‌ها شد. اشرف منصوری و معلم زاده (۱۳۹۵) در خصوص کنترل رشد باکتری‌های ساقه گل‌های شاخه بریده رز با استفاده از اسانس تیمول، مشاهده کردند که اسانس ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمول سبب کاهش قابل توجه باکتری‌های ساقه در مقایسه با تیمار شاهد بدون اسانس می‌شود. نتایج تحقیق دیگری نشان داد که گل‌های لیسیانتوس تیمار شده با اسانس ۵۰ پی‌پی‌ام دارای طولانی‌ترین عمر ماندگاری در مقایسه با شاهد بود. همچنین این تیمار باعث افزایش معنی‌دار جذب آب، وزن تر نسبی و کلروفیل برگ شد (پوریا نژاد و همکاران، ۲۰۱۲). میردهقان و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای با عنوان برهم‌کنش اسانس گیاهان دارویی (آویشن، مرزه و زنیان) با کلرید کلسیم و نیترات نقره بر خصوصیات کیفی و طول عمر گل بریده رز بیان داشتند که استفاده همزمان آویشن و نیترات نقره با افزایش جذب محلول نگهدارنده سبب بهبود قطر و وزن گل می‌شود و همچنین پژمردگی گل‌ها و برگ را کاهش می‌دهد. ایوبی‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای به بررسی اثر محلول‌پاشی نانو کلات آهن و اسید فولیک بر شاخص‌های رشدی کنجد تحت شرایط تنش خشکی پرداختند که نتایج نشان داد، اثر تنش خشکی، محلول پاشی و رقم و اثر متقابلشان بر ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ تعداد شاخه فرعی معنی‌دار بود. ایشان در ادامه بیان داشتند که با افزایش تنش خشکی شاخص‌های اندازه‌گیری شده به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و استفاده از محلول پاشی با ترکیبات بیان شده اثرات منفی تنش خشکی را کاهش داد. زعفرانی معطر و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که سرعت رشد گیاهان زراعی تحت تیمارهای آبیاری کامل و محدود، در ابتدا کم بود و با

گذشت زمان افزایش یافت و بعد از رسیدن به حداکثر، کاهش پیدا کرد. سرعت رشد گیاه در مرحله گلدهی و پرشدن دانه در مراحل پایانی رشد منفی می شود که علت منفی شدن CGR در مراحل آخر، کاهش ماده خشک در اثر ریزش برگ‌ها می باشد. در این مراحل ریزش برگ‌ها تحت تنش کمبود آب بیشتر از شرایط آبی است و به همین دلیل مقدار CGR در شرایط تنش کمبود آب منفی می شود (قاسمی گلعذانی و همکاران ۱۳۷۶).

برخی محققین کاهش سطح برگ را به‌عنوان یک سازوکار سازگاری در جهت کم کردن میزان تعرق معرفی نموده‌اند (فتحی و همکاران براری ترای، ۲۰۱۶؛ 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 کمبود آب کاهش می‌یابد تا از این طریق اثر تنش تعدیل شود. همچنین کمبود آب 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).

ریشه نیز مانند هر اندام دیگر گیاهی، ممکن است تحت تأثیر تنش قرار گیرد. در شرایط تنش خشکی کاهش آماس و افزایش قدرت مکانیکی خاک خشک‌تر، می‌توانند رشد ریشه ذخیره‌ای و سیستم ریشه فیبری را محدود سازد. ولی عامل اصلی تعیین کننده رشد ریشه، عرضه کربوهیدرات‌ها از برگ است. وقتی تنش این عرضه را کاهش دهد، رشد ریشه به‌طوراجتناب‌ناپذیری کاهش می‌یابد (سیبرت و همکاران، ۲۰۱۷). 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. اما بررسی‌های دیگر نشان دادند که در موارد نادر، زیست توده ریشه و وزن ریشه در دوره‌های مطلق تنش خشکی افزایش می‌یابد (برادران فیروزآبادی، ۱۳۸۱). بنابراین 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 به‌طور کامل متوقف نکند. در چنین تنش‌هایی، گیاه با محدود کردن توسعه برگ، موادجذب 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). مطالعات طهماسب‌پور (۱۳۸۹)، نشان داد تنش خشکی در مرحله شروع ساقه‌دهی گیاه کنجد موجب ایجاد بوته‌های پاکوتاه می‌شود در حالی که اعمال تنش خشکی در مرحله شروع گلدهی اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشته است. در زمان رشد گیاه گلرنگ افزایش تنش خشکی سبب افزایش رقابت بین اندام‌های هوایی و زمینی بوته می‌شود که در این رقابت، گیاه بخش بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص می‌دهد و در نتیجه مواد فتوسنتزی کمتری به اندام‌های هوایی مانند ساقه می‌رسد، که این امرسبب کاهش ارتفاع بوته می‌شود (استاگناری و همکاران، ۲۰۱۶). ارتفاع بوته در پاسخ به تنش کم‌آبی کاهش می‌یابد. علت این امر بروز خاصیت بافری ساقه در پاسخ به تنش کم‌آبی است. مواد فتوسنتزی مازاد که به‌صورت قندهای مختلف در ساقه ذخیره می‌شوند در مراحل بعدی رشد به دانه انتقال می‌یابند (خلیلی و همکاران، ۲۰۱۳). تحقیقات نشان داده است که کاهش فراهمی آب در جریان فتوسنتز، منجر به اختلال در پیشرفت واکنش های شیمیایی می‌شود. کاهش محتوای آب سلول‌ها باعث افزایش غلظت شیره سلولی می‌شود که فعالیت‌های آنزیمی و اندامک‌های درون سلولی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با افزایش تنش کم‌آبی و کاهش فشار تورژسانس سلول‌های محافظ روزنه، هدایت روزنه‌ها کاهش و سرعت رشد، فتوسنتز و خصوصیات مورفولوژیکی نیز نقصان می‌یابد (بلوم و ابرکون، ۱۹۷۶؛ کافی و دامغانی، ۲۰۰۰). از آنجا که رشد گیاه با افزایش اندازه سلول‌ها همراه است و جزء حساسترین فرآیندهای گیاهی نسبت به تنش آب نیز محسوب می‌شود، به‌نظر می‌رسد که در شرایط بدون تنش، افزایش رشد و سطح برگ برافزایش جذب انرژی خورشیدی تأثیر مستقیمی دارد و موجب افزایش ارتفاع و جثه گیاه می‌گردد.

۲-۷-۲- عملکرد و اجزای عملکرد

تنش خشکی با اثرگذاری بر پارامترهای مهم (اجزای عملکرد) در برآورد عملکرد تحت این شرایط سبب کاهش در عملکرد می‌شود. اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد عمدتاً به این بستگی دارد که چه مقدار از کل ماده خشک تولیدی به‌عنوان ماده قابل برداشت، می‌باشد. اثر تنش کم‌آبی، به مرحله رشد گیاه در زمان وقوع تنش بستگی دارد و زمان ظهور تنش ممکن است به اندازه شدت تنش بر عملکرد دانه، اهمیت داشته باشد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). انصار (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای روی کنجد نشان داد که تنش کم‌آبی با اثرگذاری بر اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه سبب کاهش در عملکرد دانه کنجد شد.

ایوبی زاده و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند که تنش شدید خشکی، باعث کاهش میانگین صفات ارتفاع بوته، تعداد کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در مقایسه با تیمار شاهد در گیاه کنجد شد. آن‌ها بیان داشتند که محلول‌پاشی با ترکیب نانوکلات آهن و اسید فولیک سبب افزایش ۲۶/۳۹، ۴۸/۷۲ و ۲۹/۱۷ درصدی در میانگین صفات وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گردید. نتایج به‌دست آمده توسط وارگا و همکاران (۲۰۱۳) در ژنوتیپ‌های مختلف گندم، یک ژنوتیپ جو و جووحشی نشان داد که، در شرایطی که محدودیت آب وجود دارد وزن دانه‌ها و در نتیجه عملکرد به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. همچنین در آزمایشی دیگر که روی شش رقم گندم تحت شرایط تنش کم‌آبی انجام شد؛ مشخص گردید که کارآیی مصرف آب در ارقام مختلف متفاوت می‌باشند و تفاوت در این صفت تفاوت در عملکرد را نیز به دنبال داشت (آباد و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین، دانشیان و همکاران (۲۰۰۶) تأثیر تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های مختلف سویا را مورد بررسی قرار دادند و نتایج به‌دست آمده نشان داد که تنش سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود.

عبدالموتاگالی و ال زوهری (۲۰۱۸) و حافظ و غریب (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای روی گندم نشان دادند که تنش خشکی سبب کاهش در عملکرد و اجزای عملکرد گندم شد ولی استفاده از محلول‌پاشی

برگی با استفاده از آهن و آسکوربات شدت تنش را کاهش داد و در هر دو شرایط تنش و عدم‌تنش محلول‌پاشی سبب بهبود در عملکرد و اجزای عملکرد گندم شد. در مطالعه‌ای بر گیاه گلرنگ فتحی امیر خیز و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که اثر تنش خشکی و کلات آهن بر شاخص برداشت، عملکرد دانه و روغن دانه گلرنگ معنی‌دار بوده است.

محمدی و همکاران (۲۰۱۵) روی ژنوتیپ‌های مختلف گندم نشان دادند که سطوح مختلف تنش خشکی (۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) سبب کاهش معنی‌دار در عملکرد دانه می‌شود. ایشان گزارش نمودند که بالاترین عملکرد دانه با میانگین ۵/۹۷ تن در هکتار مربوط به شرایط بدون تنش بود و با افزایش در سطوح تنش عملکرد دانه حدود ۳۰ درصد کاهش یافت. اردلان و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی اثر تنش کم‌آبی (سه سطح به‌صورت آبیاری پس از ۴۰ درصد، ۶۰ درصد و ۷۵ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک) و شیوه‌های مختلف آبیاری (سه روش آبیاری تمام ردیف‌های کاشت، آبیاری یک در میان ثابت ردیف‌های کاشت و کشت دو ردیفه) بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم ذرت نشان دادند که با افزایش تنش صفاتی نظیر عملکرد دانه، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد دانه در هر بلال و وزن هزار دانه کاهش یافت. ندیم‌پور و مجدم (۲۰۱۵) روی سورگوم نشان دادند که در سطوح تنش (۷۵، ۱۱۰ و ۱۴۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) وزن هزاردانه، تعداد دانه در خوشه و عملکرد دانه به شدت کاهش می‌یابد و کاهش در عملکرد دانه را به کاهش تعداد دانه در خوشه و در متر مربع و کاهش در وزن هزار دانه نسبت دادند.

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 پر شدن دانه 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).

۲-۷-۳- فتوسنتز و تنفس

تنش خشکی با کاهش سطح برگ، انسداد روزنه‌ها، کاهش فعالیت‌های پروتوپلاستی و تثبیت گاز کربنیک، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد (فتحی و براری تاری، ۲۰۱۶؛ امام، ۱۳۸۳). تنش خشکی بر هدایت مزوفیلی نیز اثر نامطلوبی دارد که از عوامل غیرروزنه‌ای مؤثر بر شدت فتوسنتز است (لیانگ و همکاران، ۱۹۹۶). گزارش شده است که پتانسیل آب برگ میزان فتوسنتز را به‌طور مستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد. با افزایش تنش کمبود آب فتوسنتز تا نقطه جبرانی کاهش می‌یابد و بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر می‌گذارد و به‌طور غیر-مستقیم ورود گازکربنیک به داخل روزنه‌ها را که به علت تنش کم‌آبی مسدود می‌باشند، کاهش می‌دهد (پاکنژاد، ۲۰۰۹؛ اسچندر و همکاران، ۱۹۹۳). در شرایط تنش شدید؛ تنفس، جذب گاز-کربنیک، انتقال مواد فتوسنتزی و انتقال مواد خام در آوندهای چوبی به سرعت به حد بسیار کم نزول می‌کند و این در حالی است که فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده افزایش می‌یابد، کاهش انتقال مواد فتوسنتزی موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می‌گردد که در نهایت کاهش فتوسنتز را در پی خواهد داشت و گرسنگی اتفاق می‌افتد (میرشکاری عینعلی و همکاران، ۲۰۱۷). در مطالعاتی در مورد اثر تنش کم‌آبی بر فتوسنتز گندم مشاهده شد که از آغاز پژمردگی گیاه، شدت فتوسنتز به‌طور 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 (آواستی و همکاران، ۲۰۱۷). در

مطالعاتی روی گیاهان، روشن شده است که میزان دی‌اکسید کربن خروجی در طول مراحل اولیه تنش کم‌آبی 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، موجب آسیب به واکنش‌های بیوشیمیایی می‌گردد. 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. به‌طوری که با شروع شرایط خشکی آماس سلولی به‌طور مستمر کاهش می‌یابد، که این امر منجر به بسته شدن روزنه‌ها، کاهش تعرق و کاهش ورود دی‌اکسیدکربن به داخل روزنه‌ها می‌شود. در نتیجه انتقال مواد فتوسنتزی، تحت تأثیر تنش خشکی کم و موجب اشباع شدن برگ‌ها از این مواد می‌شود، لذا فرآیند فتوسنتز محدود می‌گردد (کافی و دامغانی، ۲۰۰۲؛ ولف و همکاران، ۱۹۹۸).

۲-۷-۴- روغن دانه

به‌طورکلی گزارش شده است تنش خشکی در طول دوره رسیدگی موجب کاهش روغن دانه کنجد می‌شود (انصار، ۱۳۹۱). در مطالعه‌ای روی گلرنگ نشان داده شد که اعمال تنش خشکی سبب کاهش روغن خواهد شد و کمترین عملکرد روغن با ۱۴۴۰/۲ کیلوگرم در هکتار، در شرایط تنش خشکی با مصرف ۵۰ کیلوگرم کلات آهن در هکتار به‌دست آمد، درحالی‌که بیشترین عملکرد روغن در شرایط

بدون تنش با ۱۶۹۹/۶ کیلوگرم در هکتار با محلول پاشی دو در هزار کلات آهن حاصل گردید. 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.

میثاق و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای بر کنجد نشان دادند که روغن دانه ارتباط مستقیمی با وزن دانه دارد و از آنجایی که در تنش خشکی وزن هزار دانه کاهش می‌یابد؛ بنابراین روغن دانه نیز کاهش می‌یابد. نتایج به‌دست آمده توسط ایوبی زاده و همکاران (۱۳۹۷) بر ژنوتیپ‌های مختلف کنجد نشان داد که با قطع آبیاری و ایجاد تنش خشکی به‌خصوص در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی سبب کاهش درصد روغن دانه می‌شود. و همچنین در آزمایشی دیگر بر روی ارقام مختلف کنجد مشخص گردید که تنش خشکی باعث کاهش محسوس روغن دانه شده است.

کوکا و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای بر گیاه کنجد گزارش نمودند که تنش خشکی سبب کاهش روغن تولیدی در گیاه می‌شود و با کاهش بیشتر مقدار اسیدهای‌چرب دوگانه و افزایش نسبت اسیدهای چرب اشباع در نهایت موجب بالا رفتن درجه اشباع روغن می‌گردد.

نتایج به‌دست آمده توسط گلستانی و پاک نیت (۲۰۱۵) نشان دادند که تنش خشکی اثر به‌سزایی بر روغن گیاه کنجد داشته و در حالیکه بیشترین عملکرد دانه به همراه بیشترین عملکرد روغن دانه تنها با آبیاری کامل در مرحله زایشی به‌دست آمده و کمترین عملکرد روغن دانه در شرایط تنش کم‌آبیاری بوده است.

همچنین درگاهی و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که در شرایط تنش خشکی در گیاه کنجد کارآیی مصرف آب برای تولید ماده خشک افزایش و در نتیجه برای تولید روغن کاهش می‌یابد.

نتایج مطالعات نشان داد که در شرایط تنش خشکی در مرحله زایشی در گیاه کلزا سبب کاهش درصد روغن دانه می‌شود (بیاتی و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین در آزمایشی دیگر بر ارقام مختلف کنجد مشخص گردید که تنش خشکی شدید در مرحله زایشی سبب کاهش تبدیل ماده خشک شده و به عبارتی میزان درصد روغن در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد (مهرابی و احسان‌زاده، ۲۰۱۱).

در مطالعه ای دیگر ، 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 باعث 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.

۲-۷-۵- پروتئین دانه

تأثیر محلول‌پاشی با ترکیبات آلی بر میزان پروتئین بسته به گونه گیاهی، شدت تنش و غلظت ماده آلی استفاده شده و اندام گیاهی متفاوت می‌باشد به‌طوری که در برخی تحقیقات افزایش و یا کاهش میزان پروتئین گزارش شده است (ساین و همکاران، ۱۹۹۰). بیان شده است که تنش خشکی در طول دوره رسیدگی موجب افزایش پروتئین دانه گندم 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) و گلستانی و پاکنیت (۲۰۱۵) مشاهده نمودند که مقدار پروتئین دانه گندم در اثر تنش افزایش می‌یابد. در شرایط تنش خشکی مدت زمان ذخیره نشاسته در دانه کاهش می‌یابد که دلیل آن افزایش شدت تنفس و کاهش جذب مواد است. در نتیجه پروتئین افزایش پیدا می‌یابد (احمدی و بیکر، ۱۳۷۹). گلستانی و پاکنیت (۲۰۱۵) با بررسی اثر تنش خشکی بر کنجد به این نتیجه رسیدند که مقدار پروتئین دانه با اعمال تنش خشکی به‌خصوص در مرحله گل‌دهی به‌طور مؤثری افزایش می‌یابد. سنارتا و همکاران (۲۰۰۲)، اثر پنج سطح رطوبتی را بر لوپن سفید بررسی کردند و مشاهده نمودند در تیمارهایی که به‌طور 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 باعث 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 تأثیری نگذاشت (بهشتی و تدین، ۱۳۹۵).

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.

۲-۷-۶- آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

کوکا و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه‌ای روی کنجد نشان دادند که ا افزایش تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و مقدار مالون دی‌آلدئید افزایش یافت. در مطالعه‌ای دیگر روی کنجد رائول و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را افزایش داد. نیو و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای روی کتان نشان دادند که با افزایش تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و مقدار مالون دی‌آلدئید افزایش یافت. امیری و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای روی گلرنگ نشان دادند که، تنش خشکی فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی را افزایش داد، اما این افزایش در میزان آنزیم پراکسیداز معنی‌دار بود، و تیمارهای محلول‌پاشی با استفاده از اسید سالیسیلیک و کیتوزان سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی در مقایسه با تیمار شاهد شدند. بنی نعیم و صمصمام پور (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای روی گیاه گل نرگس اظهار داشتند که استفاده از عصاره گیاهان دارویی از قبیل آویشن و مرزه سبب افزایش در فعالیت آسکوربات پراکسیداز شد و از این طریق بر طول عمر و کیفیت آن اثر گذار بود. مظفری و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای بر خرفه نشان دادند که محلول پاشی ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک به‌ترتیب در شرایط رژیم آبیاری ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی موجب افزایش ۱۲/۳۴ درصدی آنتی‌اکسیدان‌ها و ۳۶/۹ درصدی قندهای محلول گردید.

۲-۷-۷- رنگیزه‌های فتوسنتزی

تنش کم‌آبی یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زراعی مختلف می‌باشد که این اثر عمدتاً از طریق افت فتوسنتز صورت می‌پذیرد (مهرابی و احسان زاده، ۱۳۹۰). کم‌آبی سبب طیف وسیعی از واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان می‌شود. در این بین یکی از سازوکارهای کارآمدی که گیاه به هنگام مواجهه با کم‌آبی، برای حفظ آماس سلولی به‌کار

می‌گیرد، تنظیم اسمزی است (واجرابهای و همکاران، ۲۰۰۱). در طی این پدیده فیزیولوژیک، پتانسیل اسمزی بافت‌های تحت تنش، در اثر انباشت برخی مواد اسمزی در سلول‌ها کاهش می‌یابد و بنابراین فشار آماس سلول‌ها در حد مطلوب نگهداری می‌شود (محمدی و همکاران، ۲۰۱۹؛ تئولت و همکاران، ۱۹۹۷). مواد اسمولیت به‌طور عمده شامل برخی از عناصر (پتاسیم، سدیم و کلسیم) و برخی متابولیت‌ها نظیر قندها، اسیدهای آمینه (پرولین) و اسیدهای آلی می‌باشند (مانی وانان و همکاران، ۲۰۰۷). در مسیر تولید پرولین به عنوان یکی از مهمترین ترکیبات مؤثر در تنظیم اسمزی؛اسید-گلوتامیک نقش دارد که این ماده به عنوان پیش‌ساز کلروفیل نیز ایفای نقش می‌کنند. لذا با افزایش تولید پرولین در شرایط تنش معمولاً از میزان کلروفیل کاسته می‌شود (اینزه و مونتاگو، ۲۰۰۰). کاهش قابل توجه در کلروفیل، کاروتنوئید و کل رنگدانه‌ها تحت تنش کم‌آبی نیز عمدتاً به دلیل آسیب به کلروپلاست توسط گونه‌های اکسیژن فعال روی می‌دهد (آگاستیان و همکاران، ۲۰۰۰). البته کاروتنوئیدها در این شرایط قادرند انرژی زیاد طول موج‌های کوتاه را دریافت و اکسیژن یک‌تایی را به سه‌تایی تبدیل کنند و با گرفتن رادیکال‌های اکسیژن تولید شده، نقش آنتی اکسیدانی خود را ایفا کنند (محمدی و همکاران، ۲۰۱۹).

بهشتی و تدین (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای روی لوبیا لیما به بررسی اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر شاخص‌هایی از قبیل میزان کلروفیل، کاروتنوئیدها، پایداری غشاء، میزان نسبی آب برگ، پرولین و قندهای محلول پرداختند که نتایج این پژوهش نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار کلیه صفات مورد بررسی گردید. اما محلول‌پاشی با استفاده از اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌دار این صفات گردید.

دانشیان و جنوبی (۱۳۸۱) و محمدی و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که تنش خشکی میزان کلروفیل برگ سویا 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 (حافظ و غریب، ۲۰۱۶؛ هابر و همکاران، ۱۹۹۸). حسینی درویشانی و چمنی (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای روی گل بریده رز نشان دادند که استفاده از عصاره گیاهان دارویی از قبیل نعناع، آویشن، رزماری و مرزه سبب افزایش در میزان کلروفیل خواهد شد. 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 (۲۰۰۰)، کاهش کلروفیل در کلزا 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 (کاتیو و همکاران، ۲۰۰۸).

ایوبی زاده و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند که تنش خشکی تغییراتی را درنسبت کلروفیل a و b و کارتنوئیدها تحمیل می‌کند. ترخورانی و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای بر گیاه کنجد نشان داد که در اثر تنش خشکی مقدار کلروفیل به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. نتایج مطالعات نشان دادند که تنش کم‌آبیاری دارای توانایی کاهش‌دهندگی غلظت کلروفیل و کاروتنوئیدها در بافت‌های گیاهی کنجد دارد (رائول و همکاران، ۲۰۱۵).

همچنین کوکا و همکاران (۲۰۰۷) ژنوتیپ‌های مختلف کنجد را مورد بررسی قرار دادند و نتایج بدست آمده نشان داد که تنش خشکی با تولید ROS در تیلاکوئیدها موفق به کاهش غلظت کلروفیل‌ها و کارتنوئیدها در برگ‌های گیاه می‌شود.

فصل سوم :

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و موقعیت محل اجرای آزمایش

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۶ 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؛ و متوسط بارندگی ۶۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر و دامنه نوسان دمای سالیانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای سالیانه ۱۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. حداقل و حداکثر دمای این شهرستان در دی‌ماه 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 می‌باشد. بیشترین حجم بارندگی در این شهر در فصول پاییز و زمستان صورت می‌گیرد.

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

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

مشخصه	سال اول	سال دوم
شن (درصد)	۱۸	۲۱
سیلت (درصد)	۴۶	۴۲
رس (درصد)	۳۶	۳۷
پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)	۲۲۰	۱۹۷
قسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)	۱۰/۱	۱۳/۱
نیتروژن کل (درصد)	۰/۱۰	۰/۱۳
کربن آلی (درصد)	۱/۰۴	۱
اسیدیته گل اشباع	۷/۶	۶/۵
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۱/۳	۱/۵

۳-۲- آماده‌سازی بستر

مزرعه مورد مطالعه در پاییز سال قبل شخم عمیق زده شد و انجام عملیات تهیه بستر تکمیلی در اواخر اردیبهشت توسط دیسک و ماله انجام گرفت. سپس با گونیا نقشه طرح پیاده و کرت‌بندی انجام شد. کرت‌ها با توجه به نقشه طرح و انتساب تصادفی تیمارها مشخص شد و ابعاد طول و عرض آن‌ها تعیین گردید. میزان کود 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 به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل دو رژیم مختلف آبیاری مناسب منطقه (هر ۱۵ روز یک‌بار) (a_1) و

کم‌آبیاری (هر ۲۵ روز یک‌بار) (a_2) به عنوان فاکتور اصلی و ۳ سطح محلول‌پاشی مرزنجوش صفر (b_1)، ۴۰(b_2) و ۶۰ (b_3) درصد حجمی و ۳ سطح محلول‌پاشی آویشن کوهی صفر (c_1)، ۱۰(c_2) و ۲۰ (c_3) درصد حجمی به عنوان فاکتور فرعی بودند (شکل ۳-۱). در هر کرت تعداد ۴ ردیف به‌طول ۵ متر و با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۷ سانتی‌متر وجود داشت.

تکرار ۱	$a_1 b_1 c_1$	$a_1 b_1 c_2$	$a_1 b_1 c_3$	$a_1 b_2 c_1$	$a_1 b_2 c_2$	$a_1 b_2 c_3$	$a_1 b_3 c_1$	$a_1 b_3 c_2$	$a_1 b_3 c_3$	$a_2 b_1 c_2$	$a_2 b_1 c_3$	$a_2 b_2 c_1$	$a_2 b_2 c_3$	$a_2 b_3 c_1$	$a_2 b_3 c_2$	$a_2 b_1 c_1$	$a_2 b_2 c_3$
تکرار ۲	$a_2 b_1 c_2$	$a_2 b_1 C_3$	$a_2 b_2 C_1$	$a_2 b_3 c_3$	$a_2 b_3 C_1$	$a_2 b_2 C_2$	$a_2 b_3 C_2$	$a_2 b_1 C_1$	$a_2 b_2 c_3$	$a_1 b_1 c_2$	$a_1 b_1 C_2$	$a_1 b_1 c_3$	$a_1 b_2 c_1$	$a_1 b_2 c_2$	$a_1 b_3 c_1$	$a_1 b_3 c_2$	$a_1 b_3 C_3$
تکرار ۳	$a_1 b_3 C_3$	$a_1 b_3 C_2$	$a_1 b_3 C_1$	$a_1 b_2 C_3$	$a_1 b_2 C_2$	$a_1 b_2 C_1$	$a_1 b_1 C_3$	$a_1 b_1 C_2$	$a_1 b_1 C_1$	$a_2 b_1 c_2$	$a_2 b_3 c_1$	$a_2 b_1 c_3$	$a_2 b_1 c_1$	$a_2 b_2 c_3$	$a_2 b_2 c_2$	$a_2 b_3 c_3$	$a_2 b_3 c_2$

شکل ۳-۱- نقشه کاشت طرح مورد استفاده

۳-۴- کاشت بذر

در این تحقیق از بذر کنجد رقم ناز چند شاخه استفاده شد که رقمی بومی در شهرستان گرگان است. قبل از کاشت در شرایط آزمایشگاهی و در ۲ نوبت درصد جوانه‌زنی بذرها اندازه‌گیری و سپس بذور پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کربوکسی‌تیرام به نسبت ۲ در هزار کشت گردید.

عمق کاشت بذر ۳ سانتی‌متر از سطح خاک در نظر گرفته شد. کاشت به‌صورت ردیفی و با دستگاه ردیفکار در تاریخ ۲۰ خرداد سال ۹۵ و سال ۹۶ انجام گرفت. از ۴ خط کاشت موجود در هر کرت، دو خط کناری به‌عنوان 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 علف‌های هرز

رشد گیاهچه کنجد در آغاز بطئی می‌باشد و نمی‌تواند با علف‌های هرز رقابت نماید. به همین جهت کاشت در زمین عاری از علف‌های 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 کولتیواتور پاشنه‌ای صورت گرفت.

۳-۵-۲- آبیاری

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. اولین آبیاری قبل از کاشت انجام شد و کاشت به‌صورت هیرم‌کاری پس از گاورو شدن خاک صورت پذیرفت. دومین آبیاری به فاصله ۷ روز بعد از کاشت و قبل از خشک شدن خاک سطحی و به طور سبک انجام شد 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 درمرحله ۳برگی اقدام به اعمال تیمار تنش کم‌آبیاری شد. کاربرد مرزنجوش و آویشن کوهی به‌صورت محلول‌پاشی روی برگ طی ۳ مرحله انجام شد. اولین محلول پاشی یک ماه بعد از کاشت در مرحله ۵ برگی بوته‌ها و ۲ هفته بعد از اعمال رژیم آبیاری صورت گرفت. محلول‌پاشی دوم ۱۲ روز بعد از مرحله اول و محلول‌پاشی سوم ۱۲ روز بعد از مرحله دوم صورت گرفت. روش کار به این صورت بود که ابتدا مرزنجوش و ۲ روز بعد آویشن کوهی اعمال شد. محلول‌پاشی در ابتدای صبح و در هوای صاف و ملایم انجام شد.

۳-۷- نمونه‌برداری

از چهار خط کاشت موجود در هر کرت، دو خط کناری به‌عنوان حاشیه و خطوط وسط برای اندازه‌گیری صفات استفاده شد. در پایان آزمایش (۱۰۰ روز پس از کاشت) از هر کرت آزمایشی تعداد ۱۰ بوته با حذف اثر حاشیه و به‌منظور تعیین صفاتی از قبیل وزن خشک برگ، وزن خشک دانه، وزن خشک ساقه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه میوه‌دهنده، عملکرد و اجزای عملکرد (تعداد کپسول در بوته،

تعداد دانه در کپسول ووزن هزار دانه)، درصد روغن، درصد پروتئین، کلسیم و پتاسیم نمونه‌گیری شدند. نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، آنزیم کاتالاز، آسکوربات پروکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز، کاروتنوئید، کلروفیل a و b، فلاونوئید، ۶۰ روز بعد از کاشت(مرحله‌ی ۸ برگی) انجام شد.

۳-۹- اندازه‌گیری صفات زراعی

۳-۹-۱- وزن خشک برگ، ساقه و دانه (۱۰۰ روز بعد از کاشت)

نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه به سه بخش برگ، ساقه و دانه تفکیک شدند. اجزای تفکیک شده به‌طور مجزا در پاکت قرار داده شدند 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 به‌دست آمده بر حسب گرم در مترمربع محاسبه گردید.

۳-۹-۲- طول ساقه و تعداد شاخه های میوه دهنده

میانگین طول ساقه و تعداد شاخه های فرعی در ۱۰ بوته‌ی محاسبه و میانگین گیری گردید.

۳-۹-۳- 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 مترمربع برآورد گردید. اجزای عملکرد در یک گیاه زراعی مؤلفه‌های 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 ۱۰ بوته برداشت شده اندازه‌گیری شدند.

۳-۱۱- اندازه‌گیری صفات کیفی

۳-۱۱-۱- سنجش درصد روغن دانه

روغن موجود در دانه با استفاده از دستگاه سوکسله مدل (G-SX100 England) 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 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[۸] دستگاه قرار گرفتند. داخل بالن‌ها با مقدار مشخصی پترولیوم اتر به‌عنوان 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 به‌طول 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 سانتی‌گراد و سپس به مدت ۱/۵ ساعت با

[1] Hot plate

دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند. بالن‌ها به دسیکاتور منتقل و بعد از سرد شدن توزین گردیدند. برای محاسبه درصد روغن در نمونه‌ها از رابطه ۳-۱ استفاده گردید(Shayesteh,2011).

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

در ابتدا جهت عصاره‌گیری از گیاهان مرزنجوش و آویشن کوهی ابتدا برگ‌های گیاه از بوته‌ها جدا و سپس خشک و آسیاب شدند و با کمک دستگاه سوکسله و به‌روش ذکر شده عصاره آن‌ها استخراج گردید.

۳-۱۱-۲- سنجش درصد پروتئین دانه

مقدار نیتروژن موجود در دانه پس از برداشت به روش کجلدال[۹] تعیین گردید (مانیکام، ۲۰۰۵). 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 درون فلاسک‌های شیشه‌ای مخصوص کجلدال ریخته شد 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 مؤثر بود. پایان عمل هضم پس از ۲ تا ۲/۵ ساعت و با تبدیل محلول سیاهرنگ درون فلاسک‌ها به محلولی نسبتاً زلال به رنگ سبز بسیار کمرنگ مشخص می‌شد. مقدار نیتروژن نمونه‌ها پس از سرد شدن در دمای آزمایشگاه توسط دستگله 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 بروموکروزول سبز (۰/۱ گرم برومو کروزول سبز در ۱۰۰

[2] Kjeldahl

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.

پس از قرارگیری فلاسک‌ها در دستگاه به‌ترتیب ۲ میلی‌لیتر آب مقطر و ۳۰ میلی‌لیتر سود سوزآور ۴۰ درصد به نمونه‌ها اضافه شد و با فشار بخار آب عمل تقطیر انجام گرفت. طی مرحله تقطیر نیتروژن موجود در نمونه به‌صورت گاز آمونیاک متصاعد و رنگ محلول حاوی نمونه به قهوه‌ای سوخته تبدیل می‌گردد. گاز امونیاک حاصل به ظرفی حاوی محلول دریافت کننده منتقل می‌شود و به همراه اسیدبوریک، بورات آمونیوم را تشکیل می‌دهد که معرف‌های موجود در محلول دریافت کننده آن را به‌صورت رنگ سبز نمایان می‌سازند. 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 می‌باشد. برای محاسبه عملکرد پروتئین دانه از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین دانه استفاده گردید

۳-۱۲- اندازه‌گیری صفات مربوط به فعالیت آنتی‌اکسیدانی

۳-۱۲-۱- تهیه بافر استخراج عصاره آنزیمی

ابتدا ۲/۴۲۳ گرم تریس در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل گردید و با HCl غلیظ pH به ۷/۸ رسانده شد. محلول ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شد و سپس دوباره pH آن چک گردید. سپس ۲۰ میلی‌لیتر گلیسرول اضافه گردید و با آب مقطر به حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد (برادفورد، ۱۹۷۶).

۳-۱۲-۲- استخراج عصاره آنزیمی

به‌میزان ۰/۵ گرم نمونه برگی پودر شده در ۵ میلی‌لیتر بافر استخراج مخلوط گردید. سپس مخلوط به‌دست آمده ورتکس شد و به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید و در نهایت فاز بالایی عصاره (روشناور) به عنوان عصاره آنزیمی جدا شد و برای سنجش مقدار کل پروتئین محلول و همچنین فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز مورد استفاده قرار گرفت (برادفورد، ۱۹۷۶).

۳-۱۲-۳- تهیه معرف برادفورد

به میزان ۰/۱ گرم کوماسی بریلیانت بلو (G 250) در ۵۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد و ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد و به‌مدت یک ساعت مخلوط گردید. سپس اسید ارتوفسفریک ۸۵ درصد به‌صورت قطره قطره اضافه گردید و حجم کل با آب مقطر به یک لیتر افزایش یافت. و محلول حاصل با کاغذ صافی واتمن صاف گردید (برادفورد، ۱۹۷۶).

۳-۱۲-۴- تهیه محلول پایه پروتئین استاندارد

مقدار یک میلی‌گرم از پروتئین آلبومین سرم گاوی[۱۰] در یک میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر حل شده تا غلظت پروتئین استاندارد یک میلی‌گرم در میلی‌لیتر باشد (برادفورد، ۱۹۷۶).

۳-۱۲-۵- تهیه منحنی استاندارد

مقادیر ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و۱۰۰ میکرولیتر از محلول پروتئین استاندارد، به‌طور جداگانه در لوله‌های شیشه‌ای اتوکلاو شده ریخته شد و به ترتیب مقادیر ۹۰، ۸۰، ۶۰، ۴۰، ۲۰ و صفر میکرولیتر آب دو بار تقطیر به لوله‌ها اضافه شد تا حجم محلول نهایی در هر لوله ۱۰۰ میکرولیتر باشد. به علاوه درون یک لوله شیشه‌ای ۱۰۰ میکرولیتر آب دو بار تقطیر ریخته شد و از آن به‌عنوان بلانک استفاده گردید. سپس ۵ میلی‌لیتر از معرف برادفورد درون هر لوله ریخته و خوب هم زده شد. مخلوط حاصل به مدت دو دقیقه ورتکس شد و پس از گذشت ۲۰ دقیقه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر میزان جذب نور در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت شد. سپس از روی مقادیر مختلف جذب به‌دست آمده در طول موج ۵۹۵ نانومتر به ازای مقادیر مختلف پروتئین، منحنی استاندارد رسم گردید (برادفورد، ۱۹۷۶).

۳-۱۲-۶- اندازه‌گیری پروتئین محلول

مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی درون لوله آزمایش ریخته شد و به آن ۵ میلی‌لیتر از معرف برادفورد اضافه شد و پس از دو دقیقه میزان جذب در ۵۹۵ نانومتر اندازه‌گیری شد و بر اساس منحنی استاندارد، غلظت پروتئین بر حسب میلی‌گرم بر میلی‌لیتر محاسبه شد (برادفورد، ۱۹۷۶).

---

[۱] - Bovine Serum Albumin (BSA)

۳-۱۲-۷- اندازه گیری فعالیت آنزیم کاتالاز

فعالیت کاتالاز در سه میلی‌لیتر بافر واکنش به‌صورت ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات سدیمی با pH=۷، ۱۰میلی‌مولارآب اکسیژنه و ۴۰ میکرولیتر عصاره‌آنزیمی اندازه‌گیری شد. پس از اضافه کردن آب اکسیژنه فعالیت کاتالاز موجود در عصاره آنزیمی، در طول موج ۲۴۰ نانومتر در مدت یک دقیقه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل HITACHI u-1800) اندازه‌گیری شد. میزان فعالیت آنزیم طبق رابطه ۳-۴ تعیین گردید (سایرام و همکاران، ۲۰۰۲).

(واحد اندازه گیری: واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه)

رابطه $$\text{Enzyme activity (EA)} == (\Delta OD\times 1000)\times(A-1)/(EC\times B)/(C-1)$$ (۴-۳)

در رابطه فوق:

A= مقدار عصاره آنزیمی موجود در محلول واکنش.

B= مقدار بافر استخراج بکار رفته.

C= وزن نمونه تازه.

ΔOD= اختلاف جذب طول موج خاص هر آنزیم در طول مدت یک دقیقه.

EC= ضریب خاموشی آنزیم.

لازم به ذکر است که برای کاتالاز EC برابر ۳۹/۴ میلی‌مول بر سانتی‌متر می‌باشد (سایرام و همکاران، ۲۰۰۲).

۳-۱۲-۸- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز

فعالیت این آنزیم در یک میلی‌لیتر بافر واکنش به‌صورت ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات پتاسیم با pH=۷، ۰/۵ میلی‌مولار اسید اسکوربیک، ۰/۱ میلی‌مولار EDTA، ۱/۲۵ میلی‌مولار آب اکسیژنه و ۶۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی اندازه‌گیری شد. کاهش جذب آسکوربات پراکسیداز در اثر فعالیت این آنزیم

با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۲۹۰ نانومتر در مدت یک دقیقه اندازه‌گیری شد. ضریب خاموشی آسکوربات پراکسیداز برابر ۲/۸ میلی‌مول بر سانتی‌متر در نظر گرفته شد (سایرام و همکاران، ۲۰۰۲).

۳-۱۲-۹- فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

برای تهیه ترکیب واکنش از ۱۳ میلی‌مول متیونین، ۲۵ میکرومول نیتروبلوتترازولیوم[۱۱] (NBT)، ۶ میکرومول محلول ۰/۵ مولار EDTA، ۱/۵ میلی‌لیتر از محلول ۱ مولار فسفات بافر (pH=۷/۸)، ۶۰ میکرومول ریبوفلاوین ۱ میلی‌مولار و ۵۰ میلی‌مول سدیم بی‌کربنات استفاده شد. سپس ۲/۹ میلی‌لیتر از مخلوط حاصل را داخل تیوپ استریل ریخته، بلافاصله پس از افزودن ۲ میکرومول ریبوفلاوین و ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی، به مدت ۱۵ دقیقه زیر نور لامپ فلورسانس ۱۵×۶ وات قرار داده شد. جهت تعیین میزان فعالیت آنزیم SOD مخلوط حاصل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۶۰ نانومتر طیف‌سنجی گردید (سایرام و همکاران، ۲۰۰۲). برای سنجش فعالیت این آنزیم علاوه بر بلانک، به نمونه شاهد نیز نیاز است. میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در نمونه‌ها در مقایسه با بلانک سنجیده شد. واکنش در عصاره‌های تهیه شده در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد با روشن شدن لامپ فلورسنت آغاز شد و پس از ۸ دقیقه با خاموش کردن لامپ واکنش متوقف شد. لوله بلانک شامل مواد ذکر شده بود با این تفاوت که در آن عصاره آنزیمی اضافه نگردید و در روشنایی نیز قرار نگرفت. در لوله بلانک نیز مخلوط واکنش ذکر شده وجود داشت با این تفاوت که به آن عصاه آنزیمی اضافه نشد ولی در نور قار گرفت. بنابراین به دلیل عدم وجود آنزیم در بلانک، احیای NBT در حضور نور به طور ۱۰۰ درصد در شاهد انجام و تمام نیتروبلوتترازولیوم موجود در مخلوط واکنش در حضور نور به فورمازون تبدیل می‌شود. میزان جذب بلان در ۵۶۰ نانومتر نشان

[۱۱]- Nitro Blue Terazolium

دهنده ۱۰۰ درصد احیای نوری NBT است. بنابراین، یک واحد آنزیمی سوپراکسیددیسموتاز مقار آنزیمی است که موجب ۵۰ درصد ممانعت از احیای نوری احیای نیتروبلوتترازولیوم می‌گردد. اختلاف جذب نمونه‌ها و شاهد در ۵۶۰ نانومتر نشان دهنده مهار احیای نوری NBT در حضور آنزیم سوپراکسیددیسموتاز موجود در نمونه است. با محاسبه اختلاف جذب، واحد آنزیمی نمونه‌ها محاسبه و فعالیت آنزیمی بر حسب واحد آنزیم در مقدار پروتئین کل (میلی‌گرم) در عصاره بیان شد (سایرام و همکاران، ۲۰۰۲).

۳-۱۳- کلروفیل و کاروتنوئید

نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری محتوای کلروفیل ۶۰ روز پس از کاشت انجام شد. برای اندازه-گیری این صفت از روش آرنون (۱۹۴۹) استفاده شد. به این صورت که برگ های همسن در هرکرت نمونه‌برداری شدند. در این روش مقدار ۰/۵ گرم از قسمت پهنک برگ به قطعات کوچکی خرد و در داخل هاون قرار داده شد. سپس نمونه‌های برگی با اضافه کردن استون ۸۰ درصد در داخل هاون له شدند؛ و از کاغذ صافی عبور داده شد. و این عمل تا زمان از بین رفتن رنگ سبز برگ‌ها ادامه یافت. عصاره حاصل به‌مدت ۱۵ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس محتوی هر لوله آزمایش با استون ۸۰ درصد به حجم ۱۵ میلی‌لیتر رسانده شد و میزان جذب نوری هریک از عصاره‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل HITACHI u-1800) در سه طول موج ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر خوانده شد. از استون ۸۰ درصد به‌عنوان محلول شاهد استفاده شد. داده-های حاصل جهت محاسبه محتوای کلروفیل و کاروتنوئید (میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ) به‌ترتیب در روابط ۳-۵ تا ۳-۷ وارد گردیدند:

رابطه (۳-۵) $$\text{c hl a} = ((0.0122 \times A\ 663) - (0.00269 \times A\ 645)) \times \text{ml acceton / mg leaf}$$

chl b = ((0.0229 × A 645) - (0.00460 × A 663)) × ml acceton / mg leaf رابطه (۳-۶)

Carotenoides = 100(A470) - 3.27(mg chl. a) - 104(mg chl. b)/227 رابطه (۳-۷)

A= جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر

۳-۱۴- فلاونوئیدها

برای سنجش فلاونوئید از روش رنگ سنجی کلریدآلومینیوم استفاده شد (چانگ و همکاران، ۲۰۰۲). هر کدام از عصاره‌های متانولی گیاهی (۰/۵ ml از ۱:۱۰ g. ml^{-1}) به‌صورت جداگانه با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر کلریدآلومینیوم (۱۰ درصد متانولی)، ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم (۱M) و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر ترکیب شدند. سپس محلول‌ها در دمای اتاق به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شدند. جذب هر ترکیب واکنشی در ۴۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. منحنی استاندارد با محلول‌های کوئرستین (از شرکت سیگما) متانولی در غلظت‌های $\mu g\ ml^{-1}$ ۲۵۰-۱۰۰۰ تهیه شد و منحنی با نرم افزار Excel رسم گردید، سپس معادله خط y=bx+a به‌دست آمد. جذب‌های خوانده شده از نمونه‌ها به جای y قرار داده شد و x یا همان غلظت به‌دست آمد.

۳-۱۵- کلسیم و پتاسیم

برای اندازه‌گیری عناصر کلسیم و پتاسیم نمونه‌های برگی بعد از اعمال کلیه تیمارها (۶۵ روز پس از کاشت) به صورت تصادفی انتخاب و پس از شستشو و خشک کردن در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت زمان ۴۸ ساعت، به‌وسیلهٔ آسیاب پودر شدند. در ادامه ۰/۵ گرم بافت خشک، کاملاً سائیده

شد سپس ۱۰ میلی‌مولار اسید نیتریک غلیظ به آن اضافه شد و به مدت ۴۸ ساعت در دمای آزمایشگاه قرار داده شد سپس به مدت ۲ ساعت روی اجاق برقی دارای ترموستات با حرارت ملایم قرار داده شد؛ تا تمام بخارات اسیدی قهوه‌ای رنگ به آرامی خارج شد. پس از آن، محلول بی رنگی به‌دست آمد که حجم آن با آب دیونیزه به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید و محلول حاصل چند بار با استفاده از کاغذ صافی، صاف گردید. اندازه‌گیری مقدار پتاسیم موجود در عصارهٔ تهیه شده به روش نشر شعله‌ای و با کمک دستگاه فلیم فتومتر (JENWAY PFP7) انجام گرفت (چاپمن و پرات، ۱۹۶۱). مقادیر کلسیم به روش جذب اتمی شعله‌ای و به کمک دستگاه جذب اتمی (Shimadzu 1- 670) اندازه‌گیری شد (والینگ و همکاران، ۱۹۸۹).

۳-۱۶- محاسبات آماری طرح

پس از جمع‌آوری داده‌ها، در ابتدا آزمون بارتلت انجام شد و به‌دلیل عدم معنی‌دار شدن، همگنی واریانس اشتباه آزمایشی تأیید شد و در ادامه تجزیه مرکب صفات اندازه‌گیری شده به کمک نرم افزار SAS نسخه ۹/۱انجام شد. و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. از نرم افزار Excel نیز برای ترسیم شکل‌ها استفاده شد. از آنجایی که اثر سال معنی‌دار نبود آنالیز صفات کیفی برای سال دوم انجام شد.

فصل چهارم :

نتایج و بحث

۴-۱- صفات زراعی، مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج جدول تجزیه (جدول۴-۱) واریانس نشان داد که اثر آبیاری بر وزن خشک ساقه معنی دار نبود ولی بر سایر صفات در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. برهم‌کنش سال و آبیاری بر وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه معنی‌دار نبود ولی بر سطح برگ، تعداد شاخه میوه دهنده، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، تعداد دانه در کپسول و تعداد کپسول در بوته در سطح ۵ درصد و برخی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). اثر مرزنجوش بر وزن خشک ساقه در سطح ۵ درصد و بر سایر صفات در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر آویشن کوهی بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده به جز وزن خشک ساقه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. برهم‌کنش آبیاری و عصاره مرزنجوش بر شاخص سطح برگ و عملکرد دانه در سطح ۱ درصد و بر تعداد دانه در کپسول و تعداد کپسول در بوته در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. برهم‌کنش آبیاری و آویشن کوهی بر کلیه صفات به‌جز وزن خشک ساقه، وزن خشک میوه، تعداد کپسول در بوته و وزن هزاردانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. برهم‌کنش عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی تنها بر شاخص سطح برگ در سطح ۱ درصد و وزن خشک ساقه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود و بر سایر صفات معنی‌دار نشد. برهم‌کنش سال و آبیاری و عصاره مرزنجوش بر شاخص سطح برگ و وزن هزار دانه در سطح ۵ درصد و بر تعداد دانه در کپسول و تعداد کپسول در بوته در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد ولی بر سایر صفات معنی‌دار نشد. برهم‌کنش سال، آبیاری و عصاره آویشن‌کوهی بر سطح برگ و تعداد دانه در کپسول در سطح ۵ درصد و ب تعداد شاخه میوه‌دهند در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. برهم‌کنش آبیاری و عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی بر سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و میوه و تعداد دانه در کپسول در سطح ۵ درصد و بر تعداد کپسول در بوته و عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود و بر سایر صفات معنی‌دار نشد و برهم‌کنش سال، آبیاری، مرزنجوش و آویشن کوهی بر هیچ کدام از صفات معنی‌دار نشد (جدول ۴-۱).

جدول ۴-۱- تجزیه مرکب (میانگین مربعات) اثر سال، آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر برخی شاخص‌های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کنجد.

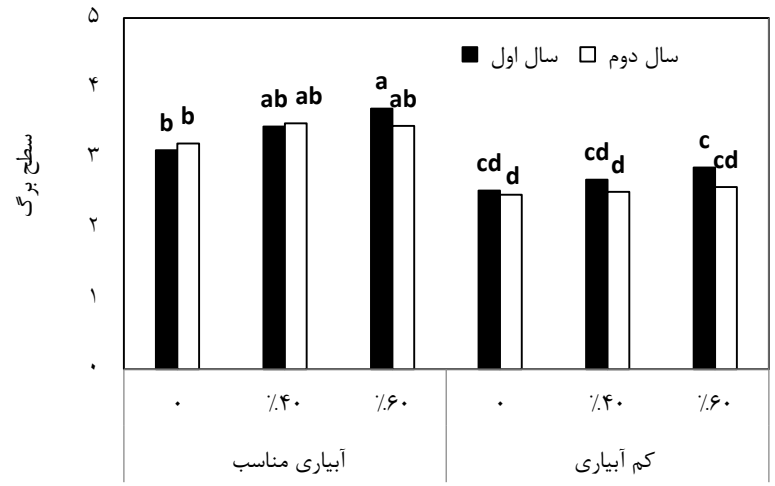
منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	وزن خشک برگ	وزن خشک میوه	وزن خشک ساقه	ارتفاع بوته	تعداد شاخه میوه دهنده	تعداد دانه در کپسول	تعداد کپسول در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
سال (y)	۱	۲۷/۴۹^{ns}	۴۸/۵۴**	۱۳۴/۶۴**	۶۸۶۹۹/۲۸^{ns}	۸۵۰/۰۸**	۰/۱۹^{ns}	۲/۶۸^{ns}	۵/۰۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۷۴۱۲/۰۸^{ns}
سال(تکرار)	۴	۶۹۷۲/۹۴	۲۲/۲۵	۲/۰۹	۱۸۸۴۳/۵۱	۲۸۳/۳۶	۸/۵۱	۰/۰۱	۱۶/۶۷	۰/۰۱	۵۸۷۴/۳۶
آبیاری (a)	۱	۵۴۷۰۷۴/۵۳**	۷۵۵/۶۵**	۱۳۸۷/۵**	۴۴۸۱/۰۸^{ns}	۸۷۳۸۱/۳۳**	۱۱۱/۰۲**	۲۸۶/۶۹**	۳۷۶۳/۰۲**	۵/۲۱**	۵۴۸۵۴۸۵۰/۳۳**
y×a	۱	۴۰۷۱/۳۷**	۴/۴۹^{ns}	۱۰۶/۴۱**	۵۸۷۷۲^{ns}	۲۸۰/۳۳**	۶/۰۲**	۱/۶۸**	۱۷/۵۲*	۰/۰۱*	۲۲۰۲۵۷۴/۳۳**
اشتباه اصلی	۴	۱۷۳۰/۷۷	۲/۶۶	۲۳/۰۲	۱۵۵۹/۲۲ns	۴۹	۲۰۴۵۵	۰/۷	۰/۹۵	۰/۰۰۲	۸۲۳۵۴۷
مرزنجوش (b)	۲	۳۰۹۰۰/۴۹**	۸۴/۰۷**	۱۱۵/۰۹**	۸۵۳۱۹/۷۵*	۲۱۵۴/۲۵**	۲۱/۶۵**	۱۰۸/۵۸**	۱۴۸/۵۲**	۰/۰۳**	۲۳۵۲۴۸/۲۵**
آویشن‌کوهی (c)	۲	۲۲۸۳۱/۳۶**	۱۸۷/۱۴**	۲۷۷/۵۱**	۵۶۸۰۸/۵^{ns}	۱۹۷۲/۹۴**	۸۲/۰۲**	۵۶۲/۵۲**	۳۵۱/۸۹**	۰/۱۸**	۲۲۵۴۸۷/۹۴**
y×b	۲	۱۸۳/۰۹^{ns}	۳۰/۰۸^{ns}	۵۵۱۰۹/۳۲^{ns}	۰/۷۷^{ns}	۵۵۱۰۹/۳۲^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۲/۱۵^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۸۷۵۴/۰۸^{ns}
y×c	۲	۱۴۹/۴۵^{ns}	۲/۱۸^{ns}	۱/۳۲^{ns}	۵۴۴۵۲/۳۳^{ns}	۲۸/۰۲^{ns}	۰/۳۱^{ns}	۵/۱۹^{ns}	۸/۳۹^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۵۴۸۷/۰۲^{ns}
a×b	۲	۴۱۷۳/۸**	۲/۷۹^{ns}	۲/۷۹^{ns}	۲/۷۹^{ns}	۲/۷۹^{ns}	۰/۲۷^{ns}	۹/۲۵*	۱۷/۸۹*	۰/۰۰۲^{ns}	۲۵۴۸۳۵/۰۸**
a×c	۲	۱۴۵/۹^{ns}	۵/۹۴**	۱/۰۲^{ns}	۵۸۸۶۰/۷۵^{ns}	۸۵/۸۹**	۲/۷۷**	۳۱/۶۹**	۳/۳۹^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۲۷۵۴۲۲/۸۹**
b×c	۴	۷۳۳/۹۳**	۰/۰۵^{ns}	۰/۱۹^{ns}	۶۰۹۹۹/۶۷*	۳۱/۲۵^{ns}	۰/۲۴^{ns}	۱/۷۳^{ns}	۳/۴۵^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۱۲۵۴۸۳/۲۵^{ns}
y×a×b	۲	۶۴۶/۹۳*	۱/۲۷^{ns}	۷/۳۶^{ns}	۵۴۲۰۸/۰۳^{ns}	۲۶/۳۳^{ns}	۰/۷۷^{ns}	۱۳**	۲۵/۷۷**	۰/۰۱*	۸۵۴۸۴/۳۳^{ns}
y×a×c	۲	۷۵۸/۴۳*	۱/۳۶^{ns}	۵/۱۶^{ns}	۶۱۱۰۷/۴۳^{ns}	۲۴/۶۵^{ns}	۳/۱۵**	۹/۱۹*	۰/۳۹^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۵۴۷۸/۶۵^{ns}
y×b×c	۴	۱۵۱/۹۸^{ns}	۰/۵۳^{ns}	۱/۷۶^{ns}	۲۳۴۵۲/۱۱^{ns}	۱۲/۲۳^{ns}	۰/۵۹^{ns}	۲/۰۳^{ns}	۱/۳۳^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۵۴۱۲۸/۲۱^{ns}
a×b×c	۴	۳۵۱/۳۹*	۳/۴۱*	۲۶/۳۳^{ns}	۵۹۸۱۸/۷۸*	۳۹/۲۱*	۰/۱۱^{ns}	۳/۰۹*	۱۲/۸۳**	۰/۰۰۴^{ns}	۷۸۵۴۸۲/۲۷**
y×a×b×c	۸	۹۵/۶۴^{ns}	۲/۳۲^{ns}	۲/۷۷^{ns}	۲۱۹۴/۹۷^{ns}	۲۰/۲۷^{ns}	۰/۳۲^{ns}	۴/۱۸^{ns}	۵/۴۶^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۱۲۵۴۸/۸۷^{ns}
اشتباه فرعی	۶۴	۱۹۳/۸	۱/۱۷	۱/۷۴	۱۹۸۵۶/۴۴	۱۴/۸۷	۰/۳۱	۲/۰۷	۴/۵۱	۰/۰۰۳	۵۶۷۳۹/۰۸
ضریب تغییرات (درصد)	–	۲/۵۶	۲/۰۹	۴/۶۹	۶/۸۴	۳/۲۳	۹/۲۳	۳/۱۷	۷/۸۴	۱/۶۷	۲۰/۳۶

*، ** و ^{ns} به‌ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

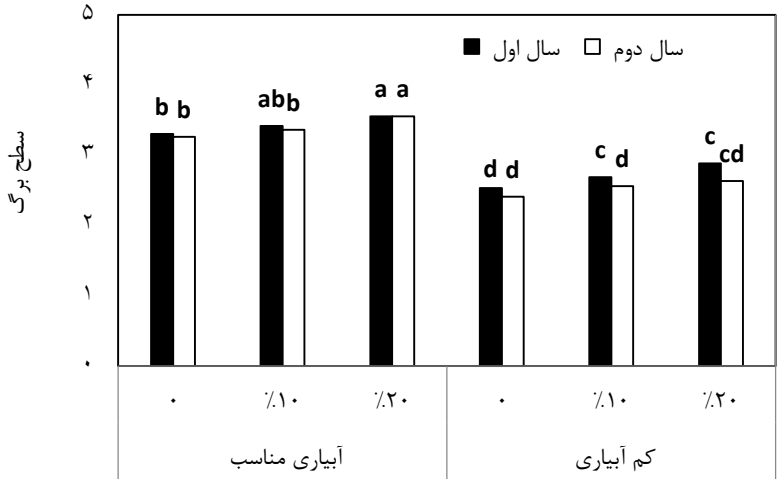
۴-۱-۱- شاخص سطح برگ

مقایسه میانگین برهم‌کنش سال و رژیم آبیاری و درصدهای مختلف عصاره مرزنجوش بـر شـاخص سطح برگ کنجد نشان داد که تیمار کم‌آبی به‌طور معنی‌داری هـم در سـال اول و هـم در سـال دوم شاخص سطح برگ کنجد را کاهش داد و در شرایط آبیاری مناسب و کم‌آبیاری استفاده از عصاره‌هـای گیاهی مرزنجوش تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند. (شـکل ۴-۱). مقایسـه میـانگین بـرهمکنش سال و عصاره آویشن کوهی بر شاخص سطح برگ کنجد نشان داد کـه اسـتفاده از تیمـار ۲۰ درصـد عصاره آویشن‌کوهی شاخص سطح برگ را در هر دو شرایط رژیم آبیاری به‌طور معنی‌داری افزایش داد. نتایج به خوبی نشان داد که تیمار کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری سطح برگ را کاهش داد (شـکل ۴-۲). مقایسه میانگین برهم‌کنش تیمار آبیاری و مرزنجوش و آویشن‌کوهی بر شاخص سطح برگ نشـان داد که به‌طورکلی افزایش در غلظت عصاره مرزنجوش و آویشن‌کـوهی مـورد اسـتفاده در شـرایط تـنش و آبیاری به‌طور معنی‌داری سبب افزایش شاخص سطح برگ کنجد شد. و میانگین شاخص سـطح بـرگ کنجد در شرایط آبیاری مناسب و کم‌آبیاری برای تیمار ۶۰ درصد مرزنجوش و ۲۰ درصد آویشن‌کوهی به‌ترتیب ۳/۷۶ و ۲/۹۳ بود (شکل ۴-۳). در شرایط آبیاری مناسب و کم‌آبی تیمار ۶۰ درصد مرزنجوش و ۲۰ درصد آویشن‌کوهی نسبت به تیمار شاهد افزایشی ۱۸ درصدی را نشان داد که از نظر آماری نیز برتری داشت (شکل ۴-۱). نتایج نشان داد که در تمـامی سـطوح مرزنجـوش بـا افـزایش دز مصـرفی آویشن کوهی، شاخص سطح برگ در هر دو شرایط آبیاری مناسب و کم‌آبی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت به‌طوری که عصاره ۲۰ درصـدی آویشـن کـوهی در سـطوح ۰، ۴۰ و ۶۰ درصـد مرزنجـوش در شرایط آبیاری مناسب به‌ترتیب با میانگین ۳/۲۸، ۳/۶۲ و ۳/۷۶ و در شرایط کم‌آبـی بـه‌ترتیـب ۲/۶۱، ۲/۷۴ و ۲/۹۳ بیشترین شاخص سطح برگ را دارا بود (شکل ۴-۳). اگرچـه شـاخص سـطح بـرگ در شرایط تنش توسط تیمارهای مذکور بهبود یافت ولی کاهش رخ داده توسط تنش جبران نشد.

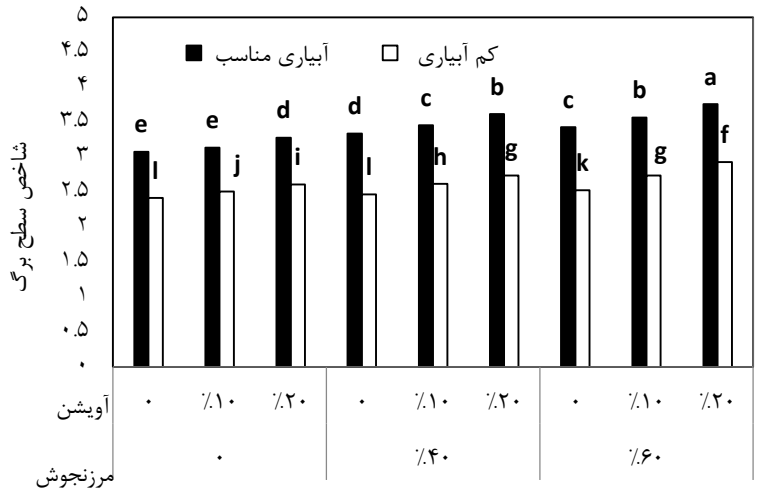
در مطالعات بر گیاهان مختلف مشخص شده است که تنش کم‌آبی، شاخص سطح برگ را به‌دلیل کاهش اندازه و تولید برگ‌های جدید و افزایش ریزش آنها کاهش می‌دهد و چنین نتیجه‌گیری شده است که تولید و گسترش برگ به تنش کم‌آبی خیلی حساس می‌باشند و بنابراین بر اثر تنش کمبود آب شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد که این کاهش را به‌عنوان یک سازوکار سازگاری در جهت کم کردن میزان تعرق معرفی نموده‌اند (پاگتر و همکاران، ۲۰۰۵؛ سلطان شاهتری و منصوری فر، ۲۰۱۷). ایوبی زاده و همکاران (۱۳۹۶) بیان داشتند که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری شاخص سطح برگ ارقام مختلف کنجد را کاهش داد ولی محلول‌پاشی برگی با استفاده از ترکیبات آلی (آهن و اسید-فولیک) در شرایط تنش، شاخص سطح برگ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. تحقیقات مختلف نشان داده است که اسانس مرزنجوش و آویشن‌کوهی دارای خاصیت آنتی اکسیدانی هستند و محققان بیشترین عملکرد ضد باکتریایی و ضد اکسیدانی اسانس این گیاهان را به ترکیبات فنلی مثل تیمول و کارواکرول نسبت داده‌اند (ممبینی و همکاران، ۱۳۸۷؛ بنی نعیم و صمصام پور، ۱۳۹۵). محلول‌پاشی با استفاده از اتانول و 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 باعث افزایش در سطح برگ شود (نورافکن و همکاران، ۱۳۹۷؛ میرآخوری و همکاران، ۱۳۸۸). به‌طور کلی اسانس مرزنجوش و آویشن‌کوهی به دلیل داشتن ترکیباتی الکلی از قبیل اتانول سبب کاهش پیری در برگ خواهد شد و ریزش برگ تحت شرایط تنش را کاهش می‌دهد و در نتیجه شاخص سطح برگ را افزایش می‌دهند. بنابراین به‌نظر می‌رسد کاربرد توأم اسانس مرزنجوش و آویشن کوهی با قابلیت افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه، افزایش دوام سطح برگ، تأخیر پیری و کاهش ریزش برگ باعث افزایش شاخص سطح برگ گردیده است.



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش.



شکل ۴-۲- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره آویشن.



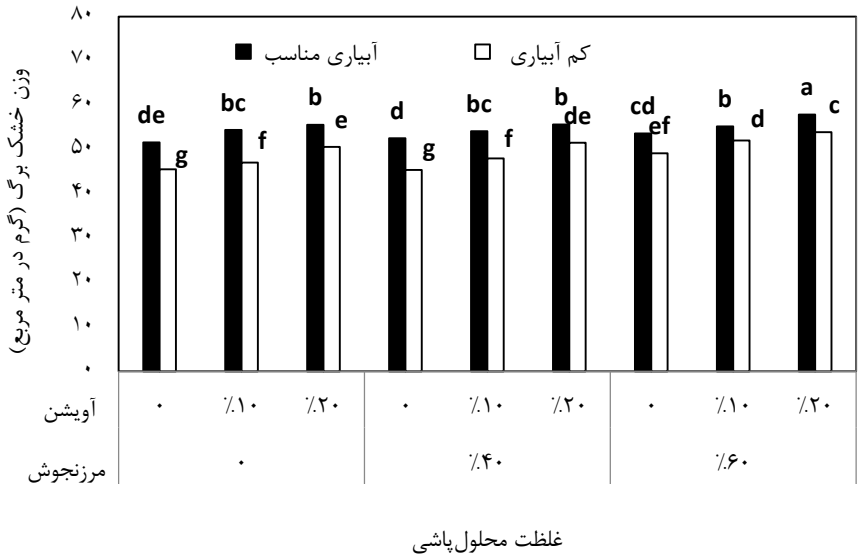
شکل ۴-۳- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن.

۴-۱-۲- وزن خشک برگ، ساقه و میوه

۴-۱-۲-۱- وزن خشک برگ

نتایج مقایسه میانگین اثر آبیاری و مصرف عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر وزن خشک برگ نشان داد که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری سبب کاهش وزن خشک برگ کنجد شد و بیشترین وزن خشک برگ با میانگین ۵۷/۸۸ گرم در مترمربع مربوط به تیمار مصرف ۲۰ درصد حجمی آویشن و ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش در شرایط آبیاری مناسب و کمترین وزن خشک برگ با میانگین ۴۵/۵۱ گرم در متر مربع مربوط به تیمار عدم استفاده از عصاره گیاهی و شرایط تنش بود که البته اختلاف معنی‌داری با تیمار۴۰درصد مرزنجوش به‌تنهایی در شرایط کم‌آبیاری نداشت(شکل ۴-۴). در شرایط آبیاری مناسب استفاده از تیمار ترکیبی عصاره ۶۰ درصدی مرزنجوش و ۲۰ درصدی آویشن نسبت به تیمار شاهد افزایشی ۱۰/۸۱ درصدی و در شرایط تنش افزایشی ۱۵/۵۵ درصدی را نشان داد که نشان دهنده اثرگذاری بیشتر این عصاره‌ها در شرایط نامساعد بود (شکل ۲). به‌طور کلی در هر دو شرایط

تنش کم آبی و آبیاری مناسب در تمامی سطوح مرزنجوش با افزایش دز مصرفی آویشن کوهی تا ۲۰ درصد حجمی، وزن خشک برگ افزایش یافت و این افزایش در شرایط آبیاری مناسب برای سطوح ۰، ۴۰ و ۶۰ درصد حجمی و در سطح ۲۰ درصد حجمی آویشن نسبت به عدم استفاده از آویشن به‌ترتیب ۷، ۵/۵ و ۷/۳ درصد و در شرایط کم‌آبی به‌ترتیب ۹/۹۸، ۱۱/۹۸ و ۸/۸۸ درصد بود (شکل ۴-۲). افزایش در وزن خشک در نتیجه استفاده همزمان از مرزنجوش و آویشن را می‌توان به تاثیر این مواد بر افزایش رشد و افزایش شاخص سطح برگ نسبت داد که به‌دنبال آن وزن خشک برگ بیشتر خواهد شد. گزارش شده است که افزایش شاخص سطح برگ گیاهان تیمار شده با محلول‌های آلی یکی از علل افزایش عملکرد برگ (وزن خشک برگ) در گیاهان می‌باشد (نورافکن و همکاران، ۱۳۹۷؛ یادگاری، ۲۰۱۵). احتمالا یکی دیگر از دلایل بالا بودن وزن خشک برگ در غلظت بالای آویشن و مرزنجوش به تعویق افتادن پیری و ریزش برگ است. در همین رابطه گزارش شده است که محلول پاشی برگی توسط ترکیبات آلی می‌تواند از طریق اثر روی سرعت تولید اتیلن، پیری برگ‌ها را به تعویق اندازد (حافظ و غریب، ۲۰۱۶؛ یادگاری، ۲۰۱۵).



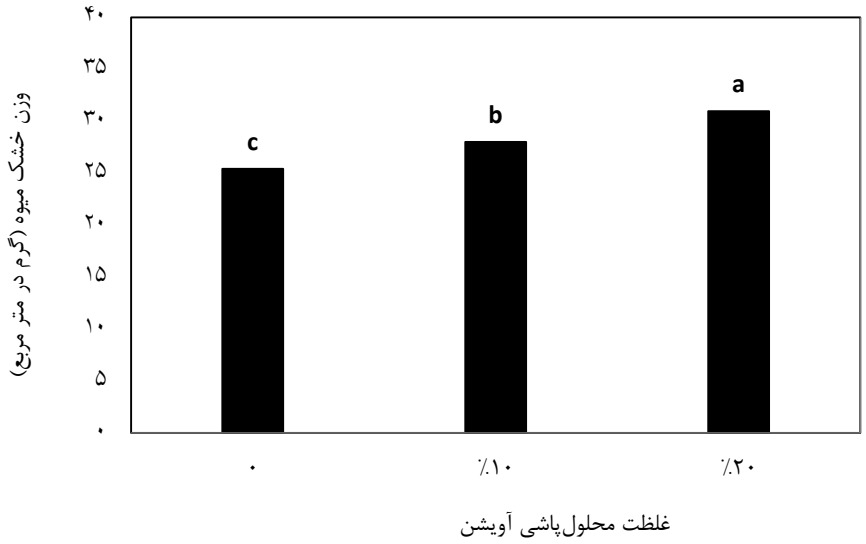
شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن.

۴-۱-۲-۲- وزن خشک میوه

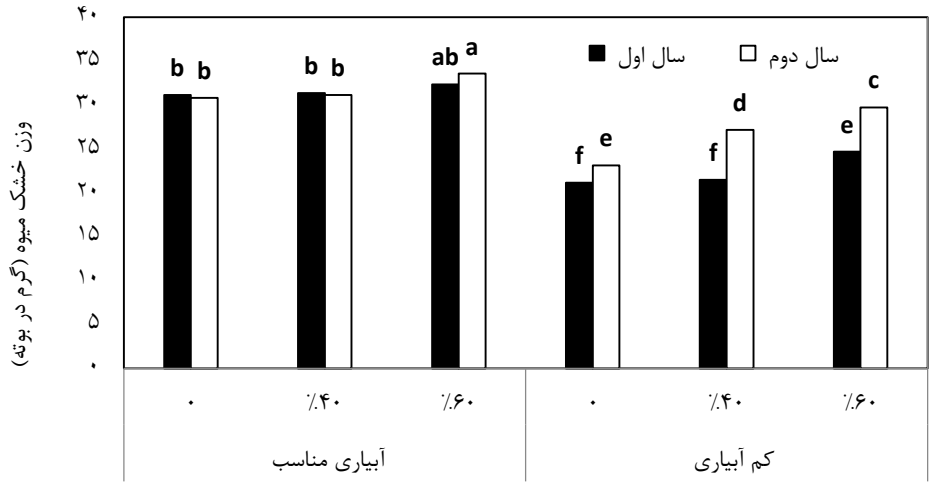
نتایج مقایسه میانگین اثر عصاره مرزنجوش روی وزن خشک میوه کنجد نشان داد که با افزایش غلظت عصاره آویشن وزن خشک میوه افزایش یافت به‌طوری که در شرایط عدم استفاده از عصاره آویشن کوهی وزن خشک میوه ۲۵/۴۲ گرم در مترمربع بود و در شرایط استفاده از غلظت ۱۰ و ۲۰ درصد عصاره آویشن کوهی به‌ترتیب وزن خشک میوه به ۲۸ و ۳۰/۹۷ گرم در بوته رسید (شکل ۴-۵). نتایج مقایسه میانگین اثر رژیم آبیاری و عصاره مرزنجوش طی ۲ سال زراعی نشان داد که تنش کم‌آبی در طی دو سال به‌طور معنی‌داری وزن خشک میوه را کاهش داد؛ میزان این کاهش در شرایط عدم مصرف مرزنجوش در دو سال آزمایش به‌ترتیب ۱۴/۳۳ و ۲۱/۱۸ درصد بود. بیشترین وزن خشک میوه با میانگین ۳۳/۵۵ گرم در بوته مربوط به تیمار محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش با غلظت ۶۰ درصد و در شرایط آبیاری مناسب مربوط به سال دوم بود که با تیمار مشابه در سال اول و با میانگین ۳۲/۳۳ گرم در بوته اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۴-۶). نتایج نشان داد که بین سطوح مختلف مرزنجوش در شرایط آبیاری مناسب در سال اول و دوم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت در حالی‌که در شرایط کم‌آبیاری وزن خشک میوه در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر بود. در سال اول در شرایط آبیاری مناسب استفاده از عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش نسبت به شرایط عدم استفاده از مرزنجوش افزایشی ۳ درصدی و در شرایط کم‌آبی افزایشی ۱۴ درصدی را نشان داد که این افزایش در سال دوم به‌ترتیب ۸ و ۲۲ درصد بود.

کاهش وزن خشک میوه در نتیجه تنش را می‌توان به کاهش شاخص سطح برگ و به دنبال آن کاهش فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی نسبت داد. استفاده از محلول‌های گیاهی سبب افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه افزایش فتوسنتز خواهد شد و به‌دنبال آن وزن خشک میوه افزایش خواهد یافت. در این مطالعه در شرایط تنش ، محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش باعث افزایش وزن خشک میوه گردید در شرایط عدم تنش فقط غلظت بالای مرزنجوش در سال دوم

آزمایش تأثیر معنی‌دار داشت(شکل ۴-۳). به نظر می‌رسد این افزایش در وزن خشک میوه به دلیل افزایش در تعداد دانه در بوته (شکل ۴-۹)، تعداد کپسول در بوته (شکل ۴-۱۰) و وزن هزاردانه (شکل ۴-۱۱) بوده است.



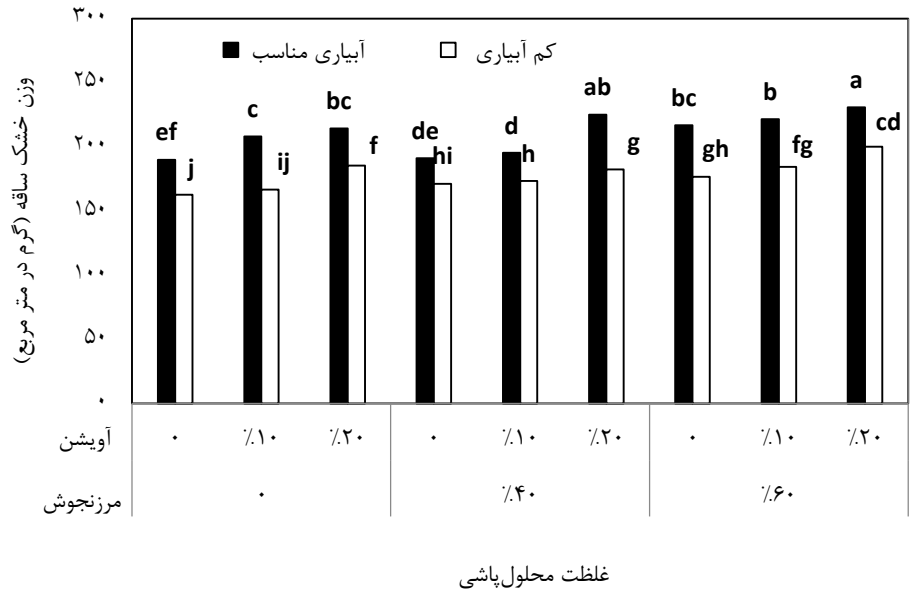
شکل ۴-۵- مقایسه میانگین وزن خشک میوه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از حلول‌پاشی عصاره آویشن کوهی.



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین وزن خشک میوه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش.

۴-۱-۲-۳- وزن خشک ساقه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تنش کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری وزن خشک ساقه را کاهش داد ولی استفاده از عصاره مرزنجوش و آویشن سبب افزایش در وزن خشک ساقه گردید؛ البته این افزایش در برخی سطوح معنی‌دار نبود (شکل ۴-۴). نتایج به خوبی نشان داد که تیمار ترکیبی عصاره‌های استفاده شده نسبت به کاربرد این عصاره‌ها به‌تنهایی اثرات بیشتری را بر وزن خشک ساقه دارد به‌طوری که نتایج نشان داد تیمار ترکیبی عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن در شرایط آبیاری مناسب افزایش۱۷ درصدی و در شرایط تنش افزایش ۱۹ درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. ترکیب تیماری ذکر شده در شرایط آبیاری مناسب با تیمار ترکیبی عصاره ۴۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن اختلاف معنی‌داری نداشت و هر دو باهم، گروه برتر آماری را به خود اختصاص دادند. در تمام سطوح مرزنجوش در شرایط کم‌آبیاری مشاهده می‌شود که غلظت ۱۰ درصد آویشن کوهی چندان مؤثر نبود و دو برابر شدن این غلظت موجب بهبود تجمع ماده‌خشک در ساقه گردید (شکل ۴-۷).



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن.

گزارشات مختلف حاکی از آن است که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری وزن خشک برگ، ساقه و میوه و همچنین ارتفاع بوته را کاهش می‌دهد (اورل و دیویس، ۲۰۰۳؛ جین و همکاران، ۲۰۱۰؛ تاج کریمی و همکاران، ۲۰۱۰)، که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد. در شرایط عدم‌تنش 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. بررسی‌های مختلف (محمدی و همکاران، ۲۰۱۶؛ ایوبی زاده و همکاران، ۱۳۹۶) 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 به‌طوری که سرعت رشد و سرعت تقسیم سلولی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. سینکر و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که وجود عوامل محدود کننده فتوسنتز در طی دوره رشدی و گلدهی باعث کاهش تعداد برگ و تعداد

اندام زایشی و کوچک شدن بـرگ و انـدام زایشـی و در نتیجـه کـاهش وزن آن‌هـا مـی‌شـود. کـاربرد محلول‌های آلی در غلظت مناسب با افزایش توان آنتی‌اکسیدانی گیاه سبب بهبود شاخص‌های رشـدی گیاه و در نتیجه افزایش وزن خشک اندام‌های مختلف می‌شود (قاسمی پیر بلوطی و همکاران، ۲۰۱۱). تعدادی از محققین بیان داشتند که استفاده از عصاره گیاهان دارویی مختلف از قبیل آویشن، مـرزه و رزماری سبب بهبود رشد گیاه و در نتیجه افزایش وزن خشک در انـدام‌هـای مخلتـف گیـاه مـی‌شـود (حسینی درویشانی و همکاران، ۱۳۹۰؛ پورامینی و همکاران، ۲۰۱۶). محلول‌پاشی به‌واسطه گسـترش سطح برگ و افزایش پتانسیل فتوسنتزی گیاه، موجب بزرگ‌تر شدن ساختارهای رویشی، افزایش وزن و قطر ساقه‌ها و در نتیجه افزایش وزن قسمت‌هـای مختلـف مـی‌شـود (عبـدالموتاگالی و ال زوهـری، ۲۰۱۸؛ بنی نعیم و صمصمام پور، ۱۳۹۵).. از آنجایی که عصاره آویشن دارای ترکیبـات الکـی از نـوع اتانول می‌باشد و محلول پاشی با الکل‌هایی نظیر متانول و اتانول به‌عنوان یک منبع کربنـی و محـرک زیستی می‌تواند باعث افزایش زیسـت تـوده و عملکـرد گیـاهی شـود (نـورافکن و همکـاران، ۱۳۹۷)، بنابراین می‌توان بیان داشت که استفاده از عصاره گیاهی آویشن و مرزنجوش با افزایش میزان فتوسنتز سبب افزایش رشد در اندام‌های مختلف گیاه کنجد شده‌اند و از این طریق وزن خشک در قسمت‌هـای مختلف افزایش یافته است.

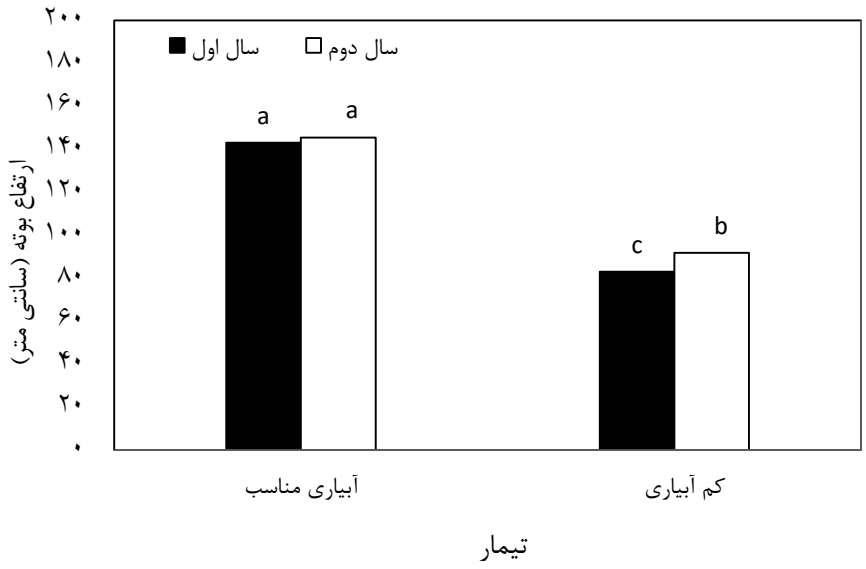
۴-۱-۳- ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سال و رژیم آبیاری روی ارتفاع بوته نشان داد که در شرایط آبیای مناسب بین ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی در شرایط کم آبیاری بین سال اول و دوم اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۱۴۵/۵۶ و ۱۴۳/۱۷ سانتی‌متر به‌ترتیب مربوط به سال دوم و اول در شرایط آبیاری مناسب بود (شکل ۴-۸). نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته به‌ترتیب با میانگین ۱۵۹، ۱۵۶ و ۱۵۴/۲۵ سانتی‌متر مربوط به شرایط آبیاری مناسب و استفاده از عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی آویشن و

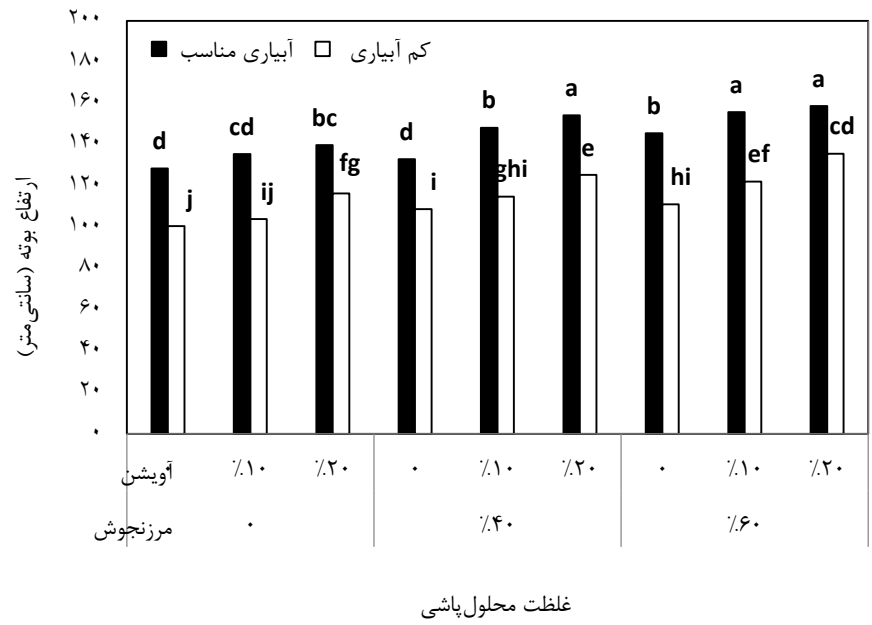
عصاره ۴۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن بود (شکل ۴-۹). در گیاهان شاهد (عدم استفاده از آویشن و مرزنجوش)، کم‌آبیاری سبب شد که ارتفاع ساقه ۲۰/۸۵ سانتی‌متر معادل ۲۱/۶۷ درصد کاهش یابد. همه تیمارها به جز آویشن ۱۰ درصد به‌تنهایی این کاهش را به‌طور معنی-داری جبران کردند به‌طوری که ارتفاع گیاهانی که محلول ۶۰ درصد مرزنجوش به همراه ۲۰ درصد آویشن را دریافت کرده بودند با افزایش ۲۵ درصدی نسبت به گیاهانی که در شرایط تنش محلول-پاشی نشدند به حد گیاهان شاهد در شرایط آبیاری مناسب رسید. یعنی کاهش رخ داده کاملاً جبران گردید. تیمار ترکیبی عصاره‌های استفاده شده نسبت به استفاده از عصاره‌ها به‌صورت تکی اثرات بیشتری را بر ارتفاع بوته نشان داد به‌طوری که نتایج نشان داد در شرایط آبیاری مناسب تیمار ترکیبی عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن افزایش ۱۹ درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان داد که در مقایسه با افزایش رخ داده در شرایط تنش نشان دهنده اثرگذاری بیشتر تیمارهای استفاده شده تحت شرایط تنش بود (شکل ۴-۹).

از مهمترین پیامدهای تنش کم‌آبی در گیاهان کاهش رشد اندام هوایی و ارتفاع گیاه است که دلیل اصلی آن کاهش ترشح هورمون‌های رشد و افزایش مواد بازدارنده رشد تحت تنش خشکی است (بایومی و همکاران، ۲۰۰۸)، آماس سلول، تخصیص بیشتر مواد سنتز شده جهت مقابله با تنش، کوتاه شدن دورهٔ رشد گیاه و سازوکارهای گریز از تنش، همگی، می‌توانند مانع از توسعهٔ عادی سلول‌ها و در نتیجه، کاهش ارتفاع گیاه شوند (محمدی و همکاران، ۲۰۱۹). هاشمی و میردهقان (۱۳۹۳) بیان داشتند که استفاده از عصاره گیاهان دارویی آویشن و مرزه با اثرگذاری بر سیستم جذبی گیاه سبب بهبود رشد و افزایش ارتفاع در گل ژرورا می‌شود. از آنجایی که ترکیب عصاره گیاهان دارویی استفاده شده در این پژوهش دارای اتانول می‌باشد و اتانول مانند متانول یک منبع کربنی و محرک زیستی است (نورافکن و همکاران، ۱۳۹۷)، احتمالاً دلیل افزایش ارتفاع بوته در غلظت بالای عصاره‌های استفاده شده، افزایش کربن در دسترس برای گیاه بوده است. اتانول 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 ترکیبات عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی از طریق اثرات هورمونی و با تأثیر بر متابولیسم گیاهی و همچنین با قدرت کلات کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی در خاک سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش شاخه‌دهی و ارتفاع گیاه می‌شود. علاوه بر این ممکن است محلول‌پاشی با افزایش تولید سیتوکنین و افزایش تقسیم سلولی، تحریک رشد و افزایش ارتفاع در گیاهان تیمار شده را موجب شده باشد (نورافکن و همکاران، ۱۳۹۷).



شکل ۴-۸- مقایسه میانگین ارتفاع بوته کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و سال.

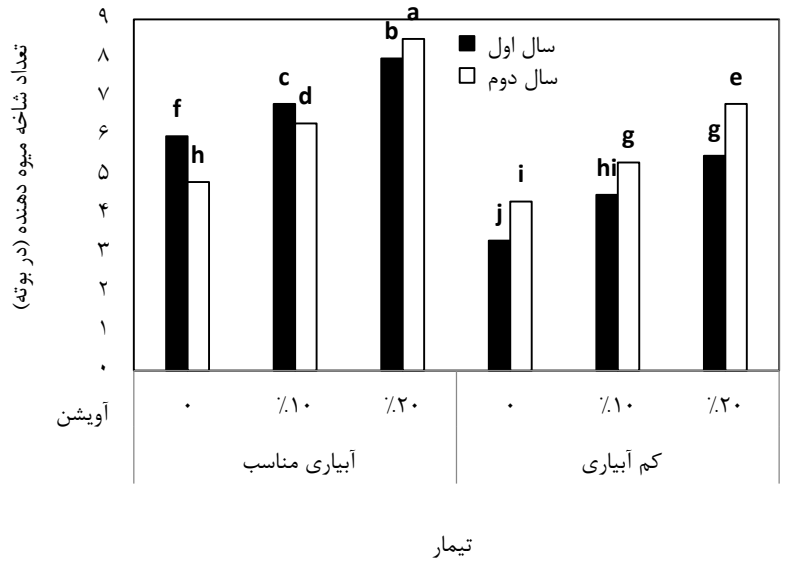


شکل ۴-۹- مقایسه میانگین ارتفاع بوته کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن.

۴-۱-۴- تعداد شاخه میوه‌دهنده

با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص گردید که در مجموع تعداد شاخه میوه‌دهنده در شرایط کم‌آبی کمتر از آبیاری مناسب بود (شکل ۴-۱۰). استفاده از هر دو غلظت عصاره آویشن‌کوهی به‌طور معنی‌داری تعداد شاخه میوه‌دهنده را افزایش داد و در هر دو شرایط آبیاری تعداد شاخه میوه‌دهنده با استفاده از تیمار۲۰ درصد عصاره آویشن‌کوهی به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود (شکل ۴-۱۰). استفاده از تیمار۲۰ درصد حجمی عصاره آویشن‌کوهی تعداد شاخه میوه‌دهنده را به‌ترتیب حدود ۲۵ و ۴۰ درصد در شرایط آبیاری مناسب و شرایط کم‌آبیاری در سال اول و به‌ترتیب حدود هشت و سی و هفت درصد در شرایط آبیاری مناسب و شرایط کم‌آبیاری در سال دوم نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. در سال دوم اثر غلظت ۱۰ و ۲۰ درصد آویشن در شرایط کم-آبیاری به‌حدی بود که حتی مقدار این صفت از گیاهان شاهد در شرایط آبیاری مناسب به‌طور معنی-داری بیشتر شد. اختلاف تعداد شاخه میوه‌دهنده در طی دو سال آزمایش ممکن است به‌دلیل تغییر

شرایط آب و هوایی منطقه و تأثیر آن بر این صفت در طی دو سال بوده باشد (شکل ۴-۱۰). نتایج نشان داد که کمترین تعداد شاخه میوه دهنده در سال اول و دوم آزمایش در شرایط آبیاری مناسب به‌ترتیب با میانگین ۶ و ۴/۸۳ شاخه در بوته و در شرایط کم‌آبی به‌ترتیب با میانگین ۳/۳۳ و ۴/۳۳ شاخه در بوته مربوط به شرایط عدم استفده از آویشن کوهی بود.



شکل ۴-۱۰. مقایسه میانگین تعداد شاخه‌های میوه دهنده کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره آویشن‌کوهی.

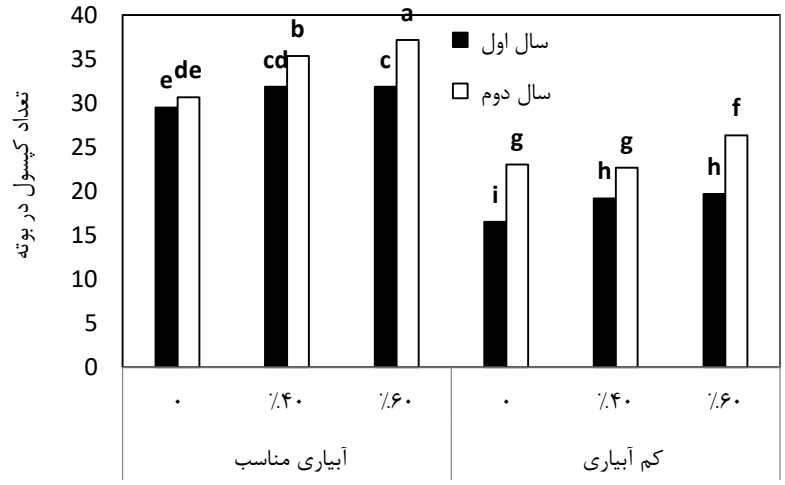
از آنجاکه عناصر غذایی موجود در خاک از طریق سیستم ریشه‌ای وارد گیاه می‌شوند، در کنار سایر فاکتورهای مهم، وجود یک سیستم ریشه‌ای سالم نقشی کلیدی در افزایش رشد و افزایش در تعداد شاخه‌ها و تولید گیاهان ایفا می‌کند (حیات و همکاران، ۲۰۱۰). افزایش تنش از طریق تغییر در ساختار غشای سلول‌های ریشه و کاهش سطوح جذب کننده آب منجر به کاهش پتانسیل آب گیاه می‌شود که تأثیر منفی بر فرآیندهای فیزیولوژیکی نظیر فتوسنتز، تعرق، تنفس می‌گذارد و در نهایت کاهش رشد را به دنبال دارد (نادری و همکاران، ۲۰۰۲). اوراکی و همکاران (۲۰۱۲) آسیب‌های ریشه‌ای ناشی از تنش و کاهش میزان کلروفیل را دلیل 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). به‌طورکلی گزارش‌های مختلف حاکی از آن است که محلول‌پاشی با استفاده از ترکیبات مختلف از طریق افزایش فتوسنتز گیاه سبب انتقال بیشتر مواد پرورده گیاهی به اندام‌های زایشی و به دنبال آن افزایش باروری اندام زایشی تحت شرایط تنش و در نهایت افزایش وزن اندام زایشی می‌شود (حسین زاده و همکاران، ۲۰۱۶؛ یادگاری، ۲۰۱۵). شیرانی راد و همکاران (۲۰۱۰) اظهار داشتند که تنش کم‌آبی به‌طور معنی‌داری تعداد شاخه میوه دهنده کلزا (*Brassica napus* L.) را کاهش داد که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد. ایوبی زاده و همکاران (۱۳۹۶) بیان داشتند که محلول‌پاشی برگی با استفاده از ترکیبات آلی (نانوکلات آهن و اسید فولیک) به‌طور معنی‌داری تعداد شاخه‌های میوه دهنده کنجد را افزایش داد. در مطالعه‌ای روی گیاه کنجد انصار (۱۳۹۱) اظهار داشت که افزایش غلظت متانول محلول‌پاشی شده در هر دو شرایط تنش و عدم-تنش سبب افزایش تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه کنجد شده است. ایشان در ادامه بیان داشت که با محلول‌پاشی متانول روی بوته‌ها فعالیت فتوسنتزی افزایش یافته و تورژسانس بوته‌ها زیادتر می‌گردد. بنابراین افزایش در تعداد شاخه‌های میوه‌دهنده سبب بهبود عملکرد گیاه می‌گردد. به‌طورکلی شاید بتوان این‌گونه استنباط کرد که عصاره گیاهان دارویی با افزایش ریشه‌زایی موجب افزایش جذب مواد غذایی در گیاه شده که نتیجه‌ی آن بهبود فتوسنتز و حجم اندام هوایی به‌صورت افزایش ارتفاع گیاه و افزایش تعداد شاخه فرعی بوده باشد. همچنین عصاره آویشن به‌عنوان یک منبع کربنی (ممبنی و همکاران، ۱۳۸۷) می‌تواند سبب افزایش زیست توده گیاه و در نهایت افزایش عملکرد و اجزای عملکرد آن شود.

۴-۱-۵- تعداد کپسول در بوته

نتایج نشان داد که، با افزایش غلظت عصاره مرزنجوش در شرایط آبیاری مناسب و کم‌آبی بین سال اول و دوم اختلاف معنی‌داری وجود داشت به طوری‌که در همه سطوح تعداد کپسول در بوته

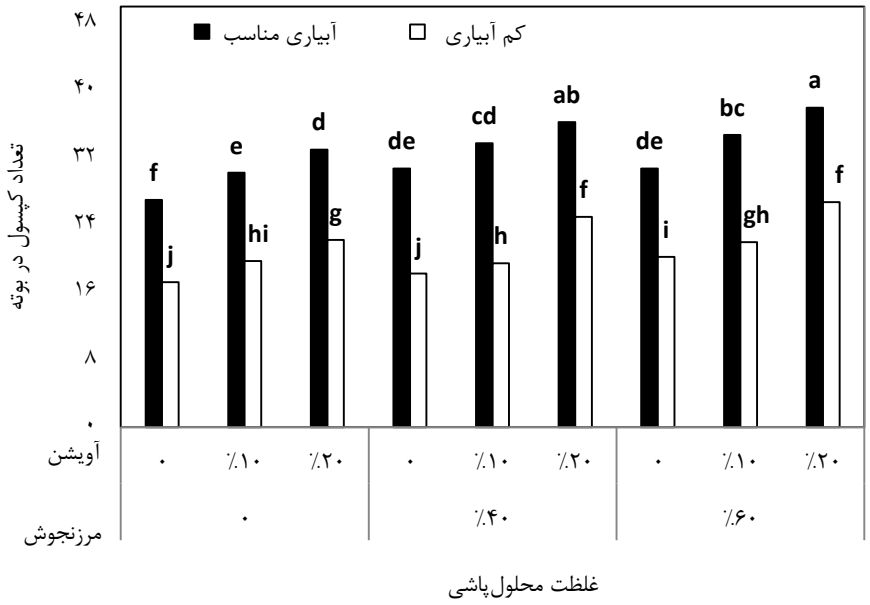
گیاهان کنجد در سال دوم بیشتر بود. در هر دو سال و در هر دو شرایط آبیاری با افزایش دز مصرفی مرزنجوش تعداد کپسول در بوته افزایش یافت، به‌طوری که در شرایط آبیاری مناسب و کم‌آبی مقادیر بالاتری از تعداد کپسول در بوته در سال اول به‌ترتیب با میانگین ۳۱/۸۳ و ۱۹/۶۷ کپسول در بوته و در سال دوم به‌ترتیب با میانگین ۳۷/۱۷ و ۲۶/۳۳ کپسول در بوته مربوط به تیمار عصاره مرزنجوش ۶۰ درصد حجمی ثبت گردید البته در سال اول تفاوت معنی‌داری بین دو غلظت ۴۰ و ۶۰ درصد مرزنجوش در شرایط کم‌آبیاری وجود نداشت (شکل ۴-۱۱).



شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین تعداد کپسول در بوته کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش.

در شکل ۴-۱۲ به وضوح دیده می‌شود که کم‌آبیاری تأثیر منفی شدیدی بر تعداد کپسول در بوته داشته است. به طوری‌که این جزء عملکردی در گیاهانی که محلول‌پاشی نشده بودند، در اثر کم-آبیاری ۳۶/۱۱ درصد کاهش یافت. همه تیمارها به جز محلول‌پاشی مرزنجوش ۴۰ درصد این صفت را در شرایط کم‌آبیاری به طور معنی‌داری بهبود بخشیدند در این بین استفاده همزمان از عصاره ۶۰ درصد مرزنجوش و ۲۰ درصد آویشن‌کوهی تحت شرایط کم‌آبی اثر بیشتری داشت (شکل ۴-۱۳). نتایج نشان داد که بیشترین تعداد کپسول در بوته به‌ترتیب با میانگین ۳۸ و ۳۶/۲۵ کپسول در بوته

مربوط به شرایط آبیاری مناسب و استفاده از عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن و عصاره ۴۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن بود (شکل ۴-۱۳). در رأس تمام تیمارها، تیمار ترکیبی عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن موجب افزایش ۲۹ درصدی در شرایط آبیاری مناسب و افزایش ۳۵/۵ درصدی در شرایط کم‌آبیاری نسبت به تیمار شاهد گردید که باز هم این افزایش نشان دهنده اثرگذاری بیشتر تیمارهای استفاده شده تحت شرایط تنش بود (شکل ۴-۱۲).



شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین تعداد کپسول در بوته کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی.

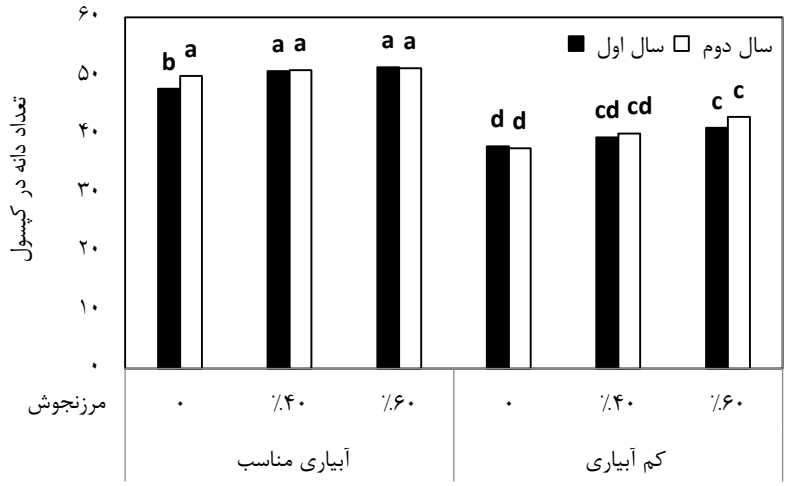
در پژوهش‌های دیگر نیز مشخص گردیده است که تنش کم‌آبی موجب کاهش در شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک کنجد می‌شود که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد (ترخورانی و همکاران، ۲۰۱۷؛ ایوبی زاده و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین گزارش شده است که قطع آبیاری در مرحله گلدهی سبب ریزش برخی از کپسول‌ها به‌خصوص کپسول‌های رسیده می‌شود و به این ترتیب تعداد کپسول در بوته کاهش می‌یابد که با

استفاده از محلول‌پاشی برگی توسط ترکیبات آلی می‌توان تعداد کپسول در بوته را افزایش داد (دوتا و همکاران، ۲۰۱۰؛ جامی و همکاران، ۱۳۹۴؛ گان و همکاران، ۲۰۰۹). در شرایط تنش خشکی میزان تنفس افزایش، انتقال مواد غذایی در گیاه کند و میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد از این‌رو گیاه ضعیف می‌شود (محمدی و همکاران، ۲۰۱۶)، ضعیف شدن گیاه در این شرایط ممکن است سبب کم شدن تعداد اندام زایشی در گیاه شود و از آنجایی که عصاره آویشن و مرزنجوش دارای خاصیت ضد اکسیدانی و دارای متانول می‌باشد، قادر هستند بر میزان تنفس اثر بگذارند و میزان تنفس گیاه در شرایط تنش خشکی را کاهش دهند و از این‌رو از ریزش اندام‌های زایشی جلوگیری به‌عمل آوردند. ترکیبات متانولی سبب تحمل گیاه در برابر تنش خشکی می‌شوند (مخدوم و همکاران، ۲۰۰۲). محلول‌پاشی با مواد مختلف به واسطه گسترش سطح برگ و افزایش پتانسیل فتوسنتزی موجب بزرگتر شدن ساختارهای رویشی، افزایش وزن و قطر ساقه و تولید بیشتر کپسول می‌شود، که در نهایت این مسأله اثر مثبتی بر تعداد دانه در کپسول و بوته و همچنین وزن هزار دانه دارد (بیاتی و همکاران، ۲۰۱۳).

۴-۱-۶- تعداد دانه در کپسول

محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی تعداد دانه در کپسول را افزایش داد (شکل‌های ۴-۱۳ الی ۴-۱۵). با افزایش مقدار مصرفی عصاره مرزنجوش در شرایط آبیاری مناسب و در سال دوم اختلاف معنی‌داری در تعداد دانه در کپسول مشاهده نشد ولی در سال اول بین سطوح ۴۰ و ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش با سطح صفر اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. در شرایط کم‌آبی در هر دو سال بین سطوح صفر و ۴۰ و همچنین ۴۰ و ۶۰ عصاره مرزنجوش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی سطح ۶۰ درصد نسبت به صفر به‌طور معنی‌داری بهتر بود. در شرایط آبیاری مناسب استفاده از

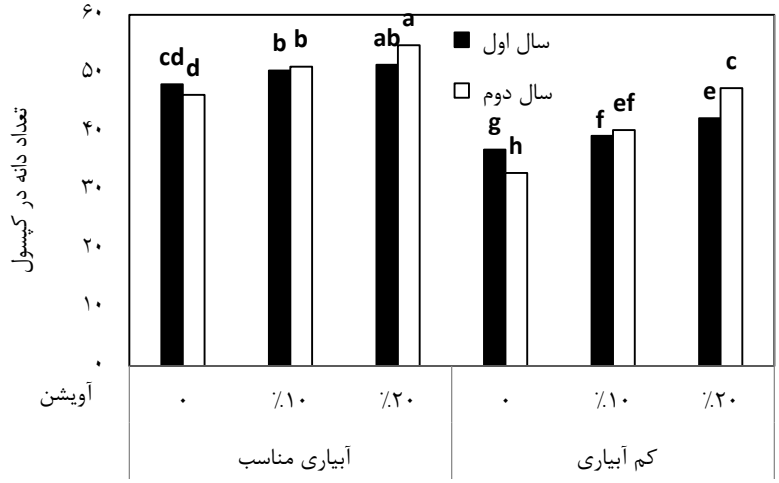
عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش تعداد دانه در کپسول را در سال اول و دوم نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۷ و ۲/۵ درصد و در شرایط کم‌آبی به‌ترتیب ۸ و ۱۲ درصد افزایش داد (شکل ۴-۱۳).



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین تعداد دانه در کپسول کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش.

نتایج مقایسه میانگین اثر ترکیب سال، آبیاری و کاربرد عصاره آویشن کوهی بر تعداد دانه در کپسول کنجد نشان داد در هر دو شرایط آبیاری و در هر دو سال آزمایش با افزایش غلظت عصاره آویشن تعداد دانه در کپسول افزایش یافت (شکل ۴-۱۴). نتایج نشان داد که در شرایط آبیاری مناسب در سطوح مختلف عصاره آویشن بین سال اول و دوم اختلافی وجود نداشت و بیشترین تعداد دانه در کپسول در سال اول و دوم در این شرایط آبیاری به‌ترتیب با میانگین ۵۴/۸۳ و ۵۱/۵ دانه در کپسول مربوط به تیمار عصاره ۲۰ درصد حجمی آویشن بود که نسبت به شاهد افزایش ۶/۹۲ و ۱۸/۳۴ درصدی را نشان داد. در شرایط تنش نیز بالاترین مقادیر ثبت شده برای این صفت در سال اول و دوم به‌ترتیب با میانگین ۴۲/۳۳ و ۴۷/۵ دانه در کپسول مربوط به تیمار عصاره ۲۰ درصد حجمی آویشن بود که نسبت به شاهد افزایش ۱۴/۴۱ و ۴۳/۹۳ درصدی را نشان داد. بنابراین در سال

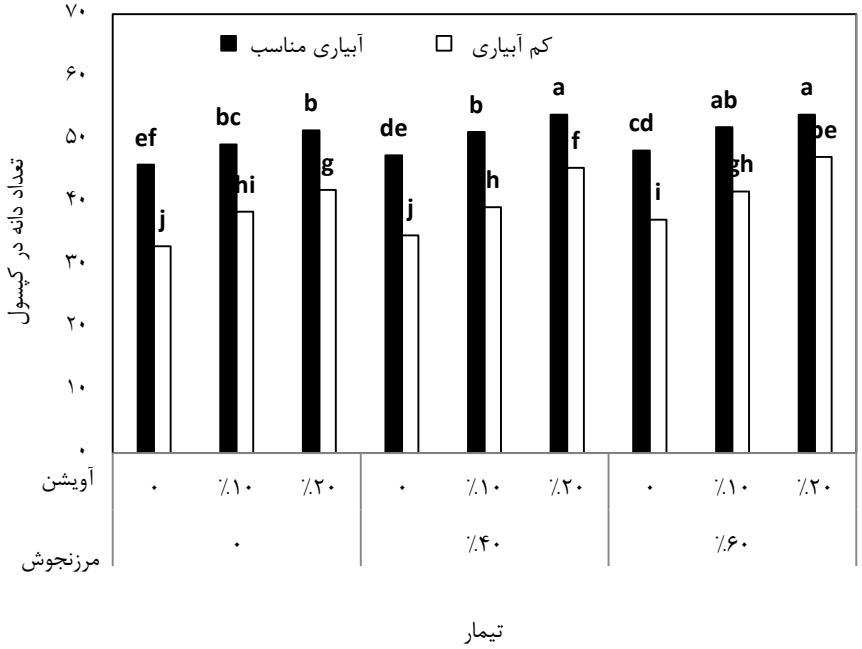
دوم در اثر محلول‌پاشی آویشن کوهی ۲۰ درصد روی گیاهان قرار گرفته در معرض تنش نه‌تنها کاهش ناشی از تنش جبران شد بلکه مقدار این صفت حتی بهتر از گیاهان شاهد در شرایط آبیاری مناسب شد (شکل ۴-۱۴).



شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین تعداد دانه در کپسول کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره آویشن کوهی.

استفاده از عصاره ۶۰ درصد مرزنجوش و ۲۰ درصد آویشن‌کوهی بیشترین تأثیر را بر تعداد دانه در کپسول در شرایط کم‌آبیاری داشت (شکل ۴-۱۵). بیشترین تعداد دانه در کپسول در شرایط آبیاری مناسب به‌ترتیب با میانگین ۵۴، ۵۲ و ۵۴ دانه در کپسول مربوط به شرایط آبیاری مناسب و استفاده از عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش توأم با۱۰ و ۲۰ درصد حجمی آویشن و عصاره ۴۰ درصد حجمی مرزنجوش همراه با ۲۰ درصد حجمی آویشن بود که در مقایسه با سایر تیمارها در گروه برتر آماری قرار گرفتند (شکل ۴-۱۵). در مجموع کاربرد توأم عصاره‌های مرزنجوش و آویشن نسبت به استفاده تنها از این عصاره‌ها اثر بیشتری بر تعداد دانه درکپسول را داشت به‌طوری که نتایج نشان داد تیمار ترکیبی عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن در شرایط آبیاری

مناسب افزایش ۱۷/۳۹ درصدی و در شرایط تنش افزایش ۴۳/۱۸ درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان داد که این افزایش نشان دهنده اثرگذاری بیشتر تیمارهای استفاده شده تحت شرایط تنش بود (شکل ۴-۱۵).

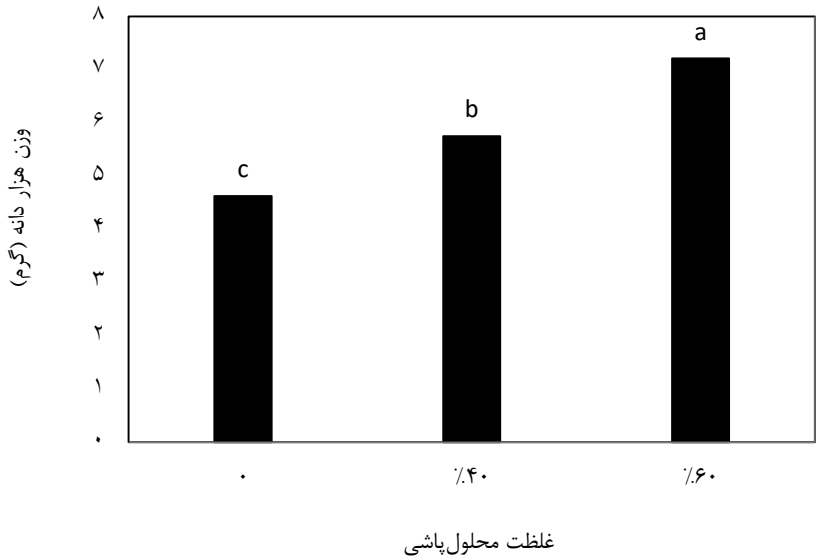


شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین تعداد دانه در کپسول کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی.

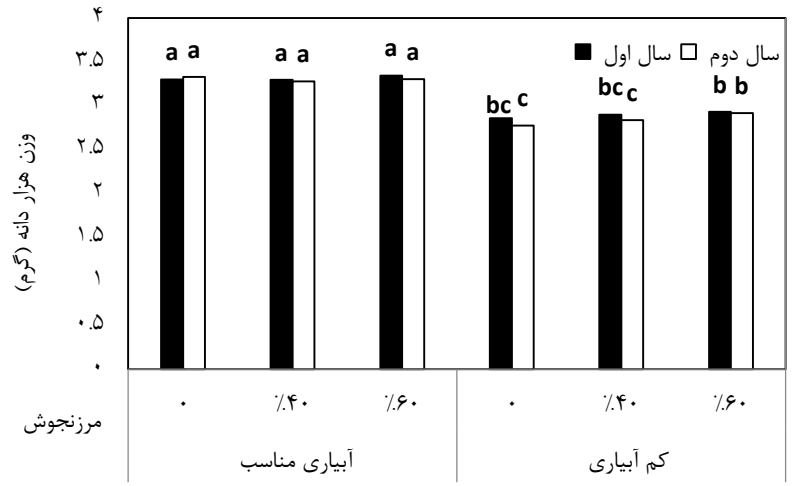
گزارشات مختلف حاکی از آن است که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری تعداد دانه را کاهش می‌دهد (میثاق و همکاران، ۱۳۹۵، سلطان شاهتاری و منصوری فر، ۲۰۱۶). وجود عوامل محدود کننده فتوسنتز از قبیل تنش کم‌آبی در طی دوره گلدهی موجب کاهش تعداد دانه در اندام زایشی می‌شود. کاربرد محلول‌های آلی در غلظت مناسب با افزایش توان آنتی‌اکسیدانی گیاه سبب بهبود شاخص‌های رشدی گیاه و در نتیجه افزایش تعداد دانه می‌شود (قاسمی و همکاران، ۲۰۱۶؛ حیات و همکاران، ۲۰۰۷).

۴-۱-۷- وزن هزار دانه

نتایج مقایسه میانگین اثر مرزنجوش روی وزن هزاردانه نشان داد که بیشترین وزن هزاردانه با میانگین ۷/۲۱ گرم مربوط به غلظت ۶۰ درصد عصاره مرزنجوش بود که نسبت به تیمار شاهد با میانگین ۴/۶۳ گرم افزایشی ۳۵/۷۸ درصدی را نشان داد (شکل ۴-۱۶). در هر دو سال آزمایش تنش کم‌آبیاری وزن هزار دانه را به طور معنی‌داری کاهش داد ولی محلول‌پاشی با عصاره مرزنجوش در سال دوم آزمایش آن‌هم با غلظت ۶۰ درصد توانست تا حدی این کاهش را جبران نماید. در سایر شرایط چه در آبیاری مناسب و چه در کم‌آبیاری، استفاده و یا افزایش مقدار مصرفی عصاره مرزنجوش اختلاف معنی‌داری در وزن هزار دانه ایجاد نکرد (شکل ۴-۱۷).



شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین وزن هزار دانه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از عصاره مرزنجوش.



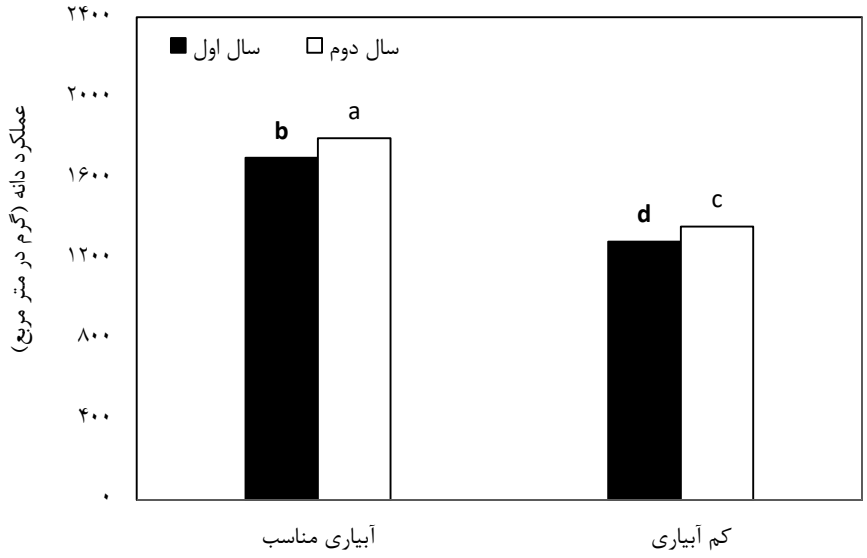
شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین وزن هزار دانه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال، رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش.

در بررسی حاضر، کاهش وزن هزار دانه در شرایط کم‌آبی را می‌توان این گونه توجیه کرد که وقوع تنش کم‌آبی به دلیل کاهش سبزینه و سطح فتوسنتز کننده و کاهش جذب آب و املاح سبب کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده گردیده است. در آغاز پرشدن دانه‌ها که اکثر دانه‌ها در مرحله پرشدن هستند، ادامه ارسال آسیمیلات کافی به همه دانه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. در این زمان، فتوسنتز برگ و انتقال مواد فتوسنتزی توسط خشکی کاهش می‌یابد. از طرفی، در غیاب فتوسنتز جاری، پرشدن دانه، متکی به آسیمیلات‌های ذخیره‌ای در گیاه است که بستگی به شرایط رویشی و میزان فتوسنتز گیاه قبل از شروع فاز زایشی دارد .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 (نیک اسفهلان و همکاران، ۲۰۱۳).

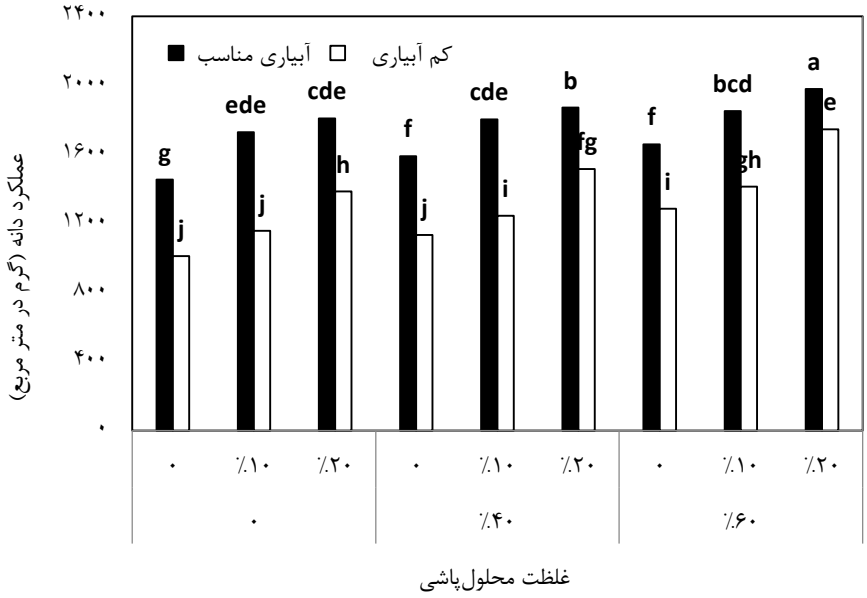
۴-۱-۸- عملکرد دانه

مقایسه میانگین برهم‌کنش سال و آبیاری روی عملکرد دانه کنجد نشان داد که کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری سبب کاهش عملکرد دانه در هر دو سال گردید و بیشترین عملکرد دانه در شرایط

آبیاری مناسب و کم‌آبیاری به‌ترتیب با میانگین ۱۷۹۷/۸ و ۱۳۵۸/۷۸ گرم در متر مربع مربوط به سال دوم بود (شکل ۴-۱۸). در ادامه نتایج نشان داد که تیمار کم‌آبیاری عملکرد دانه را در سال اول و دوم نسبت به شرایط آبیاری مناسب به‌ترتیب ۲۴/۵۵ و ۳۲/۳۱ درصد کاهش داد (شکل ۴-۱۸). محلول-پاشی همزمان عصاره ۶۰ درصد مرزنجوش و ۲۰ درصد آویشن‌کوهی بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری داشت. به‌طوری که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۱۹۷۹/۱۵ گرم در متر مربع مربوط به شرایط آبیاری مناسب و استفاده از ترکیب تیماری ذکر شده بود که رشدی معادل ۲۷/۵ درصد را نسبت به شاهد نشان داد (شکل ۴-۱۹). تنش کم‌آبیاری عملکرد گیاهان شاهد را از ۱۴۵۳/۷۹ به ۱۰۱۱/۱۴ گرم در متر مربع رساند. کاربرد تیمار ترکیبی عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن ضمن جبران اثر منفی تنش این مقدار را با ۵۸ درصد افزایش به ۱۷۴۴/۵۳ گرم در متر مربع رساند که از عملکرد ثبت شده برای گیاهان شاهد به‌طور قابل توجهی بیشتر بود و بیانگر اثرگذاری بیشتر تیمارهای استفاده شده تحت شرایط تنش بود (شکل ۴-۱۹). به‌طور کلی در هر دو شرایط تنش کم‌آبیاری و آبیاری مناسب در تمامی سطوح مرزنجوش با مصرف و افزایش دز مصرفی آویشن کوهی عملکرد دانه افزایش یافت. و این افزایش در شرایط آبیاری مناسب در سطوح ۰، ۴۰ و ۶۰ درصد حجمی و عصاره ۲۰ درصد حجمی آویشن نسبت به سطح صفر آویشن به‌ترتیب ۱۷، ۱۵ و ۱۶ درصد و در شرایط کم آبی به‌ترتیب ۲۷، ۲۵ و ۲۶ درصد بود (شکل ۴-۱۹).



شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سال و رژیم آبیاری



شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین عملکرد دانه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی.

وقوع تنش خشکی در مرحله رشد رویشی موجب کاهش فتوسنتز و در نتیجه کمبود مواد پرورده می‌شود که این امر،کاهش عملکرد دانه را موجب می‌گردد. به‌طورکلی عملکرد دانه نتیجه برآیند بین اجزای عملکرد دانه می‌باشد و کاهش اجزای عملکرد منجر به کاهش عملکرد دانه می‌گردد (حافظ و غریب، ۲۰۱۶؛ رائول و همکاران، ۲۰۱۵). گزارشات مختلف حاکی از آن است که محلول‌پاشی با ترکیبات آلی (نانوکلات آهن و اسید فولیک، کینتین) منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود (ترخورانی و همکاران، ۲۰۱۷؛ ایوبی زاده و همکاران، ۱۳۹۶). محرابی و احسان زاده (۲۰۱۱) گزارش نمودند که تنش کم‌آبی باعث کاهش عملکرد کنجد از ۱۲۱۲ به ۶۲۵ کیلوگرم در هکتار شد. در تحقیق حاضر به نظر می‌رسد کاهش اجزای عملکرد ناشی از کم‌آبی در مراحل رشد زایشی منجر به کاهش عملکرد دانه کنجد شده باشد. عصاره آویشن کوهی و مرزنجوش دارای متانول می‌باشند که به عنوان یک منبع کربن علاوه بر کاهش تنفس گیاه در شرایط تنش خشکی موجب بهبود فتوسنتز گیاه می‌گردند. و از این‌طریق سبب حفظ اندام‌های زایشی گیاه می‌شوند. عموماً نقش اصلی این مواد جلوگیری از اثرات منفی تنش‌ها روی گیاهان از طریق کاهش تنفس نوری است (میرخورانی و همکاران، ۱۳۹۰). تنفس نوری با محلول‌پاشی متانول کاهش می‌یابد، و به این ترتیب ۲۵٪ از هدررفت کربن در طول تنفس نوری نیز کاهش می‌یابد (صفرزاده و همکاران، ۲۰۰۵)، زیرا متانول پس از جذب‌شدن توسط گیاه به سرعت در بافت گیاه به CO_2 تبدیل می‌شود (میرآخوری و همکاران، ۲۰۰۹). مشابه با نتایج این مطالعه گزارش شده است که محلول‌پاشی متانول عملکرد سویا را با افزایش ظرفیت فتوسنتزی در مرحله‌ی زایشی گیاه افزایش داده است که ناشی از افزایش در مقدار CO_2 بوده است (میرخورانی و همکاران، ۱۳۹۰)، همچنین 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).

۴-۲- رنگیزه‌های فتوسنتزی، فلاونوئیدها و کارتنوئیدها

نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری، مرزنجوش و آویشن کوهی در سال دوم آزمایش بر کلروفیل a، کلروفیل b، فلاونوئید و کاروتنوئید نشان داد که اثر ساده آبیاری و مرزنجوش و آویشن کوهی، اثر برهم‌کنش مرزنجوش و آویشن و اثر برهم‌کنش سه گانه بر صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴-۲). اثر برهم‌کنش آبیاری و مرزنجوش بر صفات اندازه‌گیری شده به جز فلاونوئید در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود ولی بر فلاونوئید معنی‌دار نبود. اثر برهم‌کنش آبیاری و آویشن کوهی نیز فقط بر کلروفیل a و b در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و بر فلاونوئید و کاروتنوئید اثری نداشت. (جدول ۴-۲).

جدول ۴-۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر برخی رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه کنجد.

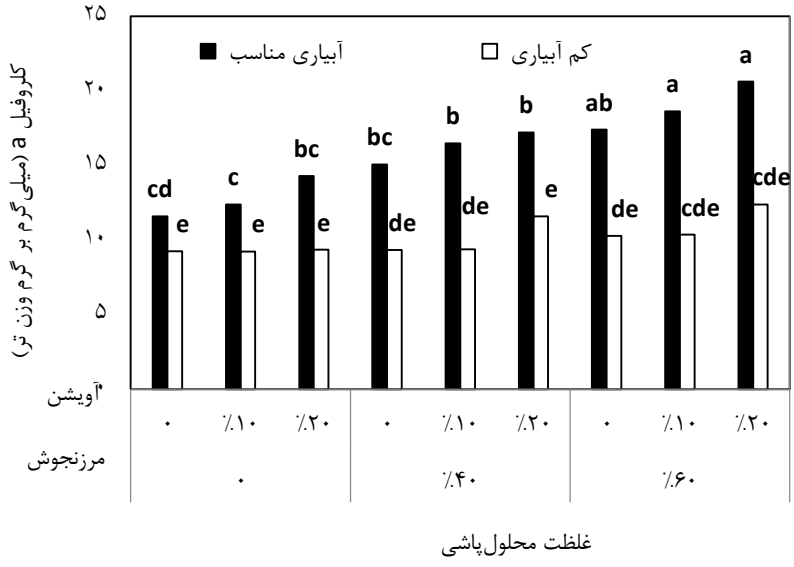
منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	فلاونوئید	کاروتنوئید
تکرار	**۲**	**۰/۰۱^{ns}**	**۰/۰۳^{ns}**	**۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱^{ns}**	**۰/۰۳^{ns}**
آبیاری (a)	۱	۴۹۲/۰۷**	۵۴۹/۹۹**	۰/۰۰۰۰۱**	۴۵۲/۴۷**
خطای ۱	۲	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۹
مرزنجوش (b)	۲	۶۴/۳۸**	۷۰/۱۷**	۰/۰۰۰۰۰۱**	۲۷/۵۸**
a×b	۲	۲۵/۴۸**	۲۶/۹۱**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۲^{ns}	۱۰/۱۷**
آویشن‌کوهی (c)	۲	۱۴/۶۴**	۶/۳۱**	۰/۰۰۰۰۰۰۵**	۶/۹۳**
a×c	۲	۳/۸**	۶/۳۶**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳^{ns}	۰/۶۵^{ns}
b×c	۴	۰/۳۱**	۲/۰۲**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۷**	۱/۳۲**
a×b×c	۴	۰/۵۲**	۰/۳۲**	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳**	۱/۰۷**
خطای ۲	**۳۲**	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	۰/۲۱
ضریب تغییرات (٪)	-	۲/۲۷	۲/۶۱	۴/۷۴	۳/۷۱

*، ** و ns به‌ترتیب نشان داده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری می باشد.

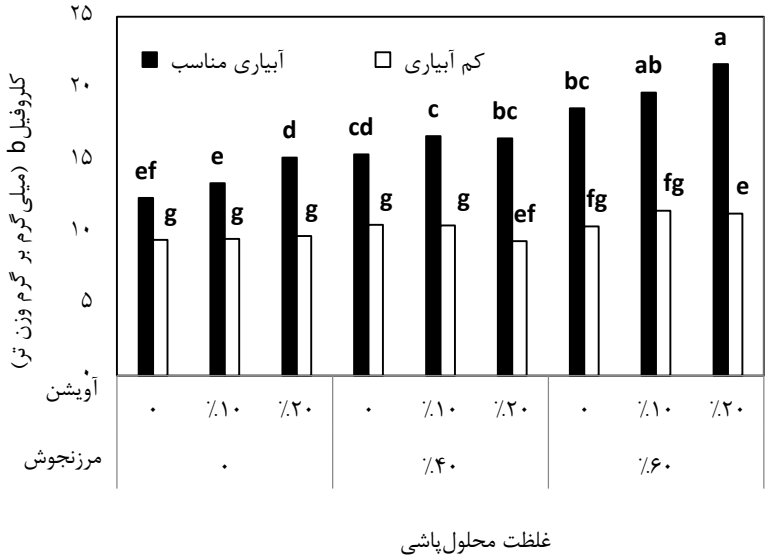
۴-۲-۱- کلروفیل a و b

نتایج مقایسه میانگین اثر رژیم آبیاری و عصاره مرزنجوش و آویشن بر تغییرات کلروفیل a و b نشان داد که هر دو نوع کلروفیل تحت تأثیر تنش و عصاره گیاهی قرار گرفتند، به‌طوری که با اعمال

تنش میزان هر دو کلروفیل کاهش یافت و استفاده از دزهای مختلف عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی نتوانست کاهش رخ داده را جبران نماید (شکل ۴-۲۰ و ۴-۲۱). تحت شرایط عدم تنش بیشترین مقدار ثبت شده برای کلروفیل a معادل ۲۱/۷ (شکل ۴-۲۰) و برای کلروفیل b معادل ۲۰/۶۱ میلی-گرم بر گرم وزن تر (شکل ۴-۲۱) مربوط به ترکیب تیماری ۶۰ درصد حجمی مصرف مرزنجوش و ۲۰ درصدی آویشن بود که برای کلروفیل a با تیمارهای ۶۰ درصد حجمی مصرف مرزنجوش تؤأم با غلظت‌های ۰ و ۱۰ درصدی آویشن و برای کلروفیل b با ترکیب تیماری ۶۰ درصد حجمی مصرف مرزنجوش و ۱۰ درصدی آویشن اختلاف معنی‌داری نداشت. در شرایط تنش اثر عصاره‌های استفاده شده بر میزان کلروفیل a معنی‌دار نبود و بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. افزایش مشاهده شده در میزان کلروفیل a در شرایط آبیاری مناسب در ترکیب تیماری ۶۰ درصد حجمی مصرف مرزنجوش و ۲۰ درصدی آویشن نسبت به تیمار شاهد حدود ۴۴ درصد و برای کلروفیل b حدود ۴۳ درصد را بود (شکل‌های ۴-۲۰ و ۴-۲۱). در شرایط کم‌آبی برای کلروفیل a و b به‌ترتیب افزایشی ۲۵ و ۱۶ درصدی را نشان داد.



شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین کلروفیل a تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی.



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین کلروفیل b تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی.

اثرات تنش خشکی بر میزان کلروفیل در گیاهان زراعی مختلفی از قبیل آویشن (محمدی و همکاران، ۲۰۱۹)، لوبیا (فلکساز و مدارانو، ۲۰۰۸) و نخود (منصوری فر و همکاران، ۱۳۹۱) مورد مطالعه قرار گرفته است و بیان شده است که با افزایش شدت تنش میزان کلروفیل به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد کاهش در محتوی کلروفیل‌ها می‌تواند به دلیل افزایش کاتابولیسم کلروفیل‌ها و تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی باشد که این فرآیند نیز خود نتیجه‌ی فراهم نبودن عوامل لازم جهت سنتز کلروفیل و تخریب ساختمان آن در شرایط تنس می‌باشد (درویژه و همکاران، ۲۰۱۹؛ بهشتی و تدین، ۱۳۹۶). محققین دیگر نیز کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی را به افزایش رادیکال‌های آزاد نسبت می‌دهند که باعث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه کلروفیل می‌شود (دامالاس، ۲۰۱۹؛ فلکساز و مدرانو، ۲۰۰۸). همچنین کاهش جذب منیزیم و احتمالا آهن در شرایط تنش خشکی می‌تواند باعث کاهش میزان سنتز کلروفیل شود (کلنس و اونسل، ۲۰۰۴). منصوری‌فر و همکاران و همکاران (۲۰۱۲) کاهش قابل توجه در کلروفیل و کاروتنوئیدها و کل رنگدانه‌ها تحت شرایط تنش خشکی را عمدتاً به دلیل آسیب به کلروپلاست توسط گونه‌های اکسیژن فعال دانستند.

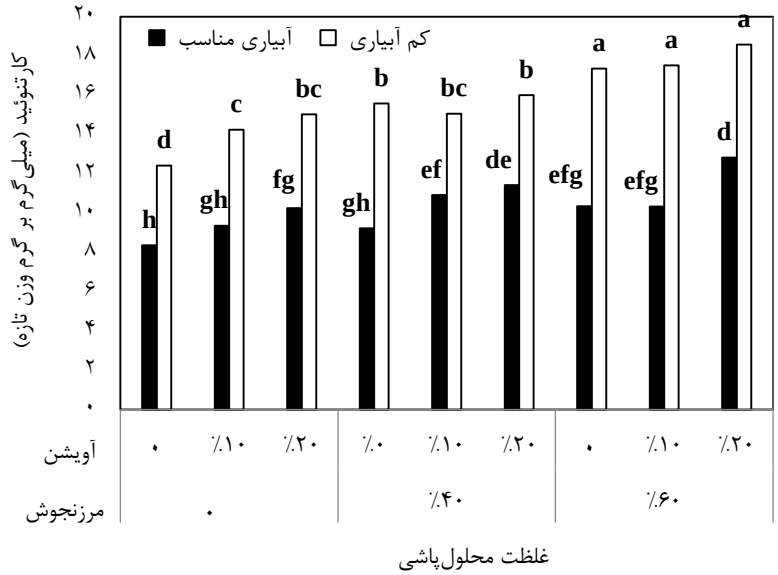
محتوای کلروفیل بالا حداکثر تولید انرژی شیمیایی و متابولیسم را در گیاه القا می‌کند و از این طریق سبب بهبود رشد گیاه می‌گردد (محمدی و همکاران، ۲۰۱۹؛ آیومی و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین بهبود رشد گیاه در گیاهان محلول پاشی شده را می‌توان به افزایش محتوی کلروفیل نسبت داد.

عصاره‌های گیاهی استفاده شده از طریق افزایش توان آنتی‌اکسیدان‌های سلولی و سنتز پروتئین‌های جدید از دستگاه فتوسنتزی حمایت می‌کند. همچنین به دلیل داشتن خاصیت آنتی اکسیدانی سبب جاروب کردن رادیکال‌های اکسیژن تولید شده توسط تنش می‌شود و در نتیجه میزان کلروفیل در گیاه را افزایش می‌دهد (امیری و همکاران، ۱۳۹۵). تعدادی از محققین نشان دادند که محلول‌پاشی برگی با استفاده از ترکیبات آلی مختلف از طریق افزایش قدرت کلات‌کنندگی و جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌تواند سبب افزایش در محتوی کلروفیل گردد (تدین و بهشتی، ۱۳۹۶؛ نادری و همکاران، ۲۰۰۲).

۴-۲-۲- کاروتنوئید

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کاهش در مصرف آب به‌طور معنی‌داری سبب افزایش میزان کارتنوئید شد و همچنین استفاده از عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش در میزان کاروتنوئید شد مقدار این افزایش در برگ گیاهان تیمار نشده ۲۸/۶ درصد و در گیاهان تیمار شده با ترکیب مرزنجوش ۶۰ درصد و آویشن ۲۰ درصد ۳۰/۹۵ درصد بود (شکل ۴-۲۲). میزان کارتنوئید در ترکیب تیماری ذکر شده در شرایط کم‌آبیاری ۱۸/۵۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود که ولی با ترکیبات تیماری ۶۰ درصد حجمی مصرف مرزنجوش همراه با ۰ و ۱۰ درصدی آویشن اختلاف معنی‌داری نداشت در سطح مرزنجوش ۴۰ درصد در شرایط کم‌آبیاری نیز اختلافی بین سطوح آویشن وجود نداشت ولی استفاده از هر دو غلظت آویشن کوهی در عدم حضور مرزنجوش تقریبا به

یک اندازه میزان کاروتنوئید را بهبود بخشید (شکل ۴-۲۲). در شرایط آبیاری مناسب نیز مقادیر بالایی از کارتنوئید با میانگین ۱۲/۸۳ میلی گرم بر گرم وزن تر در اثر محلول‌پاشی عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش توأم با ۲۰ درصد حجمی آویشن مشاهده شد بود که نسبت به تیمار شاهد افزایشی ۳۵ درصدی را نشان داد ولی با تیمار ۴۰ درصد حجمی مصرف مرزنجوش ۲۰ درصدی آویشن با میانگین ۱۱/۴۳ میلی گرم بر گرم وزن تر اختلاف معنی‌داری نداشت برخلاف شرایط تنش، در شرایط عدم تنش اختلاف معنی‌داری بین سطوح آویشن در هر سه سطح مرزنجوش وجود داشت و همواره بالاترین غلظت آویشن نسبت به عدم مصرف آن برتری داشت (شکل ۴-۲۲).



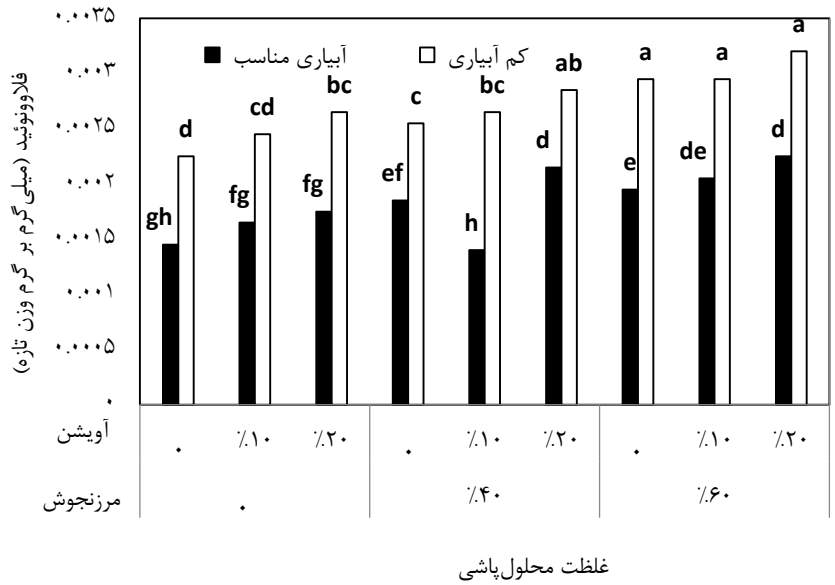
شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین میزان کاروتنوئید تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی.

افزایش مقدارکاروتنوئیدها با افزایش شدت تنش بیان کننده نقش حفاظتی آن‌ها در شرایط خشکی می‌باشد که با پیشرفت تنش به دلایلی از جمله پیری تسریع شده و تخریب آن‌ها توسط عوامل مخرب (از جمله گونه‌های فعال اکسیژن) از سرعت افزایش آن‌ها کاسته می‌شود (محمدی و همکاران، ۲۰۱۹). یکی از صدمات اکسیداتیو مهمی که در شرایط تنش ایجاد می‌شود، تخریب مولکول کلروفیل است که به دنبال این تخریب، گیاه رنگی به نظر می‌رسد و احتمالاً دلیل آن افزایش و قابل رؤیت

شدن رنگیزه‌های محافظ مانند کاروتنوئیدها و آنتوسیانین می‌باشد (نیو و همکاران، ۲۰۱۸؛ فویر و همکاران، ۱۹۸۸). کاروتنوئیدها در این شرایط قادرند انرژی زیاد طول موج‌های کوتاه را گرفته و اکسیژن یک‌تایی را به سه‌تایی تبدیل کنند و با مهار گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده، نقش آنتی-اکسیدانی خود را ایفا کنند (اینز و مونتاگو، ۲۰۰۰). بی تردید گونه‌ی گیاهی که بتواند کاروتنوئید بیشتری داشته باشد در مقابله با تنش اکسیداتیو ناشی از تنش کمبود آب دفاع موفق‌تری خواهد داشت (فویر و همکاران، ۱۹۸۸).

۴-۲-۳- فلاونوئید

تنش کم‌آبیاری و استفاده از تیمار عصاره‌های گیاهی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش میزان فلاونوئید کنجد شد. بیشترین مقادیر در برگ گیاهانی مشاهده شده که آب کمتری دریافت کردند و توسط عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و در هر سه سطح آویشن و عصاره ۴۰ درصد حجمی مرزنجوش همراه با ۲۰ درصد حجمی آویشن محلول‌پاشی شده بودند (شکل ۴-۲۳). تحت شرایط آبیاری مناسب نیز چهار ترکیب تیماری یاد شده به علاوه محلول‌پاشی با غلظت ۴۰ درصد مرزنجوش بدون حضور آویشن این صفت را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند. میزان فلاونوئید در ترکیب تیماری۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن با میانگین(۰/۰۰۲ میلی گرم بر گرم وزن‌تر) بود که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۳۶ درصدی را نشان داد ولی با تیمار ۶۰ درصد حجمی مصرف مرزنجوش و ۱۰ درصدی آویشن و عصاره ۴۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۴-۲۳).



شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین فلاونوئید برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی.

تحقیقات مختلف حاکی از آن است که تنش سبب افزایش میزان فلاونوئید می‌شود (عابدینی و همکاران، ۱۳۹۴؛ تدین و بهشتی، ۱۳۹۶؛ لاتا و همکاران، ۲۰۰۷) که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد دارد. گونه‌های گیاهی مقاوم معمولاً ظرفیت حفاظتی کارآمدتری در مقابل تنش اکسیداتیو القا شده توسط تنش کم‌آبی دارند که می‌توانند از طریق بالا بردن میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان افزایش پیدا کند (حسینی بولداجی و همکاران، ۲۰۱۲). از جمله سازوکارهای آنتی‌اکسیدانی گیاهان تحت تنش خشکی، سطوح ترکیبات فنلی است، چرا که این‌گونه ترکیبات به‌عنوان پالاینده‌های گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن عمل می‌کنند و در نتیجه سبب ثبات غشاهای سلولی و مانع از پراکسیداسیون لیپیدها می‌شوند (چانگ و همکاران، ۲۰۰۲). فلاونوئیدهای موجود در برگ به‌عنوان گیرنده رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند و گیاهان را در برابر تنش‌های اکسیداتیو محافظت می‌کنند. همچنین، فلاونوئیدها به‌دلیل داشتن نقش آنتی‌اکسیدانی، به‌طور مستقیم با وارد شدن در واکنش‌های احیایی و یا به‌طور غیرمستقیم به‌وسیله کلات کردن آهن، مانع تنش اکسیداتیو می‌شوند (آواستی و همکاران، ۲۰۱۷؛ وینکل شیرلی، ۲۰۰۲). از آنجایی‌که عصاره آویشن و مرزنجوش دارای خاصیت ضد

اکسیدانی و دارای ترکیبات فنلی و متانولی می‌باشند از تخریب غشاهای سلولی و پراکسیداسیون لیپیدها جلوگیری می‌کنند و از این طریق سبب افزایش میزان فلاونوئید می‌شوند. گزارش شده است که ترکیبات متانولی به‌طور معنی‌داری سبب تحمل گیاه در برابر تنش خشکی در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود (مخدوم و همکاران، ۲۰۰۹). بهشتی و تدین (۲۰۱۷) گزارش کردند که محلول‌پاشی گیاه لوبیا با استفاده از ترکیبات آلی سبب افزایش در میزان فلاونوئید تحت شرایط تنش کم‌آبی شد.

۴-۳- آنزیم‌های آنتی اکسیدان

جدول تجزیه واریانس اثر آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی (جدول ۴-۳) بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نشان داد که اثر ساده آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی و برهم‌کنش دو جانبه و سه جانبه آن‌ها بر فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پرواکسیداز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود.

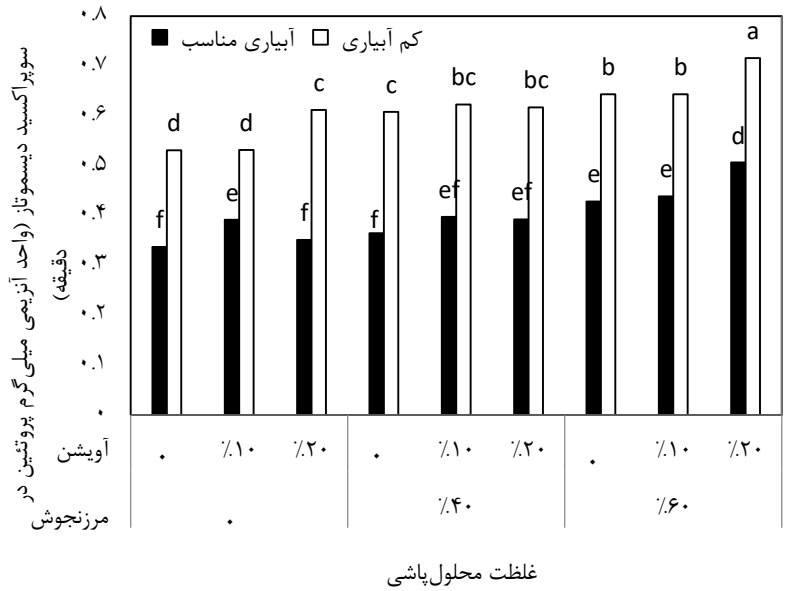
جدول ۴-۳- جدول تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کنجد.

منابع تغییرات	درجه آزادی	سوپراکسیددیسموتاز	کاتالاز	آسکوربات پرواکسیداز
تکرار	۲	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۰۲**	۰/۰۰۳**
آبیاری (a)	۱	۰/۶۱**	۰/۰۵**	۰/۴۲**
خطای ۱	۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
مرزنجوش (b)	۲	۰/۰۵**	۰/۰۰۱**	۰/۰۷**
آویشن‌کوهی (c)	۲	۰/۰۱**	۰/۰۰۶**	۰/۰۲**
a×b	۲	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۴**
a×c	۲	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۴**
b×c	۴	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱**
a×b×c	۴	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰۷**	۰/۰۰۲**
خطای ۲	۳۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲/۵۱	۱۲/۴۹	۲/۴۹

*و ** به‌ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری می باشد.

۴-۳-۱- آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

نتایج نشان داد که تنش کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را افزایش داد. تحت هر دو شرایط عدم‌تنش و تنش بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به ترتیب با میانگین ۰/۵۱ و ۰/۷۲ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه مربوط به استفاده از عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن بود. افزایش مشاهده شده در ترکیب تیماری یاد شده نسبت به گیاهانی که محلول‌پاشی نشده بودند ۱۲/۸۹ درصد و در شرایط کم‌آبی ۳۲ درصد بود که نشان دهنده اثر بیشتر عصاره‌های استفاده شده در شرایط تنش بود (شکل ۴-۲۴).



شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم سوپراکسیداز دیسموتاز در برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی.

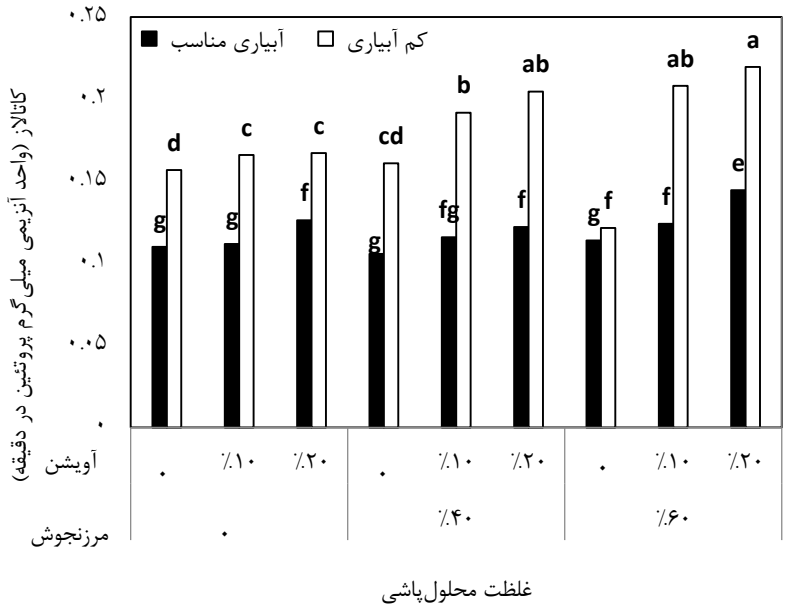
تنش خشکی از طریق افزایش گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) سبب تخریب غشای سلول، سیستم فتوسنتزی و اکسیداسیون بسیاری از ترکیبات حیاتی گیاهان می‌شود (رهبریان و همکاران، ۲۰۱۲؛ بورسلیو و همکاران، ۲۰۱۶). اولین سد دفاعی در مقابله با افزایش ROS در سلول‌های گیاهان

را آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیرسوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز تشکیل می‌دهند، بنابراین افزایش فعالیت این آنزیم‌ها در جهت کاهش اثر منفی گونه‌های فعال اکسیژن تحت تنش کم‌آبی منطقی است (نیو و همکاران، ۲۰۱۸؛ گونز و همکاران، ۲۰۰۶؛ حسین زاده و همکاران، ۲۰۱۶). در مطالعات تحمل به تنش کم‌آبی، گزارش شده است که افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و اکسیداز سبب افزایش پتانسیل دفاعی گیاه در مقابله با کمبود آب می‌شود و میزان تحمل آن را به تنش خشکی بهبود می‌بخشد (رهبریان و همکاران، ۲۰۱۲؛ بورسلیو و همکاران، ۲۰۱۶؛ آریانو وهمکاران، ۲۰۰۵). افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان طریق القای سیستم دفاعی موجب بیوسنتز و انباشته شدن متابولیت‌های ثانویه می‌شوند (محمدی و همکاران، ۲۰۱۹؛ امیری و همکاران، ۱۳۹۵).

۴-۳-۲- آنزیم کاتالاز

کم‌آبیاری به طور قابل توجهی فعالیت آنزیم کاتالاز را افزایش داد. این افزایش در سطوح مختلف مرزنجوش و آویشن کوهی نسبت به گیاهان شاهد بین ۲۸ تا ۳۰ درصد متغیر بود (شکل ۴-۲۵). فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط کم‌آبیاری و تیمار ۶۰ درصد عصاره مرزنجوش و ۲۰ درصد عصاره آویشن کوهی معادل ۰/۲۲ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه بود که نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی در همین شرایط آبیاری ۳۶/۳۶ درصد افزایش را نشان داد که البته از نظر آماری با ترکیب تیماری ۶۰ درصد عصاره مرزنجوش توأم با ۱۰ درصد عصاره آویشن کوهی و ۴۰ درصد عصاره مرزنجوش همراه با۲۰ درصد عصاره آویشن کوهی اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۴-۲۵). در شرایط آبیاری مناسب نیز تیمارها کم و بیش تأثیرگذار بودند به‌طوری که استفاده از غلظت بالای آویشن کوهی (۲۰ درصد) در هر سه سطح مرزنجوش فعالیت آنزیم کاتالاز را افزایش داد. البته در بالاترین غلظت مرزنجوش (۶۰ درصد)، آویشن ۱۰ درصد نیز تأثیرگذار بود. فعالیت آنزیم کاتالاز در

شرایط آبیاری مناسب و تیمار ۶۰ درصد عصاره مرزنجوش و ۲۰ درصد عصاره آویشن کوهی ۰/۱۴ میلی گرم پروتئین در دقیقه بود که نسبت به تیمار شاهد ۱۱/۲۴ درصد بیشتر بود.

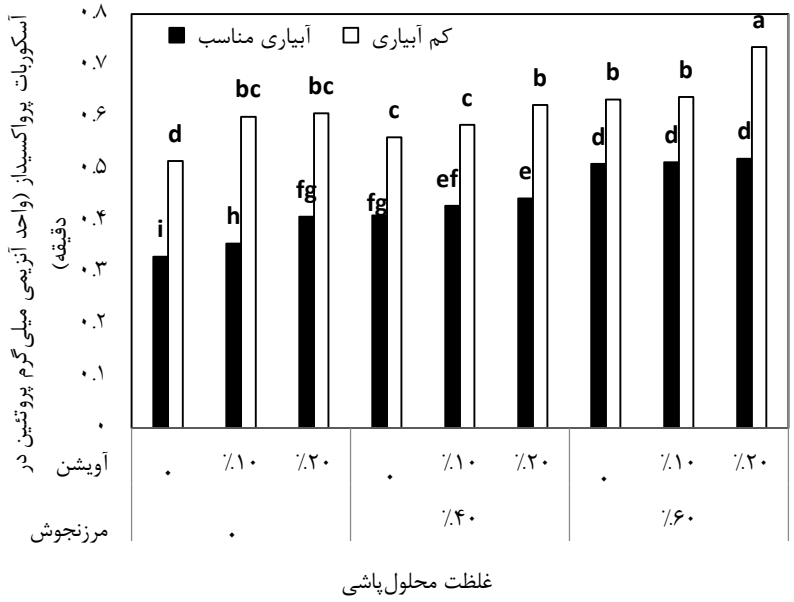


شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم کاتالاز در برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی.

۴-۳-۳- آنزیم آسکوربات پراکسیداز

نتایج نشان داد که کم‌آبیاری و استفاده از عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی به‌طور معنی‌داری بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز اثرگذار بودند. کم شدن دسترسی گیاه به آب سبب شد که فعالیت این آنزیم ۳۵/۸۵ درصد در گیاهان شاهد و ۲۹/۲۸ درصد در ترکیب تیماری ۶۰ درصد مرزنجوش و ۲۰ درصد آویشن افزایش یابد. در سایر ترکیبات تیماری نیز افزایش قابل توجهی مشاهده گردید. کمترین فعالیت آنزیم با میانگین ۰/۳۳ مربوط به گیاهان شاهد و بیشترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز با میانگین ۰/۷۴ واحد آنزیمی برمیلی‌گرم پروتئین در دقیقه مربوط به شرایط کم‌آبیاری و استفاده از عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن بود. در شرایط آبیاری مناسب نیز بیشترین فعالیت در سطح ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش مشاهده شد ولی اختلاف

معنی‌داری بین سطوح آویشن وجود نداشت این در حالی است که در دو سطح دیگر مرزنجوش، غلظت ۲۰ درصد آویشن اثر بیشتری داشت (شکل ۴-۲۶). به‌طورکلی فعالیت آنزیم آسکوربات پرواکسیداز در شرایط آبیاری مناسب و تیمار ۶۰ درصد عصاره مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی عصاره آویشن کوهی نسبت به تیمار شاهد ۱۲/۶۵ درصد افزایش داشت ولی در شرایط کم‌آبی ۳۶/۳۵ درصد افزایش داشت که نشان دهنده اثر بیشتر عصاره‌های استفاده شده در شرایط تنش بود (شکل ۴-۲۶).



شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی.

۴-۴- روغن و پروتئین دانه

تجزیه واریانس اثر آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی بر میزان روغن و پروتئین دانه نشان داد که اثر ساده آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی و برهم‌کنش آبیاری و آویشن کوهی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر برهم‌کنش عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان روغن دانه معنی‌دار بودند. در حالی که درصد پروتئین دانه فقط از اثر آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر پذیرفت و اثر سایر تیمارها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۴-۴).

جدول ۴-۴- جدول تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر درصد روغن و پروتئین دانه کنجد.

منابع تغییرات	درجه آزادی	روغن	پروتئین
تکرار	۲	۲۴/۲۸**	۱۰/۷۳**
آبیاری (a)	۱	۱۵۱۳/۲۱**	۲۱/۹۳**
خطای ۱	۲	۰/۰۲	۰/۰۰۱
مرزنجوش (b)	۲	۲۳/۲۴**	۰/۹۹^{ns}
آویشن‌کوهی (c)	۲	۱۷۲/۰۹**	۰/۹۶^{ns}
a×b	۲	۱/۶۷^{ns}	۰/۲۴^{ns}
a×c	۲	۸۷/۴۴**	۰/۵^{ns}
b×c	۴	۴/۶*	۰/۱۷^{ns}
a×b×c	۴	۲/۵۷^{ns}	۰/۱^{ns}
خطای ۲	۳۲	۰/۱۱	۰/۶۱
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۳/۱	۸/۵۵

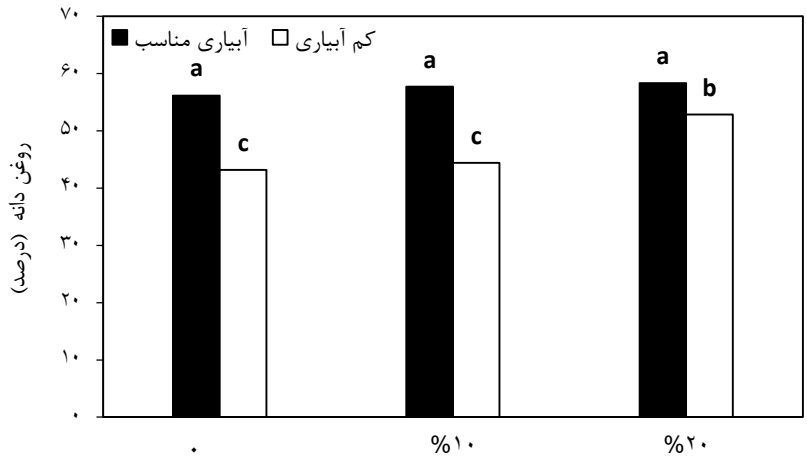
*،** و ^{ns} به‌ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری می باشد.

۴-۴-۱- روغن دانه

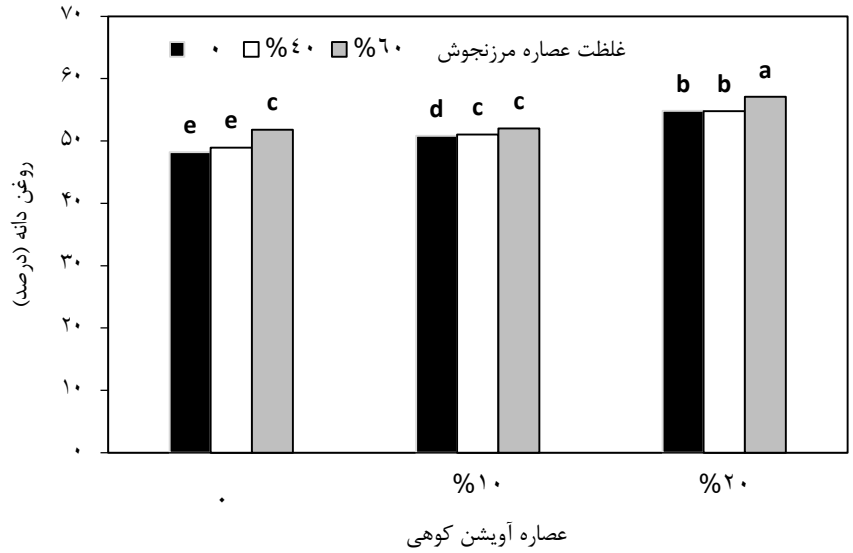
تنش کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری سبب کاهش در میزان روغن کنجد شد و استفاده از عصاره آویشن کوهی با غلظت ۲۰ درصد با افزایش معنی‌دار در میزان روغن دانه تا حدی این کاهش را جبران نمود (شکل ۴-۲۷). نتایج نشان داد که با افزایش دز مصرفی عصاره آویشن کوهی از صفر به ۲۰ درصد در شرایط آبیاری مناسب درصد روغن از ۵۶/۱۵ درصد به ۵۸/۳۲ درصد و در شرایط تنش درصد روغن از ۴۳/۱۸ درصد به ۵۲/۸۲ درصد تغییر یافت. البته در شرایط آبیاری مناسب بین سطوح مختلف عصاره آویشن کوهی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴-۲۷).

درمقایسه میانگین اثر ترکیبات تیماری حاصل از عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی مشاهده گردید که بیشترین درصد روغن دانه با میانگین ۵۷/۰۹ درصد به کاربرد ترکیبی ۶۰ درصد عصاره مرزنجوش و ۲۰ درصد عصاره آویشن کوهی تعلق داشت در ادامه نتایج نشان داد که در سطوح صفر و

۲۰ درصد آویشن بین سطوح صفر و ۴۰ درصد مرزنجوش و در سطح ۱۰ درصد آویشن بین سطوح ۴۰ و ۶۰ درصد مرزنجوش اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴-۲۸).



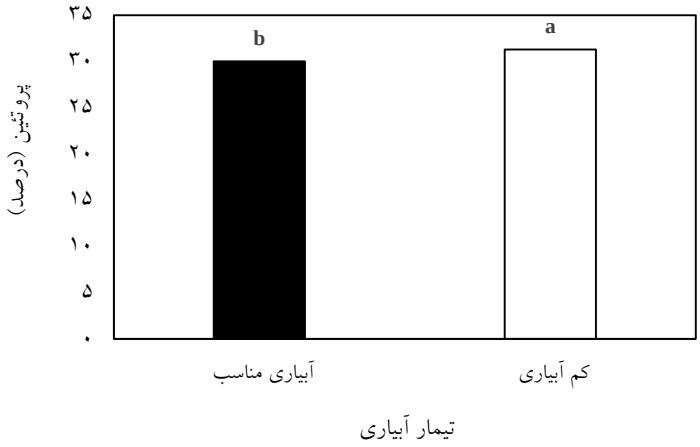
شکل ۴-۲۷- مقایسه میانگین درصد روغن دانه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم آبیاری و محلول‌پاشی عصاره آویشن‌کوهی.



شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین درصد روغن دانه کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن‌کوهی.

۴-۴-۲- پروتئین دانه

نتایج مقایسه میانگین اثر تیمار آبیاری بر میزان پروتئین دانه نشان داد که تیمار کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری سبب افزایش در میزان پروتئین دانه کنجد شد. میزان پروتئین در شرایط آبیاری مناسب ۳۰/۰۱ و در شرایط کم‌آبیاری ۳۱/۲۹ درصد بود (شکل ۴-۲۹).



شکل ۴-۲۹- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه کنجد تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری.

مشابه با نتایج این پژوهش در اثر اعمال تنش کم‌آبی کاهش محسوسی در درصد روغن دانه‌ی کلزا مشاهده شده است (دانشمند و همکاران، ۱۳۸۸). دانه محل تجمع روغن است و هر تیماری که سبب افزایش پروتئین در دانه گردد، درصد روغن را کاهش می‌دهد. بنابراین از آنجایی که در شرایط تنش میزان پروتئین دانه افزایش می‌یابد، در نتیجه درصد روغن کاهش می‌یابد (قاسمی و همکاران، ۲۰۱۶؛ امیری و همکاران، ۱۳۹۶). تنش کم‌آبی درصد روغن را کاهش و پروتئین را افزایش می‌دهد چراکه بر اثر تنش کم‌آبی، مقدار فتوسنتز خالص به‌دلیل کاهش ورود دی‌اکسیدکربن به‌واسطه بسته شدن روزنه‌ها و تأثیر مستقیم خشکی بر سیستم فتوسنتزی کاهش می‌یابد و رسیدگی گیاه تسریع می‌گردد، لذا فرصت کافی جهت سنتز روغن و قندهای ذخیره شده دانه وجود نخواهد داشت بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده به‌نظر می‌رسد که مصرف محلول‌های عصاره آویشن و مرزنجوش ممکن

است با اثرگذاری بر میزان فتوسنتز و افزایش آن و کاهش تنفس و همچنین کاهش پیری زودرس درصد روغن را افزایش دهد.

تأثیر محلول‌پاشی با ترکیبات آلی بر میزان روغن و پروتئین بسته به گونه گیاهی، شدت تنش و غلظت ماده آلی استفاده شده و اندام گیاهی متفاوت می‌باشد، به‌طوری که در برخی تحقیقات افزایش و یا کاهش میزان پروتئین گزارش شده است (ساین گیل و توتجا، ۲۰۱۰). در تحقیق حاضر استفاده از عصاره گیاهی در شرایط تنش بر میزان پروتئین تأثیر معنی‌داری نداشت که احتمالاً به دلیل شدت تنش و غلظت تیمار استفاده شده باشد.

۴-۵- پتاسیم و کلسیم برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده آبیاری ، مرزنجوش و آویشن کوهی و اثر متقابل دو گانه و سه گانه آن‌ها بر میزان کلسیم و پتاسیم برگ کنجد در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴-۵).

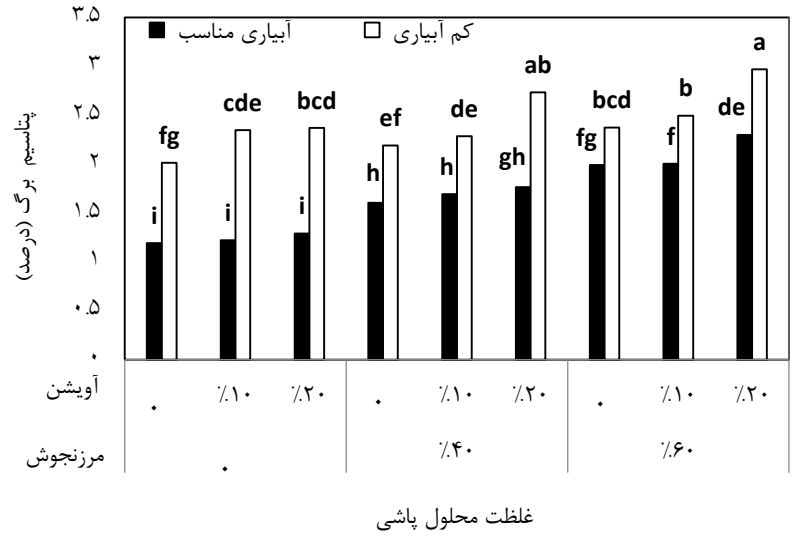
جدول ۴-۵- جدول تجزیه واریانس اثر آبیاری، عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر کلسیم و پتاسیم کنجد.

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلسیم	پتاسیم
تکرار	۲	۲۴/۲۸**	۱۰/۷۳**
آبیاری (a)	۱	۰/۰۷**	۰/۰۵**
خطای ۱	۲	۰/۰۱	۰/۰۰۰۲
مرزنجوش (b)	۲	۰/۰۶**	۰/۰۳**
آویشن‌کوهی (c)	۲	۰/۰۹**	۰/۰۳**
a×b	۲	۰/۰۷**	۰/۰۳**
a×c	۲	۰/۰۸**	۰/۰۶**
b×c	۴	۰/۱۱**	۰/۰۲**
a×b×c	۴	۰/۱۲**	۰/۰۲**
خطای ۲	۳۲	۰/۰۲	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۲/۰۳	۱۴/۷۶

*،** و ^{ns} به‌ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری می باشد.

۴-۵-۱- پتاسیم

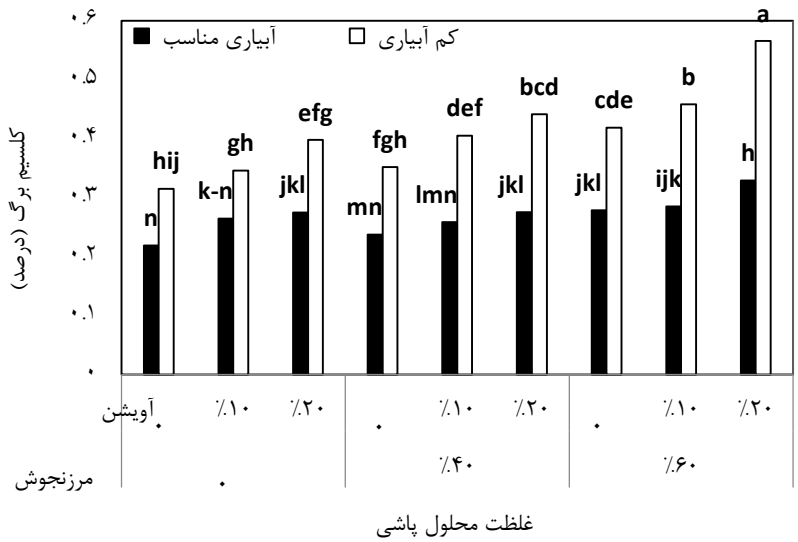
مقدار پتاسیم در برگ گیاهانی که آب کمتری دریافت کرده بودند به‌طور معنی‌داری بیشتر بود(شکل ۴-۳۰). تحت هر دو شرایط عدم‌تنش و تنش بالاترین مقادیر پتاسیم برگ با میانگین ۳/۲ و ۲/۹۷ درصد مربوط به استفاده از عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن بود ولی در شرایط تنش با تیمار عصاره ۴۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴-۳۰). به‌طور کلی اثر گذاری محلول‌پاشی با عصاره مرزنجوش بر پتاسیم برگ در شرایط فراوانی آب بیشتر بود چرا که هر دو غلظت ۴۰ و ۶۰ درصد مرزنجوش افزایش معنی-داری در این صفت ایجاد نمودند ولی در شرایط کم‌آبیاری غلظت بالای مرزنجوش(۶۰ درصد) اثر بیشتری داشت.در برخی از سطوح مرزنجوش غلظت بالای آویشن کوهی مفید بود. در شرایط آبیاری مناسب و در سطوح صفر، ۴۰ و ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش درصد پتاسیم برگ در گیاهانی که آویشن ۲۰ درصد را دریافت کرده بودند به‌ترتیب معادل ۱/۲۹، ۱/۷۷ و ۲/۳ درصد و درشرایط کم-آبیاری به‌ترتیب معادل ۲/۳۷، ۲/۷۳ و ۲/۹۷ درصد بود که در شرایط آبیاری مناسب در سطوح صفر و ۴۰ درصد مرزنجوش بین سطوح مختلف عصاره آویشن اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و در شرایط کم‌آبیاری در سطح صفر مرزنجوش بین سطوح ۲۰ و ۱۰ درصد آویشن اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.



شکل ۴-۳۰- مقایسه میانگین میزان پتاسیم برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم‌های آبیاری، محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی.

۴-۵-۲- کلسیم

نتایج نشان داد که کم آبی و استفاده از عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی بر درصد کلسیم برگ اثرگذار بود. تحت هر دو شرایط عدم‌تنش و تنش بیشترین میزان کلسیم با میانگین ۰/۳۳ و ۰/۵۷ درصد مربوط به استفاده توأم از عصاره ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد حجمی آویشن بود (شکل ۴-۳۱). نتایج نشان داد که در تمامی سطوح عصاره مرزنجوش، محلول‌پاشی با غلظت بالای آویشن درصد کلسیم برگ را به‌طور معنی‌داری نسبت به شرایط عدم استفاده از آویشن افزایش داد.



شکل ۴-۳۱- مقایسه میانگین میزان کلسیم برگ کنجد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از رژیم‌های آبیاری، محلول‌پاشی عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی.

بر اساس نتایج به‌دست آمده تنش کم‌آبیاری و افزایش میزان مصرف عصاره مرزنجوش و آویشن سبب افزایش درصد پتاسیم و کلسیم شد. نتایج نشان داد که اثر گذاری تیمارهای استفاده شده تحت شرایط تنش بیشتر از شرایط عدم تنش بود و استفاده از تیمارهای ترکیبی نسبت به تیمار ساده عصاره‌های استفاده شده اثرات بیشتری بر میزان پتاسیم و کلسیم برگ داشت (شکل‌های ۴-۲۴ و ۴-۲۵).

جذب مواد غذایی توسط گیاهان تحت شرایط کمبود آب، به‌دلیل کاهش تعرق، اختلال در سیستم انتقال فعال و نفوذپذیری غشاء و در نتیجه کاهش نیروی جذب کنندگی ریشه، کاهش می‌یابد (لویت، ۱۹۸۰). همچنین با کاهش رطوبت خاک، سرعت انتشار مواد غذایی از محیط خاک به سطح جذب کنندهٔ ریشه کاهش می‌یابد. کارآیی سیستم ریشهٔ گیاه نیز ممکن است در نتیجهٔ کمبود میزان رطوبت خاک تقلیل یابد (اعلام، ۱۹۹۹). به‌طور کلی گزارش‌های موجود در زمینهٔ اثر تنش خشکی بر میزان عناصر غذایی در گونه‌های گیاهی متفاوت است. در زمانی که رطوبت مساعد باشد ممکن است درصد پتاسیم در بافت‌های گیاه کاهش یابد و این موضوع می‌تواند به علت رقیق شدن آن باشد. به‌طور کلی نظر بر این است که در اثر تنش خشکی میزان جذب پتاسیم در گیاه افزایش می‌یابد

و آن به‌دلیل تنظیم فشار اسمزی و نقش یون پتاسیم در کنترل روزنه است (اشرف و همکاران، ۲۰۰۲).

بر اساس گزارش کاتیو و همکاران (۲۰۰۸) تنش اسمزی شدید سبب افزایش کلسیم سیتوپلاسمی می‌گردد و نقش یک سیگنال درک کننده تنش را دارد. با سنتز و انتقال اسید آبسزیک به برگ ناشی از تنش، کانال‌های کلسیمی در سلول‌های گارد روزنه فعال و روزنه‌ها بسته می‌شوند (عبدالمجید و همکاران، ۲۰۰۷). میل به افزایش کلسیم برگ تحت تنش که در شرایط این مطالعه مشاهده شد، همسو با نتایج عبدالمجید و همکاران (۲۰۰۷) و سردانز و آلاز (۲۰۰۸) بود که افزایش کلسیم تحت تنش خشکی را اعلام کردند.گزارش شده است که محلول‌پاشی با ترکیبات آلی در شرایط تنش سبب افزایش جذب عناصر معدنی می‌شود (تدین و بهشتی، ۱۳۹۶) که با نتایج این پژوهش هم-خوانی دارد.

۴-۶-نتیجه‌گیری:

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

۱- تنش کم آبیاری سبب کاهش معنی دار صفات زراعی، مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد و میزان کلروفیل و روغن دانه گردید.

۲- تنش کم آبیاری سبب افزایش در برخی ازصفات فیزیولوژیک از قبیل کاروتنوئیدها،فلاونوئید،کلسیم، پتاسیم و افزایش در فعالیت آنزیم های کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز نسبت به شاهد گردید.

۳- محلول پاشی عصاره مرزنجوش موجب محافظت گیاه در برابر تنش کم آبی می شود و غلظت ۶۰ درصد حجمی آن کمک موثری در برابر تنش داشته است.

۴- محلول پاشی عصاره آویشن با دارا بودن ترکیبات فنولی در کمک به رفع تنش و جبران خسارت ناشی از آن موثر بوده و هر چه غلظت آن بیشتر بوده اثرگذاری آن بیشتر بوده است.

۵- محلول پاشی با ترکیب تیماری عصاره مرزنجوش و آویشن از طریق افزایش مجموعه ای از آنزیم های آنتی اکسیدانی موجب محافظت از گیاه در برابر تنش کم آبی می شود و غلظت ۶۰ درصد حجمی مرزنجوش و ۲۰ درصد آویشن کمک موثری در برابر تنش داشته است.

۴-۷-پیشنهادها :

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

۱- عصاره مرزنجوش و آویشن کوهی 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- طبق بررسی‌های انجام شده غلظت‌های ۶۰ درصد مرزنجوش و ۲۰درصد آویشن کوهی در بهبود شرایط تنش بر گیاه موثر بوده لذا پیشنهاد این است که غلظت‌های بالاتر این ماده مورد بررسی قرار گرفته که شاید مناسب‌تر و موثرتر باشد.

منابع مورد استفاده

۱- **امید بیگی، ر. ۱۳۸۸.** تولید و فرآوری گیاان دارویی. آستان قدس رضوی. ۳۴۸ صفحه.

۲- **اشرف منصوری، آ.، معلم زاده، ا. ۱۳۹۵.** اسانس‌ها و نقش آن‌ها در کاهش ضایعات پس از برداشت گل‌های شاخه بریده. پنجمین کنفراس بین المللی پژوهش درعلوم و تکنولوژی. ۲۵ آبان ماه لندن-انگلستان.

۳- **امیری،ا.، سیروس مهر، ع.ر.، یداللهی، پ.، اصغری پور، م. ر.، اسماعیل زاده بهابادی، ص. ۱۳۹۵.** تاثیر تنش خشکی و محلول پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های آنتی اکسیدانی گلرنگ. به زراعی کشاورزی. ۱۸(۲): ۴۵۳-۴۶۶.

۴- **اندرخور، ع.، فلاحی، ح.ع. ۱۳۹۶.** کاشت، داشت و برداشت کنجد در مازندران. سازمان جهاد کشاورزی مازندران. ۲۴ صفحه.

۵- **انصار. ز. ۱۳۹۱.** اثر تنش کم‌آبیاری و محلول پاشی با متانول و اسیدسالیسیلیک بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی شاهرود .

۶- **اشرف منصوری، آ.، معلم زاده، ا. ۱۳۹۵.** اسانس‌ها و نقش آنها در کاهش ضایعات پس از برداشت گل‌های شاخه بریده. پنجمین کنفراس بین المللی پوهش در علوم و تکنولوژی لندن- انگلیس.

۷- **آیین، ا.، سرحدی، ج. ۱۳۹۴.** زراعت کنجد در جنوب استان کرمان. وزارت جهاد کشاورزی. ۱۶ صفحه.

۸- **بنی نعیم، ا.، صمصام پور، د. ۱۳۹۵.** اثر اسانس های گیاهی آویشن و مرزه بر کیفیت طول عمر گل جایی گل بریده نرگس رقم شهلا. نشریه غلوم باغبانی. ۳۰(۳): ۵۸۰-۵۷۴.

۹- **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.

۱۰- **بهشتی، ص.، تدین، ع. ۱۳۹۶.** اثر تنش خشکی و محلول پاشی اسید هیومیک بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی لوبیا لیما. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۶(۱۹): ۱-۱۴.

۱۱- **بیوک، ز.، حسن پور درویشی، ح.، مظفری، ح.، حبیبی، د. ۱۳۹۲.** بررسی اثر محلول پاشی سلنیوم بر میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و مالون دی آلدهید گیاه دارویی گشنیز تحت شرایط تنش خشکی. مجله پژوهش های به زراعی. ۵(۱): ۳۶-۴۸.

۱۲- **پیرزاد، ع.، شکیبا، م. ر.، زهتاب سلماسی، س.، محمدی، ا. ۱۳۹۴.** تاثیر تنش آبی بر میزان جذب برخی عناصر غذایی در بابونه آلمانی. نشریه زراعت. ۱۰۴: ۱-۷.

۱۳- **جامی، ن.، موسوی نیک، م.، نقی زاده، م. ۱۳۹۴.** اثر تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک بر عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه در شرایط آب و هوایی کرمان. به زراعی کشاورزی. ۱۷(۳): ۸۲۷-۸۴۰.

۱۴- **حسینی درویشانی، ص.، چمنی، ا. ۱۳۹۲.** بررسی امکان بهبود ماندگاری گل بریده رز رقم رداولد با استفاده از برخی تیمارهای ارگانیکی و تیوسولفات نقره. مجله عوم باغبانی ایران. ۴۴(۱): ۳۱-۴۱.

۱۵- **خواجه‌پور، م. ۱۳۸۵.** گیاهان صنعتی. جهاد دانشگاهی اصفهان. ۵۶۰ صفحه.

۱۶- **دانشمند. ف. ۱۳۹۳.** پاسخ سیستم دفاع آنتی اکسیدان گیاه گوجه فرنگی به تنش کم آبی و برهم کنش آن با آسکوربیک اسید. زیست شناسی گیاهی ایران. ۶(۱۹): ۵۷-۷۲.

۱۷- **رحمانی، ا.، حداد، ر. ۱۳۹۶.** تاثیر تنش خشکی بر خصوصیات فتوسنتزی و آنزیم های محافظتی. دانشگاه بین المللی امام خمینی. ۳۶ صفحه.

۱۸- **سرمدنیا، غ. ۱۳۷۷**. اهمیت تنش های محیطی در زراعت. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه تهران- دانشکده کشاورزی کرج. ۱۵-۱۸ شهریور. ۱۵۷-۱۷۲.
۱۹- **شهرام،ع.ع و ن.دانشی. ۱۳۸۴**. مناسبترین دور آبیاری و میزان آب مورد نیاز در زراعت لوبیا سفید کشاورزی . نهمین کنگره علوم خاک ایران.
۲۰- **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.
۲۱- **مقصودی، ش. ۱۳۹۴**. کنجد. آقای کتاب. ۱۶۲ صفحه.
۲۲- **ممبینی، ت.، ممبینی، م.، آقایی، م. ۱۳۸۷**. بررسی آثار فارماکولوژیک جنس مرزنجوش. فصلنامه گیاهان دارویی. ۸(۱): ۱۸-۳۵.
۲۳- **میثاق، م.، موحدی دهنوی، م.، یدوی، ع.، خادم حمزه، ح.ر. ۱۳۹۵**. بهبود عملکرد، درصد روغن و پروتئین کنجد تحت شرایط تنش خشکی با محلول پاشی روی و بور. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۹(۱): ۱۶۳-۱۸۰.
۲۴- **میردهقان، ح.، زیدآبادی، س.، روستا، ح.ر. ۱۳۹۱**. برهمکنش اسانس گساهان دارویی با کلرید کلسیم و نیترات نقره بر خصوصیات کیفی و عمر گل جایی گل بریده رز. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۸(۴): ۶۸۳-۶۶۹.
۲۵- **میر محمدی میبدی، س. ع. م. و قره یاضی، ب. ۱۳۸۱**. جنبه‌های فیزیولوژی و به‌نژادی تنش شوری گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۳۱۳ صفحه.
۲۶- **نورافکن، ح.، کلانتری، ز.، سفیدکن. ف. ۱۳۹۷**. اثر محلول پاشی متانول و اتانول بر ترکیبات اسانس نعناع فلفلی. فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی. ۱۴(۲): ۱۸-۹.
۲۷- **وایز، ای.ا. ۱۳۷۵**. دانه‌های روغنی (ترجمه ف. ناصری). انتشارات مشهد: آستان قدس رضوی.
۲۸- **وکیلی، ه.، اسحاقی، م.ر. ۱۳۹۳**. کنجد؛ ملکه دانه‌های روغنی. سپید برگ، میانکوشک. ۱۸۴ صفحه.
۲۹- **هاشمی، م.، میردهقان، ح. ۱۳۹۳**. افزایش عمر گل جایی بریده ژربرا با استفاده از اسانس‌های گیاهی. فناوری تولید گیاهی. ۱۴(۱): ۱۷-۲۸.
۳۰- **حسینی درویشان، س.ص.، چمنی، ا.، پربیرامی، ی. ۱۳۹۲**. بررسی اثرات عصاره های برخی گیاهان دارویی بر عمر پس از برداشت گل بریده رز. هفتمین کنگره علوم باغبانی ایران. اصفهان
۳۱- **مظفر، س.، خراسانی نژاد، س.، گرگینی شبانکاره، ح. ۱۳۹۶**. اثر رژیم های آبیاری و کاربرد اسید هیومیک بر برخی ویژگی های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی خرفه در شرایط گلخانه. به زراعی کشاورزی. ۱۹(۲): ۴۰۱-۴۱۶.

32- **Abdul-Majid, S., Rehana, A. and Ghulam, M, 2007.** Potassium-calcium interrelationship linked to drought tolerance in wheat. Pakistan Journal of Botany. 39(1): 609-1621.
33- **Abedini, T., Moradi, P. and Hani, A. 2015.** Effect of organic fertilizer and foliar application of humic acid on some quantitative and qualitative yield of pot marigold .Journal of Novel Applied Sciences. 4(10):1100-1103.

34- **Agastin, P., Kingsley, S.J. and Vivekanandan, M. 2000.** Efect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. Photosynthetica. 38: 287-290.
35- **Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y. and Sakuratani, T. 2002.** Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mungbeansu –bjected to water logging. Plant Science, 163, 117-123. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00080-8
36- **Alam, S.M. 1999;** Nutrient uptake by plants under stress condition, In: M. Pessarakli (ed.), Handbook of plant and crop stress, Marcel Dekker Inc., pp. 285-315.
37- Alma MH, and Mavi A. 2003.Mavi A. Screening chemical composition and in vitor anti oxidant of the essential oil from origanum syriacum boil pharmbull.Journal of Crop Improvement;26(12):17-9.
38- **Amiri, A., Bagheri, A., Khaje, M., Najafabadi Pour, F., & Yadollahi, P. 2014.** Effect of silicon foliar application on yield an antioxidant enzymes activity of safflower under limited irrigation conditions. Journal of Crop Improvement, 5(4), 361-372.
39- **Anjum, S.A., Xxie, X., Wang, L., Saleem, M.F., Man, C., Lei, W. 2011.** Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research. 6(9). 2026-2032.
40- **Ariano, S., Bartolomeo D., Cristos X., & Andras M. 2005.** Antioxidant defenses in olive trees during drought stress: changes in activity of some antioxidant enzymes. Function Plant Biology, 32, 45-53.
41- **Arnon, A. N. 1967.** Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23: 112-121.
42- **Asgharipour, M.R., & Mosapour, H. 2016.** A foliar application silicon enchases drought tolerance in Fennel. The Journal of Animal and Plant Sciences, 26(4), 1056-1062.
43- **Ashraf, M., Ashfaq, M. and Ashraf, M.Y. 2002.** Effect of increased supply of potassium on growth and nutrient content in pearl millet under water stress. Biologia Plantarum. 451:141-144.
44- **Awasti, R., Gaur, P., Turner, N.C., Vadez, V., Siddique, K.H.M., Nayyar, H. 2017.** Effects of individual and combined heat and drought stress during seed filling on the oxidative metabolism and yield of chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes differing in heat and drought tolerance. BioOne COMPLET. 68(9): 18-30.
45- **Ayobizadeh, N., Laei, G., AminiDehaghi, M., Masood Sinaki, J. and RzvanBidokhti, S. 2017.** Effect of nano-iron and folic acid foliar app;ication on yield and yield components of sesame varieties after wheat cultivation under drought stress conditions. Journal of Crop Improvement. 9(3): 283-312. (In Persian with English abstract)
46- **Ayumi, T., Masumi, H. and Ryoichi, T. 2004.** Chlorophyll metabolism and plant growth. Kagaku Seibutsu. 42: 93-98.
47- **Baninaeim, I., & amsampoor, D. 2015.** The effects of Thymus vulgaris L. and Satureja hortensis L. Essential oils on postharvestquality of cut Narcissus flowers (Narcissus Tazetta). 1st National Conference on Herbs and Herbal Medicine. Scientific World Journal 27.

48-**Basra, A.S. and Basra, P.K. 1997.** Mechanisms of environmental stress resistance in Plants. Hardwood Academic Publishers, 83.
49-**Bayati, F., Aynehband, A., & Fateh, E. 2013.** Effect of different rates and application times of nano-iron on yield components of canola (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 12(4), 805-812.
50-**Bayoumi, T.Y., Eid, M. and Metwali, E.M. 2008.** Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. Afriqan Jouran of Biotechnology. 7: 2341-2352.
51-**Berglund, D.R. 2002.** Soybean Production Field Guide for North Dakota and Orthwesterninnesota. Published in cooperative and with support from the North Dakota. Soybean Council, 136p.
52-**Bian, M., Zhou, M., Sun, D. and Li, C. 2013**. Molecular approaches unravel the mechanism of acid soil tolerance in plants. Crop J. 1: 91-104.
53-**Blum, A., & Ebercon, A. 1976.** Genotypic responses in sorghum to drought stress. III. Free proline accumulation and drought resistance. Crop Science, 16, 428-431. doi:10.2135/cropsci1976.0011183X001600030030x
54-**BorisÏev, M., BorisÏev, I., Zupunski, M., Arsenvo, D., Pajevic, S., Curcic, Z., Vasin, J., & Djordjevic, A. 2016.** Drought impact is alleviated in sugar beets (*Beta vulgaris* L.) by foliar application of fullerenol nanoparticles. Plos One, 10, 1-20. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166248
55-**Bradford, M.M. 1976**. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72: 248-254.
56-**Bray, E. A., J. Baileyserres and E. Weretilnyk. 2000.** Responses to abiotic stresses, in Buchanan, B., Gruissem.
57-**Brey, E. A. (1997).** Plant response to water deficit. Trend in Plant Sci. 2: 48-54.
58-**Budak, H., Kantar, M., Kurtogalu, K.Y. 2013.** Drought tolerance in modern and wild wheat. Scientific World Journal. 7(1): 42-52.
59-**Baeybordi, A. 2010.** The influence of salt stress on seed germination, growth and yield of canola cultivars. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 38(1): 12-23. Plant Physiology and Biochemistry. 48(12): 909-930.
60-**Cattive, I, L., Rizza, F., Badeck, F. 2008.** Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. Field Crops Research. 1(2): 1-14. .
61-**Chang W.C., Kim, S.C., Hwang, S.S., Choi, B.K. and Kim, S.K. 2002.** Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. Plant Science. 163: 1161-1168.
62-**Chapman, H.D. and Pratt, P.F. 1961.** Methods of analysis for soils, plants and waters, University of California, Division of Agricultural Science.
63-**Damalas, C.A. 2019.** Improving drought tolerance in sweet basil (*Ocimum basilicum*) with salicylic acid. Scientia Horticulturae. 246: 360-365.
64-**Dargahi, Y., Asghari, A., Rasoolzadeh, A., AghayiFard, Kh., & Ahmadian, M. 2014.** Effect of water deficit stress on yield, water use efficiency and harvest index of sesame. Journal of Applied Crop Breeding, 2(2), 171-183. (In Persian)
65-**Darvizheh, H., Zahedi, M., Abbaszadeh, B., Razmjoo, J. 2019.** Changes in some antioxidant enzymes and physiological indices of purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.) in response to water deficit and foliar application of

salicylic acid and spermine under field condition. Scientia Horticulturae. 247: 390-399.

66-**Duta, P., Jana, K., Bandypadhyay, P., & Maity, D. 2010.** Response of summer(SesamumindicumL.) to irrigation. Indian Journal of Agronomy, 54, 613-616.

67- **Earl, H. J. and Davis, R. F. 2003.** Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agronomy Journal. 95: 688-696.

68-**F.A.O. 2017.** *Available* (*online: http// www.FAO.org*).

69-**Fahad, S., Bajwa, A.A., Nazir, U., Anjum, S.A. 2017.** Crop production under drought and heat stress: plant responses and management option. Abiotic Stress and Management Options. 8: 1-16.

70-**Fathi, A., Barari Tari, D. 2016.** Effect of drought stress and its mechanism in plants. International Journal of Life Sciences. 10(1): 1-6.

71-**Feng, Z., Jin-Kui, G., Ying-Li, Y., Wen-Liang, H. and Li-Xin, Z. 2004.** Changes in the pattern of antioxidant enzymes in wheat exposed to water deficit and rewatering. Acta Physiology. Plant. 26: 345-352

72-**Flexas, J. and Medrano, H. 2008.** Drought-inhibition of photosynthesis in C3-plants: stomatal and nonstomatal limitation revisited. annals of botany. 183: 183-189.

73-**Foyer, C.H., Valadier, M.H., Migge, A. and Becker, T.W. 1998.** Drought induced effects on reeducates activity and mRNA and on the coordination of nitrogen and carbon metabolism in maize leaves. Plant physiology. 117: 283-292.

74-**Gechva T.(2002).** Hydrogen peroxide protects tobacco from oxidative strees. Journal af agriculture and biology ,6:366-369.

75-**Ghasemi, M., Modarresi, M., BabaeianJelodar, N., Bagheri, N. and Jamali, A. 2016.** The evaluation of exogenous application of salicylic acid on physiological characteristics, proline and essential oil content of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under normal and heat stress conditions. Agriculture. 6(31): 1-15.

76-**GhasemiPirbaluti, A., Pirali, A., Pishkar, G.R., Jalali, S.M.A., Raesi, M., Jafarian Dehkordi, M. and Hamedi, B. 2011.** The essential oils of some medicinal plants on the immune system and growth of rainbow trout (*Oncorhync husmykiss*). Journal of Herbal Drugs. 2:149-155.

77-**Golestani, M. and Pakniat, H. 2008.** Evaluation of tolerance to drought characters in the *Sesamum* lines. Sciences and Technologies of Agriculture and Natural Resources 41: 141-149.

78-**Golestani, M., Pakniyat, H. 2015.** Evaluation of traits related to drought stress in sesame genotypes. Journal of Asian Scientific Research, 2015,5(9): 465-472.

79-**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.

80-**Gregory, P.J. 2006.** Plant Roots (Growth, Activity and Interaction with Soils), Blackwell Publishing pp: 150-173.

81-**Guan, Y. J., Hu, J., Wang, X. J., & Shao, C. X. 2009.** Seed priming with chitosan improves maize stress germination and seedling growth in relation to physiology changes under low temperature. Journal of Zhejiang University-Science, 10, 427-433.

82-**Gunes, A., Cicek, N., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri, E., & Guzelordu, T. 2006.** Genotypic response of chickpea (*Cicerarie tinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre-and post an thesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. Plant Soil Environ, 52, 868-876..

83-**Hayat, S. and Ahmad, A. 2007.** Salicylic acid: a plant hormone. Brazilian Journal of Plant Physiology. 18: 137-145.

84-**Hosseini Boldaji, S. A., Khavari-Nejad, R. A., Hassan Sajedi, R., Fahimi, H. and Saadatmand, S. 2012.** Water availability effects on antioxidant enzyme activities lipid peroxidation, and reducing sugar contents of alfalfa (*Medicago sativa* L.). Acta Physiologia Plantarum. 34: 1177-1186.

85-**Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H. & Ismaili, A. 2016.** Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicerarie tinum* L.) under drought stress. Photosynthetica, 54, 87-92.

86-**Inze, D. and Montagu, M.V. 2000.** Oxidative stress in plant. Tj International Ltd. Padstow, Cornawall, Great Britain.

87-**Jain, S., Yue-Lioang, R., Mei-wang, L. E., Ting-Xian, Y. and Xiao-Wen, Y. 2010.** Carthamustinctorious L. yield in Rajasthan. Indian Journal of Agricultural Science. 40: 644-647.

88-**Jitareerat, P., Ruenroengklin, N., Ythairatanakij, A. 2008.** Use of herbal extracts for inhibiting microbial growth in holding solutions of cut-rose. Acta Horticultural. 804: 291-295.

89-**Keles, Y. and Oncel, I. 2004.** Growth and solute composition on two wheat species experiencing combined influence of stress conditions. Russian Journal of Plant Physiology. 51: 203-208.

90-**Kenneth, K.T. 1990**. Plant responses to saline and sodic condition. PP: 113-138. In: Agricultural salinity assessments and management. Scientific publishers.

91-**Khalili, M., Naghavi, M.R., Pour Aboughadareh, A., Naseri Rad, H. 2013.** Effects of drought stress on yield and yield components in maize cultivars. International Journal of Agronomy and Plant Production. 4(4): 809-812.

92-**Koca, H., Bor, M., Özdemir, F. and Türkan, I. 2007**. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidativezymes and proline content of sesame cultivars. Environ. Exp. Bot. 60(3): 344-351.

93-**Laspina, N.V., Groppa, M.D., Tomaro, M.L. and Benavides, M.P. 2005**. Nitric oxide protects sunflower leaves against Cd-induced oxidative stress. Plant Sci.169: 323-330.

94-**Latha, P., Sudhakar, P. and Sreenivasula, Y. 2007.** Relationship between total phenol and aflatoxin production of peanut genotypes under end-of season drought conditions. Acta Physiologiae Plantarum. 29: 563-566.

95-**Levitt, J. 1980.** Responses of plants to environmental stress, Vol.2, Academic Press, New York.

96-**Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C., Sohrabi, Y. 2010.** Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. Australian journal of Crop Science. 4(8): 34-39.

97-**Mahrookashani, A., Siebert, S., Huging, H., Ewert, F. 2017.** Independent and combined effects of high temperature and drought stress around anthesis on wheat. Journal of Agronomy and Crop Science. 203(6): 453-463.

99-**Makhdum, I. M., Nawaz, A., Shabab, M., Ahmad, F., & Illahi, F. 2002.** Physiological response of cotton to methanol foliar application. Pakistan Journal of Research Science, 13, 37-43.

100- **Manivannan, P., Abdul Jaleel, C., Sankar, B., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., Lakshmanan, G.M.A. and Panneerselvam, R. 2007.** Growth, biochemical modifications and proline metabolism in (*Helianthus annuus* L.) as induced by drought stress. Colloids and Surfaces. 59: 141-149.

101-**Mansourifar, S., Shaban, M., Ghobadi1, M. and Sabaghpoor, S.H. 2012.** Physiological characteristics of chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars under drought stress and nitrogen fertilizer as starter. Iranian Journal of Pulses Research. 3(1): 53-66.

102- **Matsumoto, T.K., Ellsmore, A.J., Cessna, S.G., Low, P.S., Pardo, J.M., Bressan, R.A. and Hasegawa, P.M. 2002.** Solute accumulation and osmotic adjustment in leaves of Saccharomyces cerevisiae. Journal of Biological Chemistry. 27: 3075-3080.

103- **Mehraban, A., Tobe, A., Gholipouri, A., Amiri, E., Ghafari, A., Rostaii, M. 2019.** The effects of drought stress on yield, yield components and yield stability at different growth stage in bread weat cultivar. Pol. J. Environ. Stud. 28(2): 739-746.

104- **Mehrabi, Z. and EhsanZade, P. 2011.** A study on physiological attributes and grain yield of sesame cultivar under different soil moister regimes. Agricultural Crop Management. 13(2): 77-88.

105- **Mirakhori, M., Paknejad, F., Moradi, F., Ardakani, M.R., Zahedi, H. & Nazeri, P. 2009.** Effect of Drought Stress and Methanol on Yield and Yield Components of Soybean max (L17). American Journal of Biochemistry and Biotechnology, 5(4), 162-169.

106- **Mittler, R. 2002**. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Sci. 7: 405-410.

107- **Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M. and Breusegem, F.V. 200**4. Reactive oxygen gene network of plants. Trends Plant Sci. 9: 490-498.

108- Mkaddem, M., Bouajila, J., Ennajar, M., Lebrihi, A., Mathieu, F. and Romdhane, M. 2009. Hemicalcomposition and antimicrobial and antioxidant activities of Mentha (longifoliaL. and viridis) essential oils. Journal of Food Science. 74(7): 358-363.

109- **Mohammadi, M., Ghassemi-Golezani, K., Zehtab-Salmasi, S., Nasrollahzade, S. (2016):** Assessment of Some Physiological Traits in Spring Safflower (Carthamus tinctorius L.) Cultivars under Water Stress. – International Journal of Life Sciences 10(1): 58-64.

110- **Mohammadi, H., Amirikia, F., Ghorbanpour, M., Fatehi, F., Hashempour, H. 2019.** Salicylic acid induced changes in physiological traits and essential oil constituents in different ecotypes of *Thymus kotschyanus* and *Thymus vulgaris* under well-watered and water stress conditions. Industrial Crops and Products. 129: 561-574

111- **Naderi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A. 2002.** Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry. 34: 1527-1536.

112- **Neto, A.D., Prisco, J.T., Eneas-Filho, J., Abreu, B. and Gomes-Filho, E. 2005**. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. Environ. Exp. Bot. 56:87-94.

113- **Nikiesfahlan, E., Pazoki, A., Rezaei, H., Eradatmandeasli, D., & Usefirad, M. 2013.** Effects of ascorbate foliar application on morphological traits, relative water content and extract yield of Purslane (*Portulaca oleracea* L.) under salinity stress. Iranian Journal of Plant Physiology. 4(1), 889- 898.

114- **Niu, J., Zhang, S., Liu, S., Ma, H. 2018**. The compensation effects of physiology and yield in cotton after drought stress. Journal of Plant Physiology. 224: 30-48.

115- **Oraki, H., Aghaalikhana, M. (2012):** Effect of water deficit stress on proline contents ,soluble sugars, chlorophyll and grain yield of sunflower (Helianthus annuus L.) hybrids .African journal of Biotechnology 11(1): 164-8.

116- Pagter, M., Bragato, C. and Brix, H. 2005. Tolerance and physiological responses of (Phragmitesaustralis) to water deficit. Aquatic Botany, 81: 285-299.

117- **Polleskaya, O.G., Kashirina, E.I. and Alekhina, N.O. 2002**. Changes in activity of antioxidant enzymes in wheat leaves and roots as a function of nitrogen source and supply. Rus. J. Plant Physiol. 51: 615-620.

118- **Pour Amini, P., Habibi, H., Fotokian, M.H., Falah Nosrat Abadi, A.R. and Ebadi, M. 2016.** Effect of Thiobacillus and superabsorbent on the essential oil content and some of important agronomic characteristics in Thymus vulgaris L. and Thymus daenensis Celak. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology. 17 (2): 221-232.

119- **Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A., Najafi, F., & Roshanfekr, M. (2012).** Use of biochemical indices and antioxidant enzymes as a screening technique for drought tolerance in Chickpea genotypes (*Cicerarie tinum* L.). African Journal of Agricultural Research, 7, 5372-5380.

120- **Rahnama, A. 2003.** Evaluation of drought stress in different stage of growth and its effect on yield, yield components and qualitative traits of corn in Karaj area. M. Sc. Thesis, University of Tehran.

121- **Raul, B., Mishra, B. K., Muduli, K. C., & Mohanty, I. C. 2015.** Response of sesame crop to foliar application of micronutrients. A Thesis submitted to the Orissa University of Agriculture and Technologyin Partial fulfilment of the Requirementfor the degree of Master of Sciencein Agriculture (Plant Physiology).

122- **Safarzade, M.N., Normohamadi, G.H., Mjidi Haravan, E. & Rabiei, B. (2005).** Effect of methanol on peanut Growth and yield (Arachis hypogaea L.). Journal of Agricultural Science, 103-188.

123- **Sairam, R.K., Rao, K.V. and Srivastava, G.C. 2002.** Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Sci. 163: 1037- 1046.

124- **Sardanz, J. and Uelas, J.P. 2008.** Drought changes nutrient sources, content and stoichiometry in the bryophyte Hypnum cupressiforme Hedw. Growing in a Mediterranean forest. Journal Biological. 30:59–65.

125- **Sharp, R.E. and Lenoble, M.E. 2002.** ABA, ethylene and the control of shoot and root growth under water stress. Journal of Experimental Botany 53: 33-37.

126- **Shayesteh, s.2011**.check the nutritional quality of forage straw on water resources in the sistan region masters thesis university of zabol.

127- **Shirani Rad, A. H., Naeemi, M., & Nasr Esfahani, Sh. 2010.** Evaluation of terminal drought stress tolerance inspring and winter rapeseed genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences, 12(2), 112-126. (In Persian).

128- **Siebert, S., Webber, H., Eyshi Rezaei, E. 2017**. Weather impacts on crop yields - searching for simple answers to a complex problem. Environmental Research Letters. 12(8): 22-34.

129- **Sikder, S., Foulkes, J. and West, H. 2015.** Evaluation of photosynthetic potential of wheat genotypes under drought condition. Photosynthetica. 53: 47-54.

130- **Sinclair, T.R., Messina, C.D., Beatty, A. and Samples, M. 2010.** Assessment across the United States of the benefits of altered soybean drought traits. Agronomy Journal. 102: 457-482.

131- **Singh Gill, S., Tuteja, N. 2010.** Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry. 48(12): 909-930.

132- **Solgi, M. 2014.** Application of essential oils their biological effects on extending the sheft life and quality of horticultural crops. Trakia Journal of Sciences. 2: 198-210.

133- **Solgi, M., Kafi, M., Taghavi, T. S. and Naderi, R. 2009.** Essential oils and silver nanoparticles (SNP) as novel agents to extend vase-life of gerbera (*Gerbera jamesoniicv*. 'Dune') flowers. Postharvest Biology and Technology. 53: 155- 158.

134- **SoltanShahattary, F. and Mansourifar, C. 2017.** The effect of drought stress on morphological and physiological traits and extract percentage of medicinal plant, Nigella sativa. Bio science Biotechnology of Research Communication. 1: 298-305.

135- **Stagnari, F., Galieni, A., Pisante, M. 2016.** Drought stress effects on crop quality. Plant Production. 4(4): 809-812.

136- **Tajkarimi, M., Ibrahim, S. and Cliver, D. 2010.** Antimicrobial herb and spice compounds in food. Food control: 21: 1199-1218.

137- **Tarkhorany, T., Madani, H. and Haidarisharif Abad, M. 2017.** Evaluating the effect of kinetin application on sesame cultivars. Scientific Papers. Series A. Agronomy. 7: 401-406.

138- **Thomas MJ**. The role of free radicals anti oxidants.2000;16(7):716-17.

139- **VanHeerden, P.D.R. and Kurger, G.H.J. 2002**. Separately and simultaneously induced dark chilling and drought stress on proline accumulation and antioxidant metabolism in soybean. J. Plant Physiol. 159: 1077-1086.

140- **Vega, D.L., Fernandez, R.P., Mateo, M.C.M., Bustamante, J., Bustamante, A. Herrero, A.M. and Munguira, E.B. 2003**. Study of activity of glutathione-peroxidase, glutathione-transferase and glutathione reductase in renal transplants. Transplantation Proceedings. 35: 1346-1350.

141- **Waling, I., Van Vark, W., Houba, V.J.G. and J.J. Van der Lee. 1989.** Soil and plant analysis, a series of syllabi , Part 7, Plant Analysis Procedures , Wageningen Agriculture University.

142- **Winkel -Shirley, B. 2002.** Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. Current Opinion in Plant Biology. 5: 218-223.

143- **Yadegari, M. 2015.** Foliar application of micronutrients on essential oils of borago, thyme and marigold. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 15(4): 949-964.

Abstract

Water deficit is one of the important climatic factors affecting the distribution of plants throughout the world whichcause morphological, physiological and biochemical changes in plants.. Sesame is one of the most important edible vegetable plants in the world that is affected by environmental stresses, especially water deficit. Therefore, finding a suitable solution to reduce the damage to this plant seems necessary. Nowadays, foliar application of organic matter has received much attention. Since the extract of marjoram and thyme (Thymus vulgaris) has antioxidant activity, in this study, the effect of foliar application of sesame extract on growth, physiological and qualitative indices of sesame under water deficit stress conditions was investigated. In this regard, an experiment was carried out on a split plot factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications in Gorgan, Iran during two consecutive cropping seasons of 2016 and 2017.. Treatments consisted of two levels of irrigation (15 days and 25 days as non-stress and water deficit stress, respectively) as the main factor and soluble foliar application at concentrations of which plant?? 0, 40 and 60% volumetric and thyme concentration 0, 10, and 20 percent volumes were as sub-factors. Irrigation treatments were applied after planting and foliar application in three stages of one month after planting at 12 days intervals. The results showed that water deficit stress significantly reduced agronomic and morphological traits, yield and yield components, chlorophyll a and b levels and also increased carotenoid, flavonoid, calcium, potassium and increased enzyme activity of catalase, superoxide dismutase and ascorbate peroxidase was compared to control. The highest leaf area index (3.76), leaf dry weight (57.88 g / m2), plant height (159 cm), chlorophyll A (21.7 mg / g fresh weight) were also observed.), Chlorophyll b (20.61 mg / g fresh weight), number of seeds per capsule (54) capsule per plant (38) and yield (92.19 g / m2) related to appropriate irrigation conditions and treatment 60 The percentages were marjoram and 20% of thyme. And the highest amount of carotenoids (18.58 mg / g body weight), flavonoids (0.003 mg / g body weight), calcium (0.57%) and potassium (2.97%) were related to low status. Water and treatment were 60% marjoram and 20% mountain thyme. . The results showed that the activity of catalase, peroxidase, superoxide dismutase in irrigation conditions and treatment of 60% of Marjoram and 20% of Thymus vulgaris increased by 11.24, 12.65 and 12.88%, respectively. It was increased by 36.36, 36.35 and 32% under water deficit conditions, indicating that most of the extracts used in stress conditions were more effective. In general, the greatest effect on the measured indices under both water deficit and non-stress conditions was related to 60% volumetric and 20% volumetric treatment of foliar application. Therefore, it can be stated that the simultaneous use of Thyme and Marjoram foliar application was effective in both irrigation and drought stress conditions, however, its effect was in stress conditions which can induce plant tolerance against water deficit conditions

Key words: Drought stress **,** Marjoram**,** Sesame**,** Thyme

Faculty of Agriculture

Ph.D. Thesis in Agronomy

Effect of water deficit stress and foliar application of origanum vulgare and thymus on quantitative and qualitative traits in sesame (sesamum indicum L.)

By: Zohre Ansar

Supervisors:

Dr.M.Baradaran Firouzabadi

Dr.se.Galeshi

Advisors:

Dr.A.Gholami

Dr.M.Parsaian

September 2019