

مطالعه اثر خشکی و اسید آسکوربیک بر دو رقم کلزا و پاسخ گیاه سویا به عصاره گیاهان تیمار دیده

مه لقا قربانلی^۱، مژگان فرزنامی سپهر^۲ و فرانک نوروزی^۳

- (۱) گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران گرگان، گرگان، ایران
(۲) گروه زیست شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران ساوه، ساوه، ایران
(۳) گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۹/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۲۱

چکیده

در پژوهش حاضر گیاهان کلزا با دو رقم الایت و طلائیة تحت تنش توامان خشکی (۲ سطح) و اسیدآسکوربیک (۱ سطح) قرار گرفتند. بعد از طی دوره تنش، گیاهان برداشت و پارامترهای گوناگون رشد مانند اوزان تر و خشک در دو بخش هوایی و زیرزمینی، سطح برگ، نرخ رشد نسبی، نرخ رشد نسبی برگ، سطح برگ و ویژه، میزان آب در واحد سطح برگ، نرخ واحد برگ، اندازه گیری گردیدند. حضور اسیدآسکوربیک سبب تخفیف اثرات منفی تنش خشکی در هر دو گونه مورد مطالعه گردید. پاسخ‌های مورد مطالعه در رقم الایت نسبت به طلائیة بهتر بود. اندازه‌گیری فعالیت‌های آنزیمی در دانه‌رست‌های سویا تحت اثر عصاره گیاهان کلزا رقم طلائیة نشان دادند که عصاره به دست آمده از گیاهان کلزایی که تحت تیمار آبیاری FC ۱/۴ و اسیدآسکوربیک قرار داشتند افزایش معنی‌داری را در میزان فعالیت آسکورات پراکسیدازی، کاتالازی و پراکسیدازی گیاهان سویا نسبت به عصاره به دست آمده از گیاهان کلزای تحت سایر تیمارها با اسیدآسکوربیک ایجاد کردند. همین نتایج در مورد رقم الایت هم صادق است با این تفاوت که میزان فعالیت آسکورات پراکسیدازی در دانه‌رست‌های سویا فقط تحت عصاره به دست آمده از گیاهان تیمار دیده تحت FC از بیشترین فعالیت برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: کلزا، خشکی، اسید آسکوربیک، سویا، فعالیت آنتی اکسیدانی.

مقدمه

Brassica napus L. همان کلزای معمولی است که عموماً در اروپا و کانادا کشت می‌شود. ارقام بهاره و زمستانه این گونه به عنوان منابع روغن گیاهی کشت می‌شوند ولی ارقام زمستانه در شرایط مساعد معمولاً پرمحصول‌ترند. خشکی پدیده‌ای بحرانی و اجتناب‌ناپذیر است که همه ساله در بخش‌هایی از دنیا در زمان‌های مختلف با دامنه و شدت متفاوت به تولید موفقیت‌آمیز محصول آسیب می‌رساند. خشکی اغلب بر اثر مجموعه‌ای از فرآیندهای فیزیکی محیطی که گیاه را با تنش آبی مواجه می‌سازند به وجود می‌آید و تولید محصول را کاهش می‌دهد (احمدی و جاویدفر ۱۳۷۹). وقتی گیاهان در شرایط کمبود آب قرار می‌گیرند تغییرات ساختاری و فیزیولوژیکی متفاوتی را از خود نشان می‌دهند. بعضی دوره زندگی خود را قبل از کاهش رطوبت خاک تکمیل می‌کنند و بدین‌سان از خشکی فرار می‌کنند و برخی دیگر از راه ایجاد سیستم ریشه‌ای انبوه و عمیق، کاهش رشد شاخه‌ها، کاهش سطح برگ‌ها، کاهش تعداد روزنه‌ها و افزایش تراکم کرک‌ها در اپیدرم برگ با تنش خشکی مقابله می‌کنند (Quarrie and Jones, 1997; Duan *et al.*, 2007). مطالعات متعددی در زمینه اثر خشکی بر تجمع زیتوده گیاه کلزا انجام شده است. تعدادی از محققین معتقدند که میزان زیتوده کل تحت تنش افزایش یافته (Munns and Weir, 1981) تعدادی دیگر بر این باورند که زیتوده تحت تنش خشکی کاهش می‌یابد Hanson و Hitz (۱۹۸۲) و عده دیگری نیز عدم تغییر زیتوده را با افزایش خشکی ثابت کرده‌اند (Moragan, 1992) مطالعاتی که در زمینه اثر تنش خشکی بر روی ۹ رقم گیاه کلزا انجام شد نشان داده است که با افزایش تنش خشکی رشد ریشه همه ارقام افزایش و رشد اندام هوایی تقریباً در اکثریت ارقام کاهش نشان داد (دولت آبادیان و همکاران ۱۳۸۸). اسیدآسکوربیک یک آنتی‌اکسیدان کوچک قابل حل در آب است که در سمیت‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن به ویژه پراکسید هیدروژن نقش دارد. به‌علاوه به‌طور مستقیم در خنثی کردن رادیکال‌های سوپراکسید یا اکسیژن منفرد و به عنوان یک آنتی‌اکسیدان ثانویه در تولید آلفاتوکوفرول و دیگر آنتی‌اکسیدان‌های چربی‌دوست نقش ایفا می‌کند (Noctor and Foyer, 1998). مصرف خارجی اسید آسکوربیک می‌تواند مقاومت به تنش شوری را افزایش و سبب کاهش اثر تنش اکسیداتیو حاصله شود (Shalata and Neumann, 2001). آسکوربیک اسید همراه با گلوکاتینون و چندین آنزیم آنتی‌اکسیدان در خنثی کردن رادیکال‌های فعال اکسیژن از جمله یون سوپراکسید حاصل از انواع تنش‌های غیر زیستی نقش دارد (Noctor and Foyer, 1998). بکارگیری اسید آسکوربیک برون‌زا همزمان با تنش نشان داده است که تا حدودی اثرات مخرب تنش در تعامل با اسید آسکوربیک کاهش می‌یابد. دولت آبادیان و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که تغذیه برگ با اسید آسکوربیک از گیاهان کلزا تحت تنش شوری سبب می‌شود تا فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاهش یابند، به گونه‌ای که اسید آسکوربیک به کار رفته سبب می‌شود تا اکسیداسیون چربی غشاء سلولی کاهش یافته و محتوی

مالون دی آلدئید در برگ و ریشه کاهش یابد. آسکوربیک اسید با خنثی سازی رادیکال های اکسیژن از طریق مصرف انواع اکسیژن فعال و تولید مونودی هیدرو آسکوربات از بروز آسیب به سلول و چربی های غشایی جلوگیری می کند و بدین ترتیب از پراکسیداسیون لیپیدها کاسته می شود. اطلاعات اندکی در زمینه اثر توامان اسید آسکوربیک و خشکی و بررسی میزان تعدیل صفات منفی ایجاد شده در ضمن خشکی توسط اسید اسکوربیک در گیاه کلزا در دست است. در این پژوهش سعی شده است که با اعمال تنش خشکی و افزودن میزان اسید آسکوربیک بر گیاهان کلزا به بررسی پاسخ های فیزیولوژیک گیاه کلزا پرداخته شود از طرفی با تکیه بر وجود انواع مواد دگر آسیب در این گیاه و دامنه تغییر پذیری کیفی و کمی مواد دگر آسیب در اثر اعمال انواع تیمار های زیست محیطی اثر عصاره تهیه شده از گیاه کلزا بر ویژگیهای آنتی اکسیدانی در گیاه سویا مورد مطالعه قرار می گیرد.

مواد و روش ها

بذور کلزا دو رقم الایت و طلائیة در فصل پائیز و بعد از اتمام فصل رشد و رویش جمع آوری گردیده و از مرکز تهیه و تولید بذر و ترویج استان لرستان به تهران منتقل شدند. برای کشت گیاهان از محل مزرعه کلزا در شهرستان بروجرد مقداری خاک برداشت گردید و میزان ظرفیت زراعی اندازه گیری گردید. میزان ظرفیت زراعی (FC) خاک مورد نظر ۳۱٪ وزنی می باشد. خاک برداشت شده از محل مزرعه به داخل گلدان های ۲ کیلوگرمی به طور یکسان و یکنواخت توزیع شدند. برای هر رقم کلزا ۴ تیمار خشکی برحسب میزان ظرفیت زراعی طراحی گردید و بلافاصله بعد از کشت بذور داخل گلدانها انواع تیمار های پیش بینی شده با ۴ تکرار در هر تیمار اعمال گردید. میزان آبیاری و اعمال تنش خشکی برحسب جدول ۱ طراحی گردید:

جدول ۱: میزان آبیاری و اعمال تنش خشکی

نوع تیمار	میزان آبیاری (میلی لیتر)
غرقابی	کاملاً آبیاری تا غرقابی
FC	۶۲۰
۱/۴ FC	۳۱۰
۱/۲ FC	۱۵۵

طول دوره تیمار خشکی گیاهان کلزا دو رقم الایت و طلائیة ۴۰ روز بود. در روز دهم بعد از تیمار آسکوربیک اسید به مقدار ۱۰٪ (وزنی/حجمی) به گیاهان اضافه شد. همین کار روز بیستم بعد از شروع تیمار خشکی و کشت گیاهان کلزا تکرار

شد و روز چهارم بعد از شروع کشت و اعمال تیمار همه گیاهان برداشت شده و انواع پارامترهای فیزیولوژیکی سنجیده شدند.

پارامترهای رشد: به منظور بررسی میزان پاسخ رشدی گیاهان کلزا در تنش خشکی و اسیدآسکوربیک پارامترهای زیر سنجیده شد. لازم به توضیح است که برداشت نمونه ها جهت این محاسبات در روزهای دهم، بیستم، سیام و چهارم بعد از شروع کشت انجام گرفت:

وزن تر اندام هوایی [Shoot Fresh Weight(SFW)] و ریشه [Root Fresh Weight(RFW)]، وزن خشک اندام هوایی [Shoot Dry Weight(SDW)] و ریشه [Root Dry Weight(RDW)]، اندازه گیری سطح برگ [Leaf Area]، نرخ رشد نسبی [Relative Growth Rate(RGR)]، نرخ رشد نسبی سطح برگ [Relative Leaf Growth Rate(RL_AGR)]، محتوی آب در واحد سطح [Leaf Water Content Area(LWCA)]، سطح برگ ویژه [Specific leaf Area (SLA)] [Unit leaf Rate (ULR)] نرخ واحد برگ

تهیه عصاره آبی از گیاهان کلزاتیمار دیده: در روز چهارم بعد از برداشت گیاهان ابتدا شستشو در دمای معمولی انجام و سپس در سایه خشک شدند. بعد از گذشت ۱۵ روز و اطمینان از خشک شدن کامل گیاهان، گیاهان به طور کامل و بدون جدا کردن دو بخش هوایی و زیرزمینی توسط آسیاب خرد شده و از الک ۳ میلی متری عبور داده شدند سپس ۵ گرم از پودر گیاهی در ۱۵۰ میلی لیتر آب مقطر استریل مخلوط و به مدت ۱۲ ساعت بر روی دستگاه تکان دهنده قرار گرفت. بعد از زمان مذکور، عصاره از پارچه ململ ۴ لایه و پمپ خلاء عبور داده شد.

تیمار بذور سویا رقم TMS با عصاره آبی دو رقم کلزا: در این مرحله ابتدا بذرهای سویا رقم TMS از مرکز تهیه و تولید بذر و ترویج استان لرستان تهیه و سپس با محلول آب ژاول ۰.۵٪ استریل سطحی شدند و در درون ظروف یکبار مصرف به ابعاد ۱۵ × ۲۵ سانتی متر مربع توزیع و هر روز با محلول حاصل از گیاهان کلزا آبیاری گردیدند. با توجه به این که گیاهان کلزا تحت ۴ تیمار بودند، برای جوانه زنی هم ۴ تیمار و برای هر تیمار ۴ تکرار در نظر گرفته شد. در طول آزمایش ظروف حاوی بذور داخل ژرمیناتور با دمای $24 \pm 2^{\circ}C$ قرار داده شد. در روز پانزدهم و بعد از پایان جوانه زنی دانه رستها برداشت و میزان فعالیت آنتی اکسیدانی آنها اندازه گیری گردید.

اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی در دانه رستهای سویا

(I) اندازه گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز: برای اندازه گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، ۲۵۰ میلی گرم بافت تر دانه رستهای ۲۰ روزه تیمار دیده با استفاده از بافر استخراج حاوی ۱۰۰ میلی مول فسفات پتاسیم در ۷

PH، ۲/۲ میلی مول آسکوربات و ۱ میلی مول EDTA در یک هاون قرار گرفته در ظرف یخ هموژن گردید. مخلوط هموژن به مدت ۵ دقیقه در دور ۱۰/۰۰۰ g سانتیفریژ گردید و از محلول رویی برای سنجش میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز بهره گرفته شد. اندازه گیری فعالیت آنزیمی انجام شد به گونه ای که ۱ میلی لیتر محلول واکنش گر شامل ۱۰۰ میلی مول بافر فسفات پتاسیم در ۷ pH، ۰/۲۲ میلی مول آسکوربات و ۰/۳ میلی مول H_2O_2 و عصاره استخراج شده آنزیمی در دستگاه اسپکتروفتومتر Shimadzo double-beam و model UV-160A قرار داده شد و کاهش میزان جذب در طول موج ۲۹۰ نانومتر به علت انجام فرآیند اکسیداسیونی اسیدآسکوربیک توسط H_2O_2 ثبت گردید.

II) اندازه گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز: برای اندازه گیری میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در دانه رست های ۲۰ روزه سویا، دانه رست ها در یک هاون از قبل سرد شده به همراه ۱۰۰ میلی مول بافر سدیم فسفات (pH ۶/۸) به خوبی هموژن شده هموژنات به دست آمده به مدت ۱۰ دقیقه در دور ۷۰۰۰ rpm سانتیفریژ گردید و از محلول رویی برای اندازه گیری میزان فعالیت پراکسیدازی بهره گرفته شد. لازم به ذکر است که کلیه مراحل جداسازی آنزیمی در دمای $4^{\circ}C$ + انجام گرفت. اندازه گیری میزان فعالیت پراکسیدازی انجام شد. از گایاکول به عنوان سوبسترا استفاده گردید. فعالیت پراکسیدازی در مخلوط واکنش (۳/۱۵ میلی لیتر) حاوی ۵۰ میکرومول عصاره آنزیمی، ۵۰ میکرولیتر (۰/۳) H_2O_2 ، ۵۰ میکرولیتر گایاکول (۰/۲ M) و ۳ میلی لیتر بافت فسفات ۰/۱ مولار (pH ۶/۸) اندازه گیری گردید. میزان جذب در ۴۳۶ نانومتر بعد از گذشت ۳ دقیقه ثبت گردید.

III) اندازه گیری فعالیت آنزیم کاتالاز: برای اندازه گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز ابتدا بافر تریس ۵۰ میلی مولار (pH ۷) ۲/۵ میلی لیتر، ۰/۷۸۷۵ گرم پودر تریس را در ۵۰ میلی لیتر آب مقطر حل کرده و pH آن به ۷ رسانده می شود (آب اکسیژنه ۳٪، ۰/۳ میلی لیتر) و حجم آن به ۱۰۰ سی سی سیرسانده شده و برای سنجش ۲/۵ میلی لیتر از محلول مورد استفاده قرار می گیرد. ابتدا ۶۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی در حمام یخ با مواد فوق مخلوط و سپس در طول موج ۲۴۰ نانومتر میزان جذب آن ثبت گردید. فعالیت آنزیمی بر حسب تغییرات واحد جذب در دقیقه به ازای هر گرم وزن تر برگ محاسبه گردید.

ه) مطالعات آماری: کلیه آزمایش ها به صورت یک طرح کاملاً تصادفی متعادل با ۴ تکرار انجام شد. نتایج آزمایش ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS (Ver 10.01) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و معنی دار بودن نتایج در سطح احتمال $\alpha < 5\%$ مورد آزمایش و بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

اندازه‌گیری میزان وزن تر اندام هوایی دانه‌رست‌های گیاه کلزا رقم طلائی در روز دهم اگرچه تغییراتی را نشان می‌داد ولی از نظر آماری اختلاف در سطح احتمال $\alpha < 0.05$ معنی‌دار نبود، در تیمار $FC \frac{1}{4}$ و $FC \frac{1}{2}$ افزایش غیرمعنی‌دار دیده شد در روز بیستم هم تغییراتی افزایشی نسبت به شاهد در وزن تر اندام هوایی رؤیت شد ولی تغییرات غیرمعنی‌دار بود. در روز سی‌ام و چهلم بعد از کاشت اگرچه، میزان وزن تر اندام هوایی گیاهان کلزا رقم طلائی نسبت به روزهای دهم و بیستم بیشتر بود ولی اعمال تنش خشکی همگام با کاربرد با اسیدآسکوربیک افزایش معنی‌داری را در سطح احتمال $\alpha < 0.05$ نشان ندادند. اندازه‌گیری میزان وزن تر ریشه دانه‌رست‌های گیاه کلزا رقم طلائی نشان می‌دهد که در روز دهم بکارگیری همزمان تنش خشکی و اسیدآسکوربیک اگرچه سبب افزایش وزن تر ریشه شده است ولی تفاوت در سطح احتمال $\alpha < 0.05$ معنی‌دار نیست. در روز بیستم و سی‌ام تغییرات میزان وزن تر ریشه از قانون خاصی تبعیت نمی‌کند ولی در روز چهلم وزن تر ریشه افزایش معنی‌داری را نسبت به سایر تیمارها نشان می‌دهد. اندازه‌گیری میزان اوزان خشک اندام هوایی در گیاهچه‌های کلزا رقم طلائی نشان می‌دهد که به کارگیری اسیدآسکوربیک سبب افزایش وزن خشک در تیمارهای گوناگون خشکی می‌گردد. به عبارتی از نظر وزن خشک روند بهبود قابل مشاهده است ولی تفاوت مشاهده شده معنی‌دار نیست. در روز دهم، وزن خشک ریشه گیاهان کلزا رقم طلائی در تیمار $FC \frac{1}{2}$ افزایش داشت ولی افزایش معنی‌دار نبود. در روز بیستم کاهش غیرمعنی‌دار وزن خشک ریشه وجود داشت. در روز سی‌ام تغییرات قابل توجهی بین تیمارهای گوناگون دیده نشد اگر چه در گیاهان مورد مطالعه ماده‌سازی بین روز دهم، روز بیستم و روز سی‌ام در همه تیمارها مشاهده شده است. در روز چهلم شروع تیمار، اگر چه وزن خشک ریشه نسبت به روز سی‌ام کاهش داشت ولی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای خشکی در $FC \frac{1}{2}$ با سایرین دیده نشد. افزایش وزن خشک در ریشه گیاهان چهل روزه در تیمار $FC \frac{1}{2}$ نسبت به سایر تیمارها در سطح احتمال $\alpha < 0.05$ معنی‌دار است. افزایش میزان اسیدآسکوربیک همزمان با افزایش تنش خشکی سبب افزایش نرخ رشد نسبی گیاهان کلزا رقم طلائی می‌شود، افزایش مشاهده شده در نرخ رشد نسبی معنی‌دار نیست. سطح برگی ویژه گیاهان کلزا وارسته طلائی اگرچه با گذشت زمان از شروع تیمار افزایش می‌یابد ولی افزایش آن معنی‌دار نیست. با افزایش میزان تنش خشکی، سطح برگی ویژه کاهش می‌یابد و اعمال اسیدآسکوربیک سبب می‌شود تا کاهش سطح برگی ویژه نسبت به شرایط بدون اعمال اسیدآسکوربیک کمتر باشد. مقایسه میزان نرخ رشد نسبی برگ در گیاهان کلزا رقم طلائی در تنش‌های مختلف خشکی و اسیدآسکوربیک نشان می‌دهد که در روز سی‌ام بعد از تنش اسیدآسکوربیک اثر مثبت خود را به صورت افزایش در نرخ رشد نسبی برگ نشان داده است ولی در روز چهلم بعد از شروع تیمار با افزایش خشکی، کاهش نرخ رشد نسبی برگ دیده می‌شود. محتوای آب در واحد سطح برگی گیاهان کلزا رقم طلائی با افزایش

تیمار خشکی افزایش یافت. البته این افزایش منحصرأ در روزهای کاربرد اسیدآسکوربیک بود و در روزهای سی‌ام و چهل‌ام که هیچگونه تیماری از اسیدآسکوربیک وجود نداشت دیده نشده است. اندازه‌گیری نرخ واحد برگگی در گیاهان کلزا رقم طلائی‌ه نشان می‌دهد که با افزایش تنش خشکی در روز دهم، این پارامتر افزایش یافته ولی در روزهای بیستم کاهش نشان داده است، کاهش مشاهده شده از نظر آماری معنی‌دار نیست. در روز سی‌ام و چهل‌ام گیاهان شاهد از نرخ واحد برگگی بسیار کمتری برخوردار بودند این در حالی است که تنش خشکی علاوه بر اثر روی پارامتر مذکور سبب کاهش اثر مثبت اسیدآسکوربیک هم شده است. اندازه‌گیری سطح برگگی گیاهان کلزا رقم طلائی‌ه تحت تیمارهای گوناگون خشکی و اسیدآسکوربیک نشان می‌دهد که در روز دهم تنش خشکی افزایش معنی‌داری را در سطح برگگی گیاهان ایجاد کرده است. در روز دهم کاهش معنی‌دار سطوح برگگی ولی افزایش نسبت به روز بیستم دیده می‌شود. در روز سی‌ام افزایش معنی‌دار قابل ملاحظه‌ای در سطح برگگی گیاهان تیماردیده وجود دارد ولی در روز چهل‌ام کاهش معنی‌دار دیده می‌شود. نتایج در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: پاسخ های فیزیولوژیک گیاهان کلزا رقم طلائی تحت تنش خشکی و آسکوربات

تیمار ASC	تیمار خشکی	وزن تر اندام هوایی (g/plant)	وزن تر اندام ریشه (g/plant)	وزن خشک اندام هوایی (g/plant)	وزن خشک ریشه (g/plant)	نرخ رشد نسبی (gg ⁻¹ d ⁻¹)	سطح برگ و ویژه (cm ² g ⁻¹)	نرخ رشد نسبی برگ (cm ² cm ² d ⁻¹)	محتوی آب در واحد سطح (g(H ₂ O)m ⁻²)	نرخ واحد برگ (gm ⁻² d ⁻¹)	سطح برگ (cm ² / plant)
روز دهم +ASC	غرقابی	۰/۱۱۸±۰/۰۴۵	۰/۰۰۳۹±۰/۰۰۱۸	۰/۰۱۱±۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۴۵±۰/۰۰۰۱	-۰/۴۲۸±۰/۰۱۱	۱۴۰/۱±۱۵/۲۹	۰/۱۴۳±۰/۰۰۷	۰/۰۲۸۲±۰/۰۰۶	۱۰ ^{-۴} ×۰/۰۰۰۴±۰/۵	۳/۶۱±۰/۱۳
	1/4FC	۰/۱۸۱±۰/۰۰۶	۰/۰۰۳۵±۰/۰۰۱۸	۰/۰۱۰۹±۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۳۸±۰/۰۰۰۱	-۰/۴۲۵±۰/۰۱۵	۱۳۴/۶۸±۱۸/۳۷	۰/۱۳۰±۰/۰۰۰۲	۰/۰۴۵۶±۰/۰۰۱	۱۰ ^{-۴} ×۰/۰۰۰۵±۰/۸	۳/۶۹±۰/۰۱
	1/2FC	۰/۱۳۹±۰/۰۰۷۹	۰/۰۰۸۶±۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۷۱±۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۶۱±۰/۰۰۰۲۴	-۰/۳۸۵±۰/۰۰۲۴	۱۱۶/۹۶±۲۸/۷۳	۰/۱۵۱±۰/۰۰۰۶	۰/۰۲۷۳±۰/۰۰۹	۱۰ ^{-۴} ×۰/۰۰۰۷±۰/۱	۴/۴۵±۰/۰۰۸
	FC	۰/۱۱۱±۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۵۸±۰/۰۰۰۲۵	۰/۰۱۱۶±۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۰۴	۰/۴۳۵±۰/۰۰۲۳	۱۱۳/۱۹±۱۳/۱۲	۰/۱۱۴±۰/۰۰۰۲	۰/۰۳۱±۰/۰۰۰۲	۱۰ ^{-۴} ×۰/۰۰۰۳±۰/۱	۳/۳۴±۰/۰۱۰
روز بیستم +ASC	غرقابی	۰/۲۶۵±۰/۱۱۲	۰/۰۱۳±۰/۰۰۱۵	۰/۰۳۵۵±۰/۰۱۳	۰/۰۰۷۷±۰/۰۰۰۴	۰/۰۹۹±۰/۰۰۳۴	۲۸۸/۹۵±۴۱/۶	۰/۰۸۷۵±۰/۰۰۰۲	۰/۰۲۵۷±۰/۰۰۰۸	۱۰ ^{-۴} ×۰/۰۰۰۴±۰/۲	۹/۲۰±۰/۱۲
	1/4FC	۰/۲۰۹±۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۶۹±۰/۰۰۰۳۹	۰/۰۲۷۴±۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۰۳۸±۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۷۸±۰/۰۰۱۵	۲۴۷/۰۶±۲۱/۰۹	۰/۰۵۲۷±۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۲۹۶±۰/۰۰۰۴	۱۰ ^{-۴} ×۰/۰۰۰۳±۰/۵	۶/۳۹±۰/۱۶
	1/2FC	۰/۲۶۲±۰/۰۰۸۴	۰/۰۰۵۸±۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۲۸۶±۰/۰۰۰۵۷	۰/۰۰۳±۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۳۴±۰/۰۰۰۴	۲۱۵/۰۱±۲۳/۸۵	۰/۰۱۹۳±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۴۲۸±۰/۰۰۰۸	۱۰ ^{-۴} ×۰/۰۰۰۱±۰/۲	۵/۳۷±۰/۱۵
	FC	۰/۲۷۴±۰/۰۰۵۱	۰/۰۱۱۶±۰/۰۰۰۳۲	۰/۰۲۶۰±۰/۰۰۰۳۳	۰/۰۰۶۵±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۹۰±۰/۰۰۰۲۶	۲۲۱/۳۱±۳۷/۵۲	۰/۰۳۴±۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۴۹۳±۰/۰۰۰۵	۱۰ ^{-۴} ×۰/۰۰۰۴±۰/۱	۵/۱۴±۰/۰۰۰۲
روز سی ام -ASC	غرقابی	۰/۲۹۷±۰/۱۲۸	۰/۰۲۲۷±۰/۰۰۰۶۸	۰/۴۱۴±۰/۰۰۰۸	۰/۰۱۴±۰/۰۰۰۵۸	۰/۰۴۳±۰/۰۰۰۳۳	۲۷۹/۳۴±۴۵/۲۱	۰/۰۴۵±۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۰±۰/۰۰۰۳	۱۰ ^{-۴} ×۰/۰۰۰۱±۰/۱	۱۴/۱۴±۰/۰۰۶
	1/4FC	۰/۲۴۶±۰/۱۱۷	۰/۰۰۹۶±۰/۰۰۰۲۶	۰/۰۵۲±۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۴۶±۰/۰۰۰۰۹	a/۰/۰۴۸±۰/۰۰۰۳۱	۲۰۶/۱۵±۲۷/۷۴	۰/۰۴۳±۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۲±۰/۰۰۰۷	۱۰ ^{-۴} ×۰/۰۰۰۳±۰/۲	۹/۵±۰/۰۰۵
	1/2FC	۰/۴۲۴±۰/۰۳۸	۰/۰۳۳۳±۰/۰۲۴	۰/۰۶۴±۰/۰۰۰۳۱	۰/۰۱۱±۰/۰۰۰۰۳	a/۰/۰۷۰±۰/۰۰۰۲۷	۲۵۱/۱۴±۵۳/۰۳	۰/۱۰۴±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۲۳±۰/۰۰۰۱	۱۰ ^{-۴} ×۰/۰۰۰۴±۰/۳	۱۵/۶۸±۰/۱۱
	FC	۰/۳۸۳±۰/۱۱۵	۰/۰۲۱±۰/۰۰۰۱۳۵	۰/۰۶۰±۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۱۱±۰/۰۰۰۰۴	a/۰/۰۷۱±۰/۰۰۰۳۵	۱۸۶/۷۹±۲۲/۸۵	۰/۰۸۶±۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۲۷±۰/۰۰۰۰۵	۱۰ ^{-۴} ×۰/۰۰۰۳±۰/۰۰۲	۱۲/۰۶±۰/۰۰۰۷
روز چهارم -ASC	غرقابی	۰/۲۵۸±۰/۱۲۰	۰/۰۰۴۵±۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۴۴±۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۰۷۹	-۰/۰۰۶±۰/۰۰۰۴۶	۳۴۷/۳۱±۵۰/۳	۰/۰۲۸±۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۱۳±۰/۰۰۰۰۴	۱۰ ^{-۴} ×۰/۰۰۰۰۵±۰/۱	۱۸/۴۹±۰/۱۱
	1/4FC	۰/۲۸۸±۰/۱۱۶	۰/۰۰۳۳±۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۵۴±۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۰۲۱±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۳±۰/۰۰۰۳۴	۲۰۹/۳±۴۲/۲۳	۰/۰۳۱۹±۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۱۹±۰/۰۰۰۰۵	۱۰ ^{-۴} ×۰/۰۰۰۰۱۶±۰/۲	۱۲/۵±۰/۱۴
	1/2FC	۰/۲۷۷±۰/۱۱۰	۰/۰۱۱±۰/۰۰۰۰۴۰	۰/۰۵۱±۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۶۳±۰/۰۰۰۰۲۰	۰/۰۰۵۹±۰/۰۰۰۴۳	۲۰۴/۰۷±۳۷/۸	۰/۰۴۵۱±۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۲۷±۰/۰۰۰۰۴	۱۰ ^{-۴} ×۰/۰۰۰۰۰۳±۰/۳	۹/۴۳±۰/۱۸
	FC	۰/۳۱۶±۰/۱۱۹	۰/۰۰۳۰±۰/۰۰۰۰۶۵	۰/۰۰۶۲±۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۰۱۴±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۱۴±۰/۰۰۰۰۲	۱۷۱/۴۷±۳۴/۷	۰/۰۲۱±۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۲۱±۰/۰۰۰۰۲	۱۰ ^{-۴} ×۰/۰۰۰۰۰۵±۰/۲	۹/۶۳±۰/۱۱

جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس برخی پارامترهای رشد در کلزا (رقم طلائی) تحت تنش خشکی و آسکوریات

منابع تغییر	df	shootfw	rootfw	shootdw	rootdw	RGR	SLA	RLAGR	LWCA	ULA	LA
ASC	۳	۰.۰۴۳۶۳**	۰.۰۰۴۹۱**	۰.۰۰۴۳۵**	۰.۰۰۱۷۷**	۰.۸۷۷۸۲۵**	۴۸۳۳۰.۷**	۰.۰۵۰۸۴**	۰.۰۰۱۰۴**	۲.۰۲۶۴۹**	۳۲۳.۱۱۹**
Stress	۳	۰.۰۲۶۸۰۴**	۰.۰۰۰۷۹*	۰.۰۰۰۴۴	۰.۰۰۰۲۴۵**	۰.۰۰۰۳۸۲	۲۴۲۲۸.۲**	۰.۰۰۱۳۱**	۰.۰۰۰۵۵*	۱.۳۴۰۵۱*	۴۶.۳۳۷۳**
ASC*stress	۹	۰.۰۱۴۳۲**	۰.۰۰۰۳۰۱	۰.۰۰۰۴۳۹	۰.۰۰۰۱۷۹**	۰.۰۰۰۵۸۱**	۴۱۳۲.۳۵	۰.۰۰۴۰۹**	۰.۰۰۰۱۶	۸.۵۳۴۷۳	۲۲.۸۱۴۰**
Error	۴۸	۰.۰۰۴۹۴	۰.۰۰۰۲۱	۰.۰۰۰۳۱۱	۰.۰۰۰۰۴۹	۰.۰۰۱۴۵۵	۴۷۰۸.۶۷	۰.۰۰۰۰۲۱	۰.۰۰۰۱۳۵	۴.۶۸۵۴۴	۰.۰۵۰۸۷

***و** = میانگین مربعات به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی دار هستند

جدول ۴: بررسی میزان پارامترهای رشد در گیاه کلزا رقم الایت تحت تنش خشکی و آسکوربات

SLA (cm ² g ⁻¹)	RL _A GR (cm ² cm ² d ⁻¹)	LWCA (g(H ₂ O)m ⁻²)	ULR (gm ² d ⁻¹)	LA (cm ² /plant)	RGR(gg ⁻¹ d ⁻¹) 1)	Root DW(g/plant)	Shoot DW(g/plant)	Root FW(g/plant)	Shoot FW(g/plant)	تیمار خشکی	تیمار ASC
۶۱/۵۵±۱۱/۱	۰/۰۷۷±۰/۰۰۴	۰/۱۳۴±۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۷±۰/۰۰۰۱	۱/۹۲±۰/۱۱	-۰/۳۹۹±۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۶۵±۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۴۲±۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۶±۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۹±۰/۰۰۱۳	غرقابی	روز دهم
۱۰۵/۵۶±۱۳/۵	۰/۰۹۲±۰/۰۰۰۲	۰/۰۴۱۹±۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۴±۰/۰۰۰۰۶	۲/۴۰۹±۰/۱	-۰/۴۴۱±۰/۰۰۱	۰/۰۰۱۲±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۱۰۸±۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۲۹±۰/۰۰۰۴	۰/۱۹۵±۰/۰۰۲۹	1/4FC	+ASC
۸۲/۷۶±۲۶/۸	۰/۰۸۲±۰/۰۰۰۵	۰/۰۷۶±۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۶±۰/۰۰۰۰۱	۲/۶۲±۰/۱۲	-۰/۴۰۷±۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۶۳±۰/۰۰۰۳۵	۰/۰۱۲۷±۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۱±۰/۰۰۰۵	۰/۱۱۳±۰/۰۰۰۲	1/2FC	+ASC
۱۰۵/۸۹±۱۷/۴	۰/۱۱۴±۰/۰۰۰۲	۰/۰۵۰±۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵±۰/۰۰۰۰۹	۳/۳۱±۰/۱۹	-۰/۴۱۹±۰/۰۰۱	۰/۰۰۲۹±۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۲۷±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۹۷±۰/۰۰۰۳	۰/۱۶۱±۰/۰۰۱۷	FC	
۲۰۷/۷۷±۶۳/۱	۰/۰۶۷±۰/۰۰۰۱	۰/۰۶۸±۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۳±۰/۰۰۰۰۱	۳/۷۳±۰/۹۵	-۰/۰۰۴۷±۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۲۷±۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۸۵±۰/۰۰۰۲	۰/۰۲۹±۰/۰۰۰۸	۰/۲۳۹±۰/۰۰۰۴	غرقابی	روز بیستم
۲۴۷/۲۶±۳۹/۹	۰/۱۴۵±۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۹±۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۵±۰/۰۰۰۰۱	۱۰/۵۵±۰/۱۵	-۰/۰۰۳۵±۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۳۶±۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۹۳±۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۵۸±۰/۰۰۰۹	۰/۲۵۱±۰/۰۰۰۶	1/4FC	+ASC
۱۵۶/۱۷±۲۵/۴	۰/۰۸۴±۰/۰۰۰۱	۰/۰۴۳±۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۵±۰/۰۰۰۰۱	۵/۶۱±۰/۱۴	۰/۰۸۶±۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۳۲±۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۳۷۱±۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۱۳±۰/۰۰۰۲	۰/۲۸۷±۰/۰۰۰۱	1/2FC	+ASC
۲۲۵/۶۶±۲۰/۲	۰/۰۶۶±۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۸±۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۲±۰/۰۰۰۰۱	۵/۶±۰/۱۱	-۰/۰۰۵۲±۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۳۵±۰/۰۰۰۱	۰/۰۲۱۶±۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۰±۰/۰۰۰۲	۰/۲۶۳±۰/۰۰۰۴۷	FC	
۱۷۲/۵۵±۷/۴	۰/۱۲۶±۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۹±۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۵±۰/۰۰۰۰۲	۱۳/۵۸±۰/۱۵	۰/۰۸۶±۰/۰۰۰۳	۰/۰۲۴±۰/۰۰۰۷	۰/۰۴۶۱±۰/۰۰۰۵	۰/۰۴۲±۰/۰۰۰۱	۰/۲۹۷±۰/۰۰۰۹	غرقابی	روز س ام
۲۵۶/۶۶±۲۵/۰	-۰/۱۴۴±۰/۱۳	۰/۰۲۵±۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۸±۰/۰۰۰۰۷	۱۰/۴۶±۰/۱۶	۰/۰۰۹±۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۶±۰/۰۰۰۱	۰/۰۴۱۵±۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۳۴±۰/۰۰۰۱	۰/۲۹۵±۰/۰۰۰۲	1/4FC	-ASC
۱۷۳/۰±۱۴/۷۸	۰/۰۱۹±۰/۰۰۰۷	۰/۰۲۱±۰/۰۰۰۲	-۰/۰۰۰۱±۰/۰۰۰۰۵	۶/۴۶±۰/۱۱	-۰/۰۱۸±۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۶±۰/۰۰۰۲	۰/۰۲۷۳±۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۰۸±۰/۰۰۰۳	۰/۱۸۲±۰/۰۰۰۲	1/2FC	-ASC
۲۲۳/۰۷±۱۲/۳۵	۰/۰۲۹±۰/۰۰۰۵	۰/۰۲±۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱±۰/۰۰۰۰۱	۷/۴۴±۰/۱۴	۰/۰۴۱±۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۱±۰/۰۰۰۲	۰/۰۲۸۲±۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۵±۰/۰۰۰۲	۰/۱۶۶±۰/۰۰۰۱۹	FC	
۱۷۰/۵۱±۲۴/۳	-۰/۰۱۰۸±۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۳۸±۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۲±۰/۰۰۰۰۷	۱۲/۲۹±۰/۱۲	۰/۰۳۱±۰/۰۰۰۱	۰/۰۴۳۳±۰/۰۰۰۹	۰/۰۵۵±۰/۰۰۰۱	۰/۰۷۸±۰/۰۰۱۵	۰/۴۳۹±۰/۰۰۰۱	غرقابی	روز چهارم
۱۵۵/۳±۱۱/۵	-۰/۰۳۵±۰/۰۰۰۴	۰/۰۲۸±۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۱±۰/۰۰۰۰۷	۷/۵۱±۰/۱۴	۰/۰۳۲±۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۹±۰/۰۰۰۳	۰/۰۴۷±۰/۰۰۰۷	۰/۰۲۶±۰/۰۰۰۳	۰/۲۴۸±۰/۰۰۰۱	1/4FC	-ASC
۱۶۶/۱±۲۱/۸	۰/۰۱۴۸±۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۳۱±۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۴±۰/۰۰۰۰۱	۷/۶±۰/۱۳	۰/۰۶±۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۳±۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۵۵±۰/۰۰۰۵	۰/۰۴۹±۰/۰۰۱۴	۰/۲۵۴±۰/۰۰۰۲	1/2FC	-ASC
۱۷۲/۷±۱۵/۸	۰/۰۵۷±۰/۰۰۰۱	۰/۰۳۴±۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۷±۰/۰۰۰۰۱	۱۴/۳۴±۰/۲۲	۰/۱۰۸±۰/۰۰۰۱	۰/۰۵۳±۰/۰۰۰۶	۰/۰۶۸±۰/۰۰۱۸	۰/۱۱۹±۰/۰۰۱۸	۰/۴۹۴±۰/۰۰۱۱	FC	

جدول ۵: نتایج تجزیه واریانس برخی پارامترهای رشد در کلزا (رقم الایت) تحت تنش خشکی و آسکوربات

منابع تغییر	df	shootfw	rootfw	shootdw	rootdw	RGR	SLA	RLAGR	LWCA	ULA	LA
ASC	۳	۰.۰۴۶۱۹**	۰.۰۱۲۷۳**	۰.۰۰۳۰۹**	۰.۰۰۳۶۵**	۰.۸۲۲۰۵**	۵۰۲۴۲.۷**	۰.۰۳۷۹۳**	۰.۰۰۸۶۷**	۴.۲۱۵**	۲۰۱.۹۹۵**
Stress	۳	۰.۰۱۳۲*	۰.۰۰۳۰۵**	۰.۰۰۰۱۸	۰.۰۰۰۶۴**	۰.۰۱۱۱۱*	۸۰۱۷.۳۳*	۰.۰۰۰۹۵	۰.۰۰۳۷۹**	۹.۷۲۰	۱۹.۳۱۸**
ASC*stress	۹	۰.۰۱۳۴۲**	۰.۰۰۲۴۶**	۰.۰۰۰۳۱*	۰.۰۰۰۲۳*	۰.۰۰۳۸۹	۲۲۷۴.۶۵	۰.۰۱۸۰۳**	۰.۰۰۱۵۴**	۱.۱۱۷۷	۳۴.۸۸۸**
Error	۴۸	۰.۰۰۳۱	۰.۰۰۰۱۲۷	۰.۰۰۰۱۱۶	۰.۰۰۰۰۸۹	۰.۰۰۳۳۸	۲۷۱۵.۹	۰.۰۰۴۸۳	۰.۰۰۰۵۱	۵.۸۳۷۲	۰.۰۸۲۶

**و* = میانگین مربعات به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد معنی دار هستند.

تغییرات وزن تر اندام هوایی گیاهان کلزا رقم الایت در روز دهم با افزایش خشکی از شاخص رو به کاهش برخوردار بود. با گذشت زمان میزان وزن تر اندام هوایی افزایش یافت همگام با رشد گیاه، افزایش دیده شد ولی در روز سیام تغییرات در سطح احتمال $\alpha < 0.05$ معنی دار بود. اسیدآسکوربیک در روز بیستم اثر مثبت خود را در جهت تعدیل اثرات منفی خشکی بهتر از روزهای دیگر نشان داد. با افزایش میزان خشکی در محیط از میزان وزن تر ریشه کاسته شد. این کاهش در FC $1/4$ بیشتر دیده شد. حضور اسیدآسکوربیک در روز بیستم سبب گردیده که در تیمار FC $1/4$ و FC $1/2$ روز سیام کاهش میزان وزن تر به یک اندازه دیده شود به گونه ای اثر مثبت میزان اسیدآسکوربیک در تیمارها دیده می شود. تغییرات مشاهده شده در روزهای بیستم، سیام و چهارم معنی دار است. با افزایش تیمار خشکی، میزان وزن خشک اندام هوایی کاهش معنی داری نداشت ولی به کارگیری اسیدآسکوربیک سبب گردید تا در روز سیام وزن خشک در تیمار FC $1/4$ افزایش معنی داری را نسبت به وزن خشک تیمار FC $1/2$ نشان دهد. در روز چهارم اختلاف مشاهده می شود ولی در سطح احتمال $\alpha < 0.05$ معنی دار نیست. با افزایش تنش خشکی در روز دهم میزان وزن خشک ریشه کاهش می یابد ولی تغییرات معنی دار نیست. به کارگیری اسیدآسکوربیک نتایج روز بیستم را تغییر می دهد به گونه ای که میزان وزن خشک ریشه در تیمار FC $1/4$ بیش از FC $1/2$ می شود، اختلاف معنی دار است. ولی در روز چهارم میزان وزن خشک در تیمار FC $1/4$ کاهش بسیار معنی داری را نسبت به تیمار نشان می دهد. اندازه گیری میزان نرخ رشد نسبی گیاهان کلزا رقم الایت نشان می دهد که در روز دهم اعمال تنش خشکی تغییرات معنی داری را ایجاد نکرده است. کاربرد اسیدآسکوربیک در روز دهم سبب شده است تا نرخ رشد نسبی در تیمار FC $1/2$ افزایش داشته باشد و در روز سیام افزایش در FC $1/4$ ولی کاهش در FC $1/2$ دیده می شود که نسبت به شاهد فقط کاهش ملاحظه شده در FC $1/2$ معنی دار است. در روز چهارم بعد از کشت افزایش نرخ رشد نسبی مشهود است که در اکثریت موارد افزایش ملاحظه شده معنی دار است. اندازه گیری سطح برگ و ویژه در گیاهان کلزا رقم الایت در روزهای گوناگون بعد از شروع کشت نشان داد که در روز دهم بعد از شروع آزمایش تغییرات مشاهده شده از روند خاصی تبعیت نمی کند، افزایش یا کاهش بر میزان خشکی محیط نیست و اختلافها معنی دار هم نمی باشد. در روز بیستم در تیمار FC $1/4$ افزایش معنی دار SLA نسبت به روز دهم مشاهده می گردد. در روز سیام اگرچه تفاوتی قابل مشاهده است ولی اختلاف بین شاهد و سایر گروه های تیماری خشکی معنی دار است که به خوبی می توان تأثیر مثبت اسیدآسکوربیک را ملاحظه نمود. در روز چهارم بعد از شروع کشت، تغییرات قابل توجه نبوده، کاهش با افزایش روند خشکی معنی دار نمی باشد. اندازه گیری نرخ رشد نسبی برگ گیاهان کلزا رقم الایت تحت تنش خشکی و آسکوربات در روزهای گوناگون بعد از کشت نشان داد که در روز دهم، گیاهان افزایش معنی داری را در میزان نرخ رشد نسبی برگ نشان می دهند که علی رغم اعمال خشکی کاربرد اسیدآسکوربیک اثر مثبت خود را در این

جهت به خوبی نشان می‌دهد. در روز بیستم نیز افزایش معنی‌دار کاملاً مشهود است ولی در روز سی‌ام و چهل‌ام کاهش نرخ رشد نسبی برگ دیده می‌شود. این کاهش در روز سی‌ام معنی‌دار نیست ولی در روز چهل‌ام در همه تیمارهای خشکی کاهش معنی‌دار است. میزان آب در واحد سطح برگ با افزایش خشکی کاهش داشت، میزان کاهش آب در واحد برگ در روزهای دهم و بیستم تا حدودی معنی‌دار است ولی در روزهای سی‌ام و چهل‌ام تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. اندازه‌گیری نرخ واحد برگ نشان می‌دهد که اگر چه در روزهای گوناگون بعد از شروع تیمار تغییرات کاهشی در راستای افزایش خشکی دیده می‌شود ولی این تغییرات ماده‌سازی فقط در روز چهل‌ام بین دو تیمار FC و $1/4$ FC معنی‌دار است و در سایر موارد اختلاف‌ها در سطح احتمال $\alpha < 0.05$ معنی‌دار نیست ولی روند کاهشی قابل رؤیت است. اندازه‌گیری سطح برگ گیاهان کلزا رقم الایت در تیمارهای گوناگون خشکی نشان داد که در روز دهم میزان سطح برگ گیاهان نسبت به تیمار FC کاهش معنی‌دار یافتند، ولی به کارگیری اسیدآسکوربیک سبب شده است تا در تیمار $1/4$ FC سطح برگ افزایش قابل توجه و معنی‌داری را نشان داد. در تیمار ۳۰ روزه هم تقریباً همین قاعده برقرار بود. در روز چهل‌ام گیاهان اگرچه کاهش سطح برگ را نسبت به FC و شاهد نشان دادند ولی مشاهدات در سطح احتمال $\alpha < 0.05$ معنی‌دار بوده است (جدول ۳).

اندازه‌گیری‌ها نشان داده‌اند که میزان فعالیت آسکورات پراکسیدازی در گیاهان جوان سویا تحت اثر عصاره‌های گوناگون گیاهان کلزا تغییراتی را نشان می‌داد به گونه‌ای که عصاره به دست آمده از گیاهان کلزایی که تحت تیمار FC $1/4$ آبیاری و اسیدآسکوربیک قرار داشتند افزایش معنی‌داری را در میزان فعالیت آسکورات پراکسیدازی گیاهان سویا نسبت به عصاره به دست آمده از گیاهان کلزای تحت تیمار FC و اسیدآسکوربیک ایجاد کردند (جدول ۴). تغییرات فعالیت کاتالازی در دانه‌رست‌های سویا رقم TMS در عصاره‌های آبی تهیه شده از گیاهان کلزا رقم الایت نشان می‌دهد که بالاترین میزان فعالیت تحت اثر عصاره آبی گیاهان تیمار شده با $1/4$ FC و اسیدآسکوربیک مشاهده شد. اختلاف موجود در سطح احتمال $\alpha < 0.05$ معنی‌دار است و کمترین میزان هم تحت اثر عصاره تهیه شده از گیاهانی با آبیاری کامل و شاهد دیده می‌شود. اندازه‌گیری میزان فعالیت پراکسیدازی دانه‌رست‌های گیاه سویا رقم TMS تحت اثر عصاره‌های آبی به دست آمده از گیاهان کلزا رقم الایت نشان داده است که تنش خشکی همراه با آسکورات تحت تیمار $1/4$ FC بالاترین میزان فعالیت پراکسیدازی را سبب شده است ولی اختلاف معنی‌داری با شاهد (آبیاری کامل) ندارد. پایین‌ترین میزان فعالیت پراکسیدازی در تیمار FC همراه با آسکورات مشاهده می‌شود (جدول ۵ و ۶).

جدول ۶: بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی در گیاهچه های سویای تیمار دیده

نوع عصاره	فعالیت پراکسیدازی ODmin ⁻¹ g ⁻¹ DW	فعالیت آسکوربیک پراکسیدازی ODmin ⁻¹ g ⁻¹ DW	فعالیت کاتالازی ODmin ⁻¹ g ⁻¹ DW
شاهد	۰/۰۴۲۵۰ ^{a*}	۰/۰۲۰۷۵ ^{a*}	۰/۰۴۰۲۵ ^{a*}
۱/۴FC	۰/۰۴۴۰۰ ^{ac}	۰/۰۲۲۷۵ ^{ac}	۰/۰۴۳۲۵ ^a
۱/۲FC	۰/۰۲۴۵۰ ^a	۰/۰۲۴۲۵ ^a	۰/۰۱۹۰۰ ^b
FC	۰/۰۳۰۸۸ ^{bc}	۰/۰۳۹۷۵ ^{bc}	۰/۰۳۳۱۳ ^c

جدول ۷: نتایج تجزیه واریانس فعالیت آنتی اکسیدانی در گیاهچه های سویا تحت تیمار خشکی

منابع تغییر	df	Asc.Per.Elit	catalase.Elit	Peroxidase.Elit	Asc.Per.Talay	catalas.Talay	Peroxi.Talaye
Treat	۳	۰.۰۰۲۲۰۲ **	۰.۰۱۳۱۹ **	۰.۰۰۲۷۴ *	۰.۰۰۰۹۰۸ **	۰.۰۰۱۴۵ **	۰.۰۰۱۰۰۳ **
Error	۱۲	۰.۰۰۰۳۶۶	۰.۰۰۰۰۴۸	۰.۰۰۰۳۰۸	۰.۰۰۰۰۲۸	۰.۰۰۰۰۲۵	۰.۰۰۰۰۳۲۸
Total	۱۵	۰.۰۰۲۵۶۸	۰.۰۱۳۶۷	۰.۰۰۵۸۳	۰.۰۰۱۱۹	۰.۰۰۱۷۰۷	۰.۰۰۱۳۳

**و* = میانگین مربعات به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی دار هستند.

اندازه‌گیرها نشان دادند که با افزایش شدت تنش خشکی از میزان وزن تر اندام هوایی و ریشه کاسته می‌شود ولی کاربرد اسیدآسکوربیک به عنوان یک عامل محرک و مکمل با خشکی سبب شد تا وزن تر ریشه و اندام هوایی افزایش داشته باشند، این پدیده حاکی از آن است که خشکی سبب کاهش میزان آب در دسترس شده، در نتیجه وزن تر کاهش می‌یابد ولی به کارگیری آسکوربیک اسید با افزایش توان تحمل گیاه سبب جذب بهتر آب از محیط شده است در مقابل وزن خشک ریشه و اندام هوایی هم با افزایش شدت خشکی افزایش یافته است (جدول ۷). گزارشات متعددی در زمینه اثر تنش خشکی بر تجمع زیتوده در گیاهان وجود دارد (Hendry and Wallace, 1993; Pilon-Smith *et al.*, 1995; Rezaei *et al.*, 2006). ولی تعدادی نیز حاکی از کاهش زیتوده و یا عدم تغییر آن با افزایش خشکی است (Moragan, 1992). نتایج Siddigui و همکاران (۲۰۰۸) گزارش نمودند که افزایش وزن خشک و تجمع زیتوده تا حدودی به انباشته شدن ترکیبات محلول در آب مانند قندها مربوط می‌شود. یکی از مکانیزم‌های سازشی مهم برای گیاهان در پاسخ به تنش‌های اسمزی مانند کاهش آب و افزایش شوری تجمع فعال یا غیر فعال همین مواد محلول است (Martin *et al.*, 2002). تعدادی از اندام‌های سلولی مسئول ساخت این مواد هستند، به گونه‌ای که ترکیبات محلول سبب می‌شوند تا آب مجدداً به سلول باز گردد و یا سلول را از تخریب حاصل از دهیدراسیون حفظ کنند (Yang *et al.*, 2000; Hasegawa *et al.*, 2006; Blum Wald, 2003). در رقم طلائی، نرخ رشد نسبی اگرچه تغییراتی را در سطوح گوناگون خشکی و اسیدآسکوربیک داشت ولی تغییرات معنی‌دار نبود و از روند کاهش یا افزایش ویژه‌ای تبعیت نمی‌کرد. در رقم الایت کاربرد اسیدآسکوربیک سبب شده بود که در روزهای سی‌ام و چهل‌م نرخ رشد نسبی افزایش معنی‌داری را نشان دهد. Smirnoff (۲۰۰۰) معتقد است که اسیدآسکوربیک به عنوان یک مولکول کوچک ولی با توان فیزیولوژیک زیاد می‌تواند فرایندهای ماده‌سازی و به ویژه ساخت قندها را در جهتی القا کند که در نهایت رشد تامین گردد. افزایش سطح برگ و ویژه در هر دو گیاه و معنی‌دار بودن آن در وارسته الایت هم حاکی از القا فرایند ماده‌سازی توسط اسیدآسکوربیک است (Pavet *et al.*, 2005). در گیاهان کلزا وارسته‌های طلائی و الایت نرخ رشد نسبی برگ در روزهای گوناگون بعد از شروع تیمار کاهش داشته است. آزمایشات نشان دادند که برگ‌ها خشک شده و از بین رفتند. Vartanian و همکاران (۱۹۸۷) نشان دادند که تحت تنش خشکی الگوی پروتئینی ویژه‌ای در گیاه *B.napusvar oleifera* القا می‌شود که می‌تواند مرگ سلولی برنامه‌ریزی شده را در گیاه کلزا هدایت کند. حضور اسیدآسکوربیک سبب گردید تا محتوی آب در واحد سطح برگ گیاهان کلزا رقم طلائی افزایش ولی در رقم الایت کاهش نشان دهد این اختلاف‌ها فقط در روزهایی که اسیدآسکوربیک همراه با خشکی به کار می‌رفتند دیده شدند. در روزهای سی‌ام و چهل‌م Shalata و Neumann (۲۰۰۱) معتقدند که کاربرد اسیدآسکوربیک خارجی سبب می‌شود تا

مکانیزیم‌های آنتی‌اکسیدانی فعال شده و گیاه تحت تنش مقاومت لازم را در مقابل تنش احراز کند. افزایش آب در واحد سطح برگی علی‌رغم اعمال تنش خشکی در حضور اسیدآسکوربیک خود حاکی از این پدیده است. نرخ واحد برگی در هر دو وارسته کلزای مورد آزمایش کاهش داشت. کاهش ماده‌سازی و کاهش ضخامت برگ سبب کاهش نرخ و احد برگی شدند و به کارگیری اسیدآسکوربیک برون‌زا نتوانسته است روی این فاکتور بیوسنتزی تأثیر قابل توجهی داشته باشد. از نظر سطح برگی رقم الایت مقاومت بهتری رانسبت به رقم طلائی‌ه نشان داد و افزایش سطح برگی در پاسخ به اسیدآسکوربیک و خشکی حاکی از این مسئله است. Wang و همکاران (۲۰۰۳) معتقدند که گنجینه ژنیتیکی یک رقم کشاورزی، گونه یا جنس گیاهی در میزان بردباری و پاسخ‌های القایی در برابر واکنش‌های محیطی مؤثرترند و دو رقم نزدیک به هم اگر چه اختلاف بسیار اندکی در گنجینه ژنیتیکی با یکدیگر دارند ولی می‌توانند پاسخ‌های بسیار دور از هم را در واکنش به شرایط محیطی از خود بروز دهند.

نیاکان و همکاران (۱۳۸۵) معتقدند که ارقام کشاورزی کلزا از نظر میزان مواد دگرآسیب یا یکدیگر متفاوتند و Navabpour و همکاران (۲۰۰۷) نیز بر این عقیده اند که حضور عوامل جاروکننده رادیکالی مانند اسیدآسکوربیک سبب می‌شود تا ژنهای ویژه ای القا شده و مواد دگرآسیبی همانند ترکیبات فنلی و سایرین کمتر ساخته شوند. رقم الایت سبب افزایش فعالیت آسکوربات پراکسیدازی و رقم طلائی‌ه سبب افزایش معنی‌دار فعالیت کاتالازی و پراکسیدازی در گیاهان سویا رقم TMS گردیده‌اند. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان سبب خنثی کردن رادیکالهای آزاد می‌شوند، رادیکالهای آزاد برای سلول بی‌نهایت مضر هستند چون سبب غیر فعال سازی آنزیم‌های فتوسنتزی، پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی و کاهش در توان جذب در ریشه می‌شوند (NG *et al.*, 2003). بر اساس نظریه Nkang (۲۰۰۱) ارتباط و پیوستگی تنگاتنگی بین میزان فعالیت کاتالازی و پراکسیدازی با میزان ترکیبات فنلی دارد. نتایج نشان می‌دهد که عصاره تهیه شده از رقمی از کلزا که سبب افزایش میزان فعالیت کاتالازی و پراکسیدازی می‌شود دارای مقادیر قابل توجهی از ترکیبات فنلی دگرآسیب است. نتایج رشدی هم همین پدیده را نشان داد، در کل تنش خشکی همراه با اسیدآسکوربیک بهبود وضعیت رشدی را در رقم الایت به دنبال داشت، بهبود وضعیت زیستی می‌تواند تا حدودی مربوط به کاهش ساخت مواد دگرآسیب باشد (Barkosky and Einhellig, 2003)، ولی در رقم طلائی‌ه برعکس، رشد قابل توجه نبوده و می‌توان انتظار افزایش مواد دگرآسیب و نهایتاً پاسخ مربوط به حضور مقادیر قابل توجه مواد دگرآسیب یعنی افزایش کاتالاز و پراکسیداز را در گیاهان سویا داشت (Haddadchi and Gerivani, 2009).

منابع

- احمدی، م. و جاوید فر، ف.، ۱۳۷۹. روشهای ارزیابی و اصلاح مقاومت به خشکی در گونه های روغنی جنس براسیکا. نشر آموزش کشاورزی. ص ۷-۵.
- دولت آبادیان، آ.، مدرس ثانوی، س.ع.م. و شریفی، م.، ۱۳۸۸. اثر تغذیه برگ یا آسکوربیک اسید بر فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان، تجمع پرولین و پراکسیداسیون لیپیدها در کلزا در شرایط تنش شوری، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۷، بهار، ۸۸.
- نیاکان، م.، انصاری، ص. و نوری نیا، ع.، ۱۳۸۵. بررسی اثر دگرآسیبی دو رقم کلزا بر شاخص جوانه زنی سویا، مجله زیست شناسی ایران، جلسه ۱۹، شماره ۱ بهار.
- Barkosky, R.P. and Einhellig, F.A., 2003.** Allelopathic interference of plant –water relationships by parahydroxy benzoic acid. Bot. Bull. Acad. Sin. 44: 53 – 58.
- Blum wald, E., 2000.** Sodium ransport and salt tolerance in plants. Current opininon incell Biology. 12:, 431, 434.
- Duan, B., Yang, Y., Lu, Y., Korpelainen, H., Berninger, F. and Li, C., 2007.** Interaction between drought stress, ABA and genotypes in picea asperata. Journal of Experimental Botany. 58: 3025-3036.
- Haddadchi, G.R. and Gerivani, Z., 2009.** Effects of phenolic extracts d canola (*Brassica napus*) on Germination and physiological Response of soybean (*Glycin max*) Seedlings. International J. at plan production. 3(1). January.
- Hanson, A.D. and Hitz, W.D., 1982.** Metabolic responses of plant water deficit. Annual Review of plant physiolo. 33: 163-203.
- Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K. and Bohneti, H.J., 2000.** Plant cellular and molealar responses to high salinity. Annual Review of plant physiology and molecular Biology.51: 463 – 499.
- Hendry, G. and Wallace, R.K., 1993.** The origin, distribution and evaluationary significance of fructans. In: Suzuk:, M. Chatuerton NJ (Eds). Science and Technology functions. CR, Press. London. pp: 119 – 139.
- Martin, A.J.P., Andralic, P.J., Khan, S., Lea, P.J. and Keys, A.J., 2002.** Rubis co activity. Effects of drought stress. Annals of Botany. 89: 833-839.

- Moragan, J.M., 1992.** Osmotic components and properties associated with differences in osmoregulation in wheat. *Australian J. of plant. Physiol.* 19: 67-76
- Munns, R. and Weir, R., 1981.** Contribution of sugars to osmotic adjustment in elongating and expanding zones of wheat leaves during moderate water deficits at two light levels. *Australian Journal of plant physiol.* 8: 93-105.
- Navabpour, S., Bagherieh – Najjar, M.B. and Soltanloo, H., 2007.** Identification of – novel genes expressed in *Brassica napus* during leaf senescence and its response to oxidative stress. *International J. L Plant production.* ((1), March, 2007).
- NG, P.L.L., Ferrarese, M.L.L., Huber, D.A., Ravagnani, A.L.S. and Ferrarese – Filho, O., 2003.** Conola (*Brassica napus* L.) Seed effects on germination of *Glycin max* effects of cinnamic acid and benzoic acids and derivatives seed *Sci. and technol.* 31: 39 – 46.
- Nkang, A., 2001.** Effects of cyanid pretreatment on activities of polyphenoloxidase and peroxidase in seeds of *Gwifoylia monostylis*. *Seed Sci. & Technol.* 29: 557-565.
- Noctor, G. and Foyer, C.H., 1998.** Ascorbate and glutathion: Keeping active oxygen under control. *Annu. Rev. of plant physiol. And plant Mol. Bid.* 49: 249-279.
- Pavet, V.E., Olmos, G., Kiddle, S., Mowla, S., Kumar, J., Antoniw, M., Alvarez, E. and Foyer, CH., 2005.** Ascorbic acid deficiency activities cell death and disease resistance responses in *Arabidopsis*. *Plant physiol.* 139: 1291 – 1303.
- Pilon – Smith, E.A.H., Ebs kamp, M.J.M., Paul, M.J., Jeuken, M.J.W., Weisbeek, P.J. and Smeekens, S.C.M., 1995.** Improved performance under drought stress. *Plant physiology*, es, 125 – 130.
- Quarrie, S.A. and Jones, H.G., 1977.** Effect of abscisic acid and water stress on development and morphology of wheat. *Journal of Experimental Botany.* 38: 192-203.
- Rezaei, H., Khosh, K.S.N., Malakouti, M. and Pessaraki, M., 2006.** Salt tolerance of canola in relation to accumulatins and xylem transportation of cations. *J. of plant.*
- Siddiqui, Sh., Khan, M.A., Gi Kim, B., Huang, J.S. and Kwon, T.R., 2008.** Physiological responses of *Brassica napus* genotypes to combined drought and salt stress. *Plant.* 2(1): 78-83.
- Smirnoff, N., 2000.** Ascorbic acid. Metabolism and functions of a multi-faceted molecule. *Current opinion plant Biol.* 3: 229-235.
- Vartanion, N., Damerval, A. And Cend Vienne, D.D., 1987.** Drought – Induced changes in protein patterns of *Brassica napus* var *oleifera* roots. *Plant physiol.* 84: 989 – 992.

- Shalata, A. and Neumann, P.M., 2001.** Exogenous ascorbic acid (Vitamin C) increase resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation *J. Experm. Bot.* 52: 2207-2211.
- Wang, W., Vinacur, B. and Altman, A., 2003.** Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218: 1– 14.
- Yang, W.J., Rich, P.J., Axtell, J.D., Wood, K.V., Bonham, C.C., Ejeta, G., Mickelban, M.V. and Rhodes, D., 2003.** Genotypic variation for glycinebetaine in sorghum Group *Science* 43: 162-169.