"مجله علوم زراعی ایران"
جلد هیجدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵

اثر تنش خشکی و محلول پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد دانه کلزا (*Brassica napus* L.) رقم هایولا ۴۰۱

Effect of drought stress and foliar application of growth regulators on photosynthetic pigments and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L. cv. Hyola 401)

سید احمد کلانتر احمدی[۱]، علی عبادی[۲]، جهانفر دانشیان[۳]، سید عطاءاله سیادت[۴] و سدابه جهانبخش[۵]

چکیده

کلانتر احمدی، س. ا.، ع. عبادی، ج. دانشیان. س. ع. سیادت و س. جهانبخش. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی و محلول پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد دانه کلزا (*Brassica napus* L.) رقم هایولا ۴۰۱. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۸(۳): ۲۱۷-۱۹۶.**

شرایط نامساعد محیطی باعث ایجاد تنش در گیاهان و اختلال در رشد و نمو و بقای آنها می‌شود. تنظیم کننده‌های رشد باعث بهبود تحمل گیاه نسبت به شرایط نامطلوب محیطی می‌شوند، بنابراین به منظور بررسی اثر تنش خشکی و مصرف مواد تنظیم کننده رشد بر محتوای کلروفیل و عملکرد دانه کلزا رقم هایولا ۴۰۱، آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۹۳-۱۳۹۱) در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد اجرا شد. عامل اصلی در سه سطح : ۱- آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به عنوان شاهد (آبیاری مطلوب)، ۲- قطع آبیاری در مرحله گلدهی (تنش شدید)، ۳- قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی (تنش ملایم) و عامل فرعی نیز در ۱۰ سطح: اسید آسکوربیک با غلظت ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر، اسید سالیسیلیک با غلظت ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میکرومول، متانول با غلظت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی و شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) بودند. نتایج نشان داد که قطع آبیاری در مرحله گلدهی و خورجین‌دهی عملکرد دانه را به ترتیب ۳۸ و ۱۵ درصد کاهش داد. اثر متقابل قطع آبیاری و محلول پاشی نشان داد که حداکثر عملکرد دانه (۴۴۹۳ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری مطلوب با محلول پاشی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک و حداقل عملکرد دانه (۱۹۶۸ کیلوگرم در هکتار) نیز در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی با آب مقطر (شاهد) بدست آمد. محلول‌پاشی ۳۰۰ میلی گرم در لیتر اسید آسکوربیک باعث بهبود عملکرد دانه در تیمار رطوبتی مطلوب و قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی گردید. با افزایش شدت تنش خشکی، میزان کلروفیل a برگ‌ها کاهش و میزان کلروفیل b افزایش یافت. اثر متانول (۳۰ درصد) بر افزایش تجمع پرولین در تیمارهای تنش ملایم و شدید خشکی بیشتر از اسید آسکوربیک و اسید سالیسیلیک بود. نتایج آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد از طریق بهبود تجمع پرولین و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و اجزای عملکرد، باعث افزایش عملکرد دانه کلزا در شرایط تنش خشکی شدند. در شرایط آبیاری مطلوب و تنش ملایم خشکی کاربرد اسید آسکوربیک (۳۰۰ میلی گرم در لیتر) و تحت شرایط تنش شدید خشکی کاربرد متانول (۳۰ درصد) از بیشترین نقش در بهبود عملکرد دانه برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: پرولین، خورجین، روغن دانه، کاروتنوئیدها، کلزا و کم آبیاری.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۲۴ این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی مصوب به شماره ۹۲۲۰۳-۰۳-۷۱-۲ می باشد.

۱- پژوهشگر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.
عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک:Kalantar.ahmadi@gmail.com)
۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی
۳- دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر
۴- استاد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
۵- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

مقدمه

گیاهان بر اساس راهکارهای سازگاری به تنش‌های غیرزنده محیطی از قبیل شوری، خشکی، سرما و گرما و تاثیر آنها بر رشد و تولید، دسته‌بندی می‌شوند (Gill *et al.*, 2003). سازگاری گیاهان بوسیله سازوکارهای مختلفی از جمله تغییر در مورفولوژی و الگوی نمو و واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آنها انجام می‌شود (Strain and Fletcher, 2003). القای تحمل به خشکی در گیاهان از طریق مصرف اسید آسکوربیک می‌تواند کاربرد زیادی در کشاورزی داشته باشد (Hamada, 2000). باکری و همکارن (Bakry *et al.*, 2013) در آزمایشی اثر سطوح تنش خشکی (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد آبیاری) و اسید آسکوربیک (۱۰۰، ۲۰۰ ، ۳۰۰ میلی گرم در لیتر و شاهد) بر گندم را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری ۸۰ درصد حاصل گردید که با تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری اختلاف معنی‌داری نداشت. اثر مثبت مصرف اسید آسکوربیک بر بهبود تحمل کلزا به خشکی و افزایش رشد آن نیز گزارش شده است (Shafiq *et al.*, 2014). سطوح بالاتر اسید آسکوربیک در گیاه گندم اثر معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه، عملکرد کاه، میزان پروتئین، عملکرد پروتئین، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و کارآیی مصرف آب داشت (Amin *et al.*, 2008). در بررسی‌های انجام شده روی گیاه کلزا نیز گزارش شده است که محلول پاشی اسید آسکوربیک (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) باعث افزایش تجمع پرولین، رنگدانه‌ها و افزایش رشد و عملکرد دانه کلزا شد (Sakr and Arafa, 2009). گزارش شده است که اسید آسکوربیک فراوان‌ترین آنتی اکسیدانت است که از سلول‌های گیاه در مقابل عوامل اکسید کننده حفاظت کرده و بر تقسیم وتمایز سلول و فتوسنتز نیز اثر مثبت دارد (Bolkhina *et al.*, 2003).

اسید سالیسیلیک یک هورمون طبیعی گیاهی است که در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیک گیاهان زراعی (Wang *et al.*, 2010) اثر داشته و توان مقاومتی گیاه نسبت به تنش‌های محیطی را افزایش می‌دهد (Kolupaev *et al.*, 2011). اسید سالیسیلیک بر بسیاری از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان اثر داشته (Maghsoudi and Arvin, 2010) و باعث القای سازوکارهای دفاعی در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده می‌شود. نتایج برخی مطالعات نشان داده است که محلول‌پاشی گیاه خردل ۳۰ روزه با اسید سالیسیلیک (10^{-5}، 10^{-4} و 10^{-3} مولار) باعث افزایش تعداد خورجین و عملکرد دانه شده و حداکثر عملکرد دانه و تعداد خورجین در تیمار 10^{-5} مولار مشاهده شد (Fariduddin *et al.*, 2003).

نتایج آزمایش‌های متعدد نشان داده است که افزایش میزان دی اکسید کربن هوا باعث بهبود عملکرد (Devlin *et al.*, 1994)، تسریع گلدهی (Fisher *et al.*, 1996) و تجمع بیشتر کربوهیدرات‌ها (Abdel-Latif *et al.*, 1996) در گیاهان می‌شود. متانول می‌تواند منبع کربن جایگزین مناسبی برای گیاهان باشد. بر اساس نتایج برخی آزمایشات مشخص گردید که گیاهان تیمار شده با متانول از آماس سلولی بیشتر، رشد بالاتر و عملکرد بیشتری در مقایسه با شاهد (بدون تیمار) برخوردار بودند (Nonomura and Benson, 1992). اثر مثبت متانول بر رشد برخی گونه‌های گیاهی سه کربنه از جمله گندم و جو (Nonomura and Benson, 1992; Albrecht *et al.*, 1995)، ماش (Bhattacharya *et al.*, 1985)، گوجه فرنگی (Rowe *et al.*, 1994)، پنبه (Makhdum *et al.*, 2002)، چغندر قند (Nadeali *et al.*, 2010) و نعناع (Mitchell *et al.*, 1994) نیز گزارش شده است.

این آزمایش با هدف ارزیابی اثر محلول پاشی با مواد تنظیم کننده رشد بر واکنش گیاه کلزا در شرایط تنش خشکی طراحی و اجرا شد.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

مواد و روش‌ها

این تحقیق به مدت دو سال زراعی (۹۳-۱۳۹۱) در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه و ارتفاع ۸۲ متر از سطح دریا به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی آبیاری در سه سطح: ۱- آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به عنوان شاهد (آبیاری مطلوب: S1) (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2013) ، ۲- قطع آبیاری در مرحله گلدهی (تنش شدید) (S2) و ۳- قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی (تنش ملایم) (S3) بود. در تیمارهای قطع آبیاری تا پایان دوره رشد آبیاری انجام نگردید. ثبت مراحل فنولوژیک بر اساس سیستم کدبندی (Sylvester-Bradley and Makepeace, 1984) انجام شد. عامل فرعی شامل تیمارهای محلول پاشی در ۱۰ سطح شامل: اسید آسکوربیک با غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر (به ترتیب معادل ۵۶۸، ۱۱۳۶ و ۱۷۰۴ میکرومول)، اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میکرومول، متانول با غلظت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی و شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) در ۳ تکرار منظور شد. محلول‌پاشی در دو مرحله غنچه‌دهی و شروع گلدهی انجام شد. محلول پاشی با استفاده از سمپاش پشتی کتابی با نازل نوع سیلابی انجام شد. حجم پاشش برای هر کرت فرعی سه لیتر بود و تهیه محلول تیمارهای مورد نظر با آب مقطر انجام شد. رقم کلزای مورد آزمایش نیز Hyola401 (شاهد منطقه) بود. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی ـ رسی با اسیدیته ۷/۶۴ و هدایت الکتریکی ۰/۵۷ دسی زیمنس بر متر بود. طبق نتایج حاصل از تجزیه خاک میزان مواد آلی ۰/۷۲ درصد، فسفر ۸/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و پتاسیم خاک ۱۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) و ۶۹ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص (از منبع سوپر فسفات تریپل) به صورت پایه مصرف گردید. کود نیتروژن مصرفی نیز به میزان ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار (از منبع اوره) بود که در سه مرحله (یک سوم قبل از کاشت، یک سوم در مرحله شروع ساقه رفتن و یک سوم در اوایل گلدهی) بطور مساوی به خاک داده شد (Kalantar Ahmadi and Fathi, 2009; Kalantar Ahmadi *et al.*, 2014a). جهت کنترل علف‌های هرز قبل از کاشت علف‌کش ترفلان به میزان دو لیتر در هکتار به خاک افزوده شده و سپس با استفاده از فاروئر ردیف‌های با عرض ۷۵ سانتیمتر در مزرعه ایجاد شد. آرایش کاشت بصورت دو ردیف روی پشته با فواصل ۷۵ سانتیمتر با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع بود (Kalantar Ahmadi and Fathi, 2009). هر کرت فرعی شامل چهار پشته شش متری بود و هر کرت فرعی نیز با یک پشته بصورت نکاشت از کرت فرعی کناری جدا گردید. عملیات داشت و کنترل دستی علف‌های هرز در طول فصل رشد برحسب نیاز انجام گرفت. اندازه‌گیری محتوای پرولین، کلروفیل و کاروتنوئیدها نیز در مرحله شروع پر شدن دانه در برگ‌های توسعه یافته انتهایی انجام شد. سنجش میزان کلروفیل بر اساس روش آرنون (Arnon, 1967). اندازه‌گیری میزان پرولین طبق روش بیتس و همکاران (Bates *et al.*, 1973) انجام شد. برای اندازه‌گیری صفات تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه، تعداد ۱۰ بوته بصورت تصادفی انتخاب و صفات مذکور اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری تعداد دانه در خورجین، ۱۰۰ عدد خورجین از ۱۰ بوته انتخابی جدا شده و دانه‌های آنها با استفاده از دستگاه بذر شمار الکتریکی شمارش شده و بعد از میانگین‌گیری، تعداد دانه در خورجین محاسبه شد. پس از حذف حاشیه (دو خط کناری هر کرت و یک متر ابتدا و انتهای هر کرت)، محصول ۴/۸ متر مربع از هر کرت برداشت و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری میزان روغن دانه از هر تیمار یک نمونه ۳۰

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

گرمی دانه انتخاب و با استفاده از روش NMR ، میزان روغن اندازه‌گیری شد.

جهت ارزیابی یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی آزمون بارتلت انجام گرفت و نتایج کای اسکور نشان‌دهنده یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی در دو سال بود. تجزیه آماری با استفاده از نرم افزار SAS 9 انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده سال، تنش خشکی، محلول پاشی و اثر متقابل سال×تنش خشکی و تنش خشکی × محلول پاشی بر میزان کلروفیل a و b معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل تنش خشکی × محلول پاشی در دو سال آزمایش نشان داد که هر چند محلول‌پاشی مواد تنظیم کننده رشد در مقایسه با شاهد در شرایط آبیاری مطلوب، تنش ملایم و شدید افزایش میزان کلروفیل a را بدنبال داشت، اما این افزایش معنی‌دار نبود و می‌توان نتیجه گرفت که معنی‌دار شدن اثر متقابل تیمارها بیشتر ناشی از اثر تنش خشکی بوده است (شکل۱). مقایسه میانگین های مربوط به اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی با مواد تنظیم کننده رشد در دو سال آزمایش نیز نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل b (۰/۴۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به تیمار تنش شدید خشکی (قطع آبیاری در مرحله گلدهی) و محلول پاشی با متانول (۳۰ درصد) اختصاص داشت. کمترین مقدار کلروفیل b (۰/۱۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نیز در تیمار آبیاری مطلوب و محلول پاشی با آب مقطر مشاهده گردید (شکل۲).

در تیمار تنش رطوبتی شدید (قطع آبیاری در مرحله گلدهی) اثر محلول پاشی با متانول بر میزان کلروفیل a در مقایسه با اسید آسکوربیک و اسید سالیسیلیک کمتر بود (شکل ۱)، اما افزایش غلظت متانول (۳۰ درصد) در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی افزایش میزان کلروفیل b را بدنبال داشت (شکل ۲). گزارش شده است که بدنبال تنش خشکی آناتومی برگ نیز تغییر یافته و برگ‌ها کوچک‌تر و ضخیم‌تر می‌شوند و در نتیجه غلظت کلروفیل‌ها بویژه کلروفیل b و کاروتنوئیدها در واحد سطح برگ بیشتر می‌شود. بدین ترتیب ممکن است میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ کمتر تحت تاثیر قرار گیرد، اما میزان فتوسنتز در برگ و کل گیاه کاهش می‌یابد (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2014b). با بیشتر شدن غلظت اسید آسکوربیک در تیمارهای رطوبتی مطلوب و قطع آبیاری در مرحله گلدهی، محتوای کلروفیل‌های a و b برگ افزایش یافت.

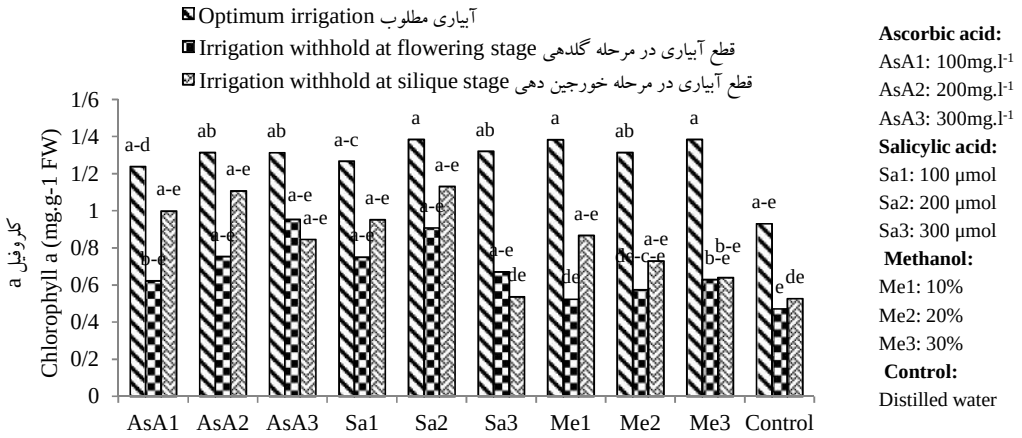
نتایج برخی آزمایش‌ها نشان داده است که برگ‌های تحت تنش آب در مقایسه با شرایط مطلوب، حاوی مقادیر کمتری کلروفیل a و b و مجموع رنگدانه‌ها هستند (Sawhney and Singh, 2002). به نظر می‌رسد که افزایش میزان کلروفیل در اثر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک مربوط به تاثیر آن در پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن باشد. نتایج برخی آزمایش‌ها نیز نشان داده است که این تاثیر با محلول‌پاشی اسید آسکوربیک (۲۰۰میلی‌گرم در لیتر) بهبود یافته است (Khalid Hussein and Qader Khursheed, 2014). افزایش غلظت اسید سالیسیلیک (۳۰۰ میکرو مول) در مقایسه با سایر غلظت‌های آن باعث کاهش میزان کلروفیل‌های a و b در تمام تیمارهای رطوبتی گردید (شکل‌های ۱ و ۲). اسید سالیسیلیک از پتانسیل بالایی در ایجاد واکنش‌های متابولیکی و تاثیر بر مولفه‌های فتوسنتزی و روابط آبی گیاه برخوردار است. نتایج مشابه در مورد گیاه خردل نیز نشان داد که غلظت‌های پایین (۱۰- ۵ مولار) اسید سالیسیلیک میزان کلروفیل را بطور معنی‌داری افزایش داد، اما غلظت‌های بالاتر، اثر

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

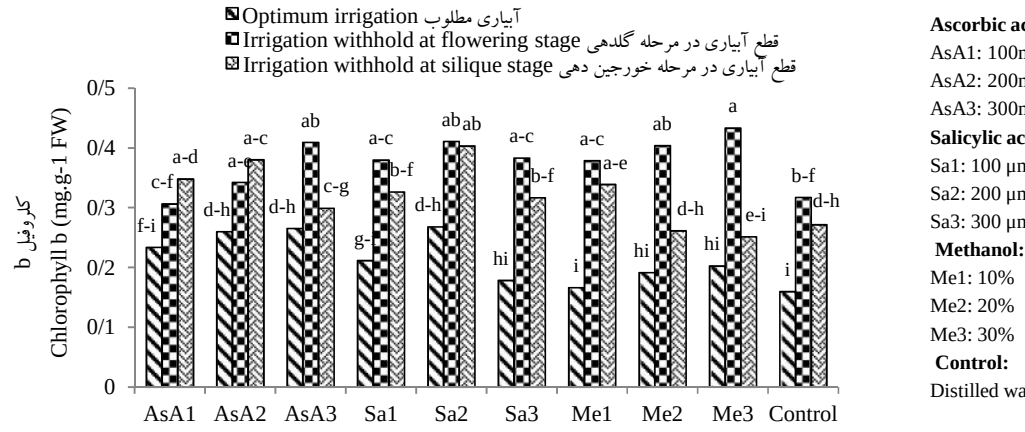
بازدارنده داشتند (Fariduddin *et al.*, 2003).

محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم آبی باعث افزایش میزان کلروفیل b گردید. این موضوع با یافته‌های ادریس و همکاران (Idrees *et al.*, 2011) مطابقت داشت. کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی ممکن است بدلیل ناپایداری کمپلکس‌های پروتئینی و تخریب کلروفیل بوسیله افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز باشد (El-Tayeb, 2005). اثر افزایشی اسید سالیسیلیک بر رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌تواند در ارتباط با متابولیسم نیترات داخلی بافت‌ها و بیوسنتز کلروفیل باشد (Shi *et al.*, 2006). افزایش مقدار کلروفیل می‌تواند با اکسیداسیون متانول در شرایط کمبود آب مرتبط باشد. از آنجا که گیاه در شرایط کمبود آب با تنش اکسیداتیو روبرو می‌شود، در چنین شرایطی متانول به فرمالدئید اکسید می‌شود که این موضوع تا حد زیادی توسط کاتالاز انجام می‌شود. بعبارت دیگر آنزیم کاتالاز به‌طور غیر مستقیم از تخریب کلروفیل جلوگیری می‌کند (Nadeali *et al.*, 2011).



شکل ۱- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی مواد تنظیم کننده رشد بر محتوای کلروفیل a کلزا (۹۳-۱۳۹۱)

Fig. 1. Interaction effect of drought stress × foliar application of growth regulators on chlorophyll$_a$ content of rapeseed (2012-14)



شکل۲- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی مواد تنظیم کننده رشد بر محتوای کلروفیل b کلزا (۹۳-۱۳۹۱)

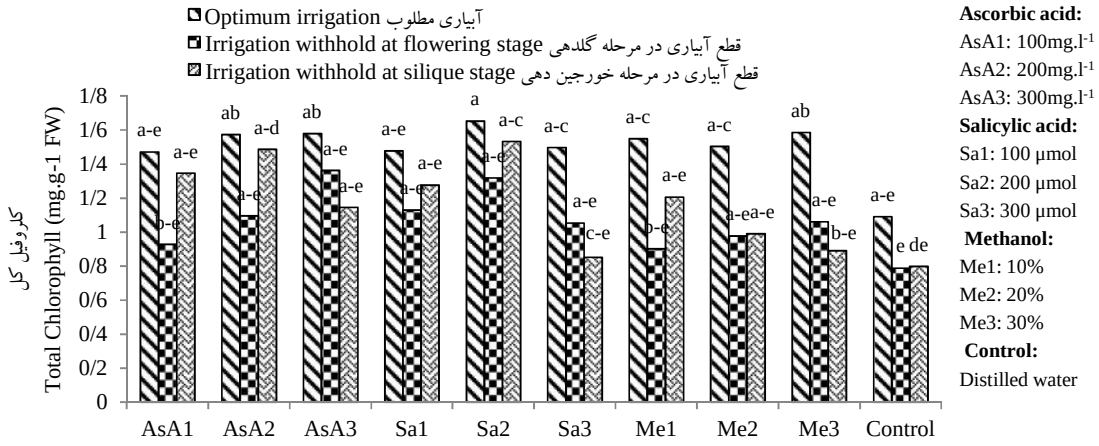
Fig. 2. Interaction effect of drought stress × foliar application of growth regulators on chlorophyll$_b$ content of rapeseed (2012-14)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده سال، تنش خشکی، محلول پاشی و همچنین اثر متقابل سال × تنش خشکی و تنش خشکی × محلول پاشی بر میزان کلروفیل کل معنی‌دار بود، اما اثر متقابل سال× محلول پاشی و سال × تنش خشکی × محلول پاشی معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل تنش خشکی × محلول پاشی در دو سال آزمایش نشان داد که بالاترین مقدار کلروفیل کل (۱/۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در شرایط مطلوب رطوبتی و محلول پاشی اسید سالیسیلیک (۲۰۰ میکرومول) بدست آمد. کمترین میزان کلروفیل کل (۰/۷۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) نیز در تیمار تنش خشکی شدید (قطع آبیاری در مرحله گلدهی) و محلول پاشی با آب مقطر مشاهده شد (شکل ۳). با تشدید تنش خشکی (قطع آبیاری در مرحله گلدهی) از میزان کلروفیل کل کلیه تیمارهای آزمایشی کاسته شد، اما میزان این کاهش در تیمار محلول پاشی اسید آسکوربیک ۳۰۰ میلی گرم در لیتر و اسید سالیسیلیک (۲۰۰ میکرومول) کمتر بود، اما در شرایط تنش ملایم خشکی (قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی) واکنش گیاه متفاوت بود و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (۲۰۰ میکرومول) و اسید آسکوربیک (۲۰۰ میلی گرم در لیتر) اثر بهتری در جلوگیری از تاثیر سوء تنش خشکی بر میزان کلروفیل کل داشتند.

تنش کم آبی موجب کاهش میزان کلروفیل شد و غلظت‌های بالاتر اسید آسکوربیک در شرایط تنش ملایم (قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی) میزان کلروفیل کل گیاه را کاهش داد. احتمالا غلظت‌های بالای اسید آسکوربیک در چنین شرایطی بر میزان کلروفیل اثر سمی دارد. ابراهیمیان و بایبوردی نیز گزارش کردند که غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار اسید آسکوربیک باعث کاهش مقدار کلروفیل می‌شود (Ebrahimian and Bybordi, 2012). کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کاروتنوئیدها) در شرایط تنش ممکن است بدلیل ناپایداری کمپلکس‌های پروتئینی و تخریب کلروفیل بوسیله افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز باشد (El-Tayeb, 2005). اثر افزایشی اسید سالیسیلیک بر رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌تواند در ارتباط با تاثیر آن بر تحریک فعالیت آنزیم روبیسکو و فتوسنتز باشد (Idrees *et al.*, 2011). با توجه به اینکه



شکل۳- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی مواد تنظیم کننده رشد بر محتوای کلروفیل کل کلزا (۹۳-۱۳۹۱)

Fig. 3. Interaction effect of drought stress × foliar application of growth regulators on total chlorophyll content of rapeseed (2012-14)

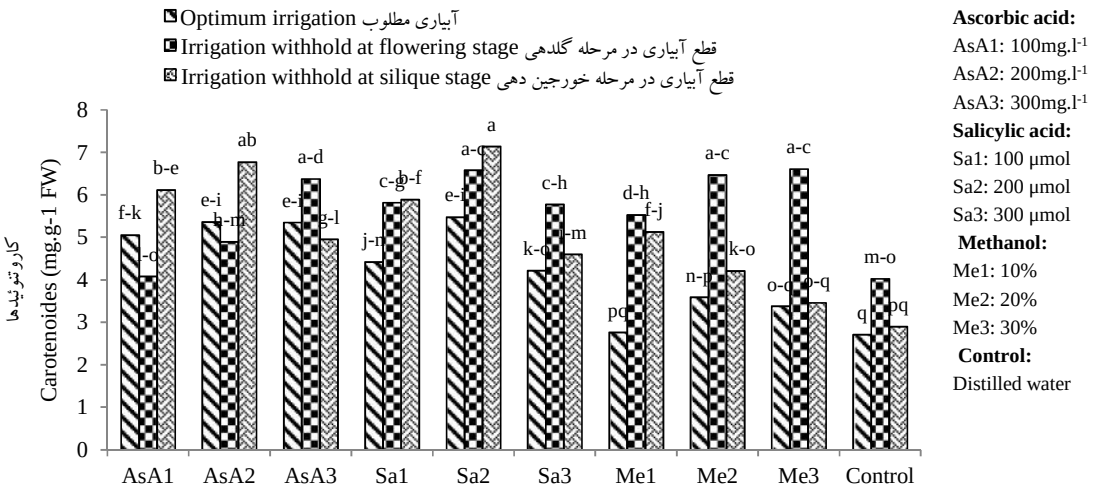
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

اسید آسکوربیک از فعالیت آنتی اکسیدانی جهت پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن در شرایط تنش برخوردار است، بنابراین کاهش میزان تخریب کلروفیل دور از انتظار نیست (Ashraf, 2009). تغییرات محتوای کلروفیل گیاه در شرایط مختلف رطوبتی و محلول‌پاشی متانول متفاوت است. در خصوص اثر متانول بر میزان کلروفیل گیاه نیز گزارشات متفاوتی وجود دارد. نتایج یک آزمایش نشان داد که غلظت‌های متوسط متانول باعث افزایش میزان کلروفیل گیاه سویا شد، ولی غلظت‌های بالاتر کاهش میزان کلروفیل را به همراه داشت (Paknejad *et al.*, 2009)، اما نتایج یک پژوهش دیگر نشان داد که محلول پاشی متانول تاثیری بر فتوسنتز خالص و میزان کلروفیل برگ‌های سویا نداشت (Li *et al.*, 1995).

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده تنش خشکی، محلول پاشی و همچنین اثر متقابل سال × تنش خشکی و تنش خشکی × محلول پاشی بر محتوای کاروتنوئیدها معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل تنش خشکی× محلول‌پاشی در دو سال آزمایش نشان داد که حداکثر میزان کاروتنوئیدها (۷/۱۴ میلی گرم بر گرم وزن تر) در تیمار قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی و محلول پاشی اسید سالیسیلیک (۲۰۰ میکرومول) و حداقل میزان کاروتنوئیدها (۲/۷۱ میلی گرم بر گرم وزن تر) نیز در تیمار آبیاری مطلوب و محلول پاشی با آب مقطر بدست آمد (شکل۴). گزارش شده است که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی باعث افزایش میزان کاروتنوئیدها در شرایط تنش خشکی می‌شود (Idrees *et al.*, 2011). محلول‌پاشی اسید آسکوربیک نیز هم در شرایط مطلوب و هم در شرایط تنش خشکی می‌تواند از کاهش میزان کاروتنوئیدها جلوگیری کند (Khalid Hussein and Qader Khursheed, 2014).

تجزیه مرکب داده‌های آزمایش حاکی از عدم تاثیر معنی‌دار سال بر تیمارهای آزمایشی از لحاظ محتوای پرولین بود. میانگین‌های دو ساله مربوط به اثر متقابل



شکل ۴- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی مواد تنظیم کننده رشد بر محتوای کاروتنوئیدهای کلزا (۹۳-۱۳۹۱)

Fig. 4. Interaction effect of drought stress × foliar application of growth regulators on carotenoids content of rapeseed (2012-14)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

تنش خشکی و محلول پاشی بر محتوای پرولین نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار پرولین در اثر تنش خشکی بود (شکل ۵). بیشترین میزان پرولین (۱/۸ میکروگرم بر گرم وزن تر) در تیمار تنش خشکی شدید و محلول‌پاشی متانول ۳۰ درصد بدست آمد که البته با تیمار محلول پاشی ۲۰ درصد در یک گروه آماری قرار گرفت. در شرایط رطوبتی مطلوب و تنش شدید، افزایش غلظت اسید آسکوربیک باعث کاهش میزان پرولین گردید، اما در شرایط تنش ملایم (قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی)، افزایش تجمع پرولین را بدنبال داشت. بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که در شرایط تنش شدید خشکی، محلول‌پاشی اسید آسکوربیک از بیوسنتز پرولین اضافی جلوگیری می‌کند، اما در شرایط تنش ملایم سازوکار افزایش پرولین به‌منظور حذف گونه‌های فعال اکسیژن، از اولویت برخوردار است (Dolatabadian *et al.*, 2008). افزایش غلظت متانول در کلیه شرایط رطوبتی باعث بیشتر شدن میزان پرولین گردید (شکل۵).

در شرایط رطوبتی مطلوب و تنش شدید (قطع آبیاری در مرحله گلدهی) افزایش غلظت اسید آسکوربیک از بیوسنتز پرولین جلوگیری کرد، اما در شرایط تنش ملایم، با افزایش غلظت اسید آسکوربیک، میزان تولید پرولین نیز افزایش یافت. الگوی تجمع پرولین در گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت بوده و در برخی گیاهان ازجمله شاهی نمکی و ترتیزک در شرایط مطلوب، میزان تجمع پرولین افزایش می‌یابد (Murakeözy *et al.*, 2003 Taji *et al.*, 2004) و بسته به شدت تنش، ممکن است میزان تجمع پرولین نیز تغییر یافته و گیاه بجای تجمع پرولین از سازوکارهای دیگری از جمله تجمع سایر متابولیت‌ها و کربوهیدرات‌ها استفاده نماید (Khedr *et al.*, 2003) و استفاده از برخی تنظیم کننده‌ها میزان تجمع پرولین را کاهش می‌دهد (Szabados and Savoure, 2010). با توجه به این روند می‌توان چنین اظهار داشت که افزایش غلظت محلول‌پاشی اسید آسکوربیک تا حدودی به افزایش تحمل گیاه به تنش کمک کرده و بدین ترتیب گیاه از افزایش میزان سنتز پرولین کاسته و احتمالا از سازوکارهای دیگری جهت کاهش اثر سوء خشکی استفاده نموده است. در برخی گزارشات به افزایش میزان پرولین در اثر مصرف اسید آسکوربیک اشاره شده است (Khalid Hussein and Qadar Khursheed, 2014). تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، باعث افزایش میزان تجمع پرولین در برگ‌های کلزا شد. نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققان گزارش شده است (Ullah *et al.*, 2012; Idrees *et al.*, 2011). بدیهی است که کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاه کلزای تحت تنش خشکی موجب افزایش تجمع اسمولیت‌هایی از قبیل پرولین و پروتئین‌های محلول جهت حفظ محتوی آب نسبی می‌شود که حاصل این امر افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی می‌باشد (Ullah *et al.*, 2012). در آزمایش حاضر نیز بالاترین میزان کلروفیل در کلیه تیمارهای آبیاری به محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (۲۰۰ میکرومولار) اختصاص یافت. در واقع اسید سالیسیلیک از طریق افزایش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی باعث افزایش میزان فتوسنتز و پرولین گردید. در شرایط تنش شدید، پرولین از همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد دانه، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و کاروتنوئیدها برخوردار بود (جدول ۱)، اما در شرایط تنش ملایم، بین پرولین و سایر صفات مورد مطالعه همبستگی مشاهده نشد (جدول ۲).

تجزیه مرکب داده‌های آزمایش نشان داد که اثر ساده سال، تنش خشکی و محلول پاشی مواد تنظیم کننده رشد و همچنین اثر متقابل سال × تنش خشکی و تنش خشکی × محلول پاشی بر تعداد خورجین در بوته معنی‌دار بود. نتایج دو ساله آزمایش نشان داد که قطع آبیاری در مراحل گلدهی و خورجین‌دهی در مقایسه با

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

جدول ۱- ضرایب همبستگی بین صفات گیاهی کلزا در تیمار آبیاری مطلوب (۹۳-۱۳۹۱)

Table 1. Correlation coefficients between plant characteristics of rapeseed in optimum irrigation treatment (2012-14)

		عملکرد دانه Seed yield	تعداد خورجین در بوته No. of silique.plant^{-1}	تعداد دانه در خورجین No. of seed. silique^{-1}	وزن هزار دانه 1000 seed weight	کلروفیل a Chlorophyll$_a$	کلروفیل b Chlorophyll$_b$	کاروتنوئیدها Carotenoids	پرولین Proline	میزان روغن دانه Oil content of seed
Seed yield	عملکرد دانه	1								
No. of silique.plant^{-1}	تعداد خورجین در بوته	0.41**	1							
No. of seed. silique^{-1}	تعداد دانه در خورجین	0.44**	0.51**	1						
1000 seed weight	وزن هزار دانه	0.15	0.006	0.21	1					
Chlorophyll$_a$	کلروفیل a	0.54**	0.48**	0.42**	0.09	1				
Chlorophyll$_b$	کلروفیل b	0.53**	0.44**	0.46**	0.38	0.54**	1			
Carotenoids	کاروتنوئیدها	0.12	-0.20	-0.02	0.16	-0.05	0.44**	1		
Proline	پرولین	-0.26*	0.04	0.02	0.25	-0.03	-0.05	0.12	1	
Oil content of seed	میزان روغن دانه	0.05	0.32*	0.04	-0.03	-0.15	0.003	0.09	0.18	1

*and**: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و**: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات گیاهی کلزا در تیمار تنش شدید خشکی (۹۳-۱۳۹۱)

Table 2. Correlation coefficients between plant characteristics of rapeseed in severe drought stress treatment (2012-14)

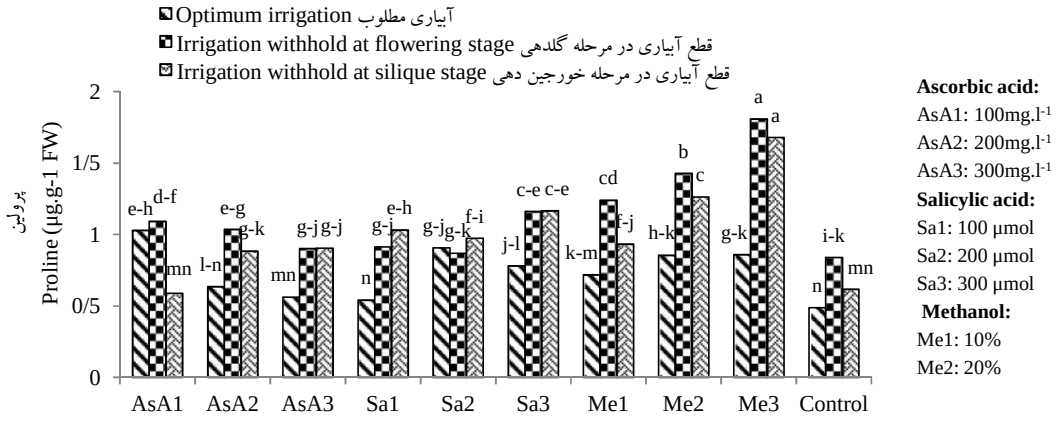
		عملکرد دانه Seed yield	تعداد خورجین در بوته No. of silique.plant^{-1}	تعداد دانه در خورجین No. of seed. silique^{-1}	وزن هزار دانه 1000 seed weight	کلروفیل a Chlorophyll$_a$	کلروفیل b Chlorophyll$_b$	کاروتنوئیدها Carotenoids	پرولین Proline	میزان روغن دانه Oil content of seed
Seed yield	عملکرد دانه	1								
No. of silique.plant^{-1}	تعداد خورجین در بوته	0.06	1							
No. of seed. silique^{-1}	تعداد دانه در خورجین	0.09	0.008	1						
1000 seed weight	وزن هزار دانه	0.33**	0.10	0.34**	1					
Chlorophyll$_a$	کلروفیل a	0.11	0.62**	-0.17	-0.11	1				
Chlorophyll$_b$	کلروفیل b	-0.08	0.59**	0.23	0.17	0.35**	1			
Carotenoids	کاروتنوئیدها	0.25*	0.43**	0.03	0.33**	0.44**	0.28*	1		
Proline	پرولین	0.27*	-0.06	0.40**	0.66**	-0.24	0.08	0.34**	1	
Oil content of seed	میزان روغن دانه	0.20	0.10	-0.03	0.24	0.17	-0.11	0.24	0.14	1

*and**: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و**: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]



شکل ۵- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی مواد تنظیم کننده رشد بر محتوای پرولین کلزا (۹۳-۱۳۹۱)

Fig. 5. Interaction effect of drought stress × foliar application of growth regulators on proline content of rapeseed (2012-14)

شاهد، باعث کاهش تعداد خورجین در بوته به میزان ۴۱ و ۱۱/۵۳ درصد گردید (داده‌ها ارائه نشده است). تنش در مرحله گلدهی و ساقه رفتن بدلیل عرضه کمتر مواد فتوسنتزی، باعث ریزش گل و خورجین‌های در حال رشد می‌شود. مندهام و سالیسبوری گزارش کردند که کاهش مقدار آب در مرحله گلدهی کلزا باعث کاهش تعداد خورجین در بوته شد (Mendham and Salisbury, 1995). مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی نشان داد که بالاترین تعداد خورجین در بوته (۷۱) در تیمار آبیاری مطلوب و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (۳۰۰ میکرومول) بدست آمد و با تیمارهای اسید آسکوربیک (۳۰۰ میلی گرم در لیتر) و متانول (۲۰ و ۳۰ درصد) در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۶). قطع آبیاری در مرحله گلدهی تعداد خورجین در بوته را در تمام تیمارهای محلول پاشی کاهش داد، اما محلول پاشی با اسید آسکوربیک (۳۰۰ میلی گرم در لیتر) در مقایسه با شاهد (آب مقطر)، تعداد خورجین در بوته را به میزان ۴۱ در صد افزایش داد. هر چند که قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی، شدت کمتری تنش در مقایسه با قطع آبیاری در مرحله گلدهی بر گیاه وارد کرد، اما تعداد خورجین در بوته باز هم کاهش نشان داد. محلول پاشی اسید آسکوربیک (۳۰۰ میلی گرم در لیتر) در شرایط قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی نیز بالاترین تعداد خورجین در بوته را در مقایسه با سایر تیمارهای محلول پاشی داشت (شکل ۶).

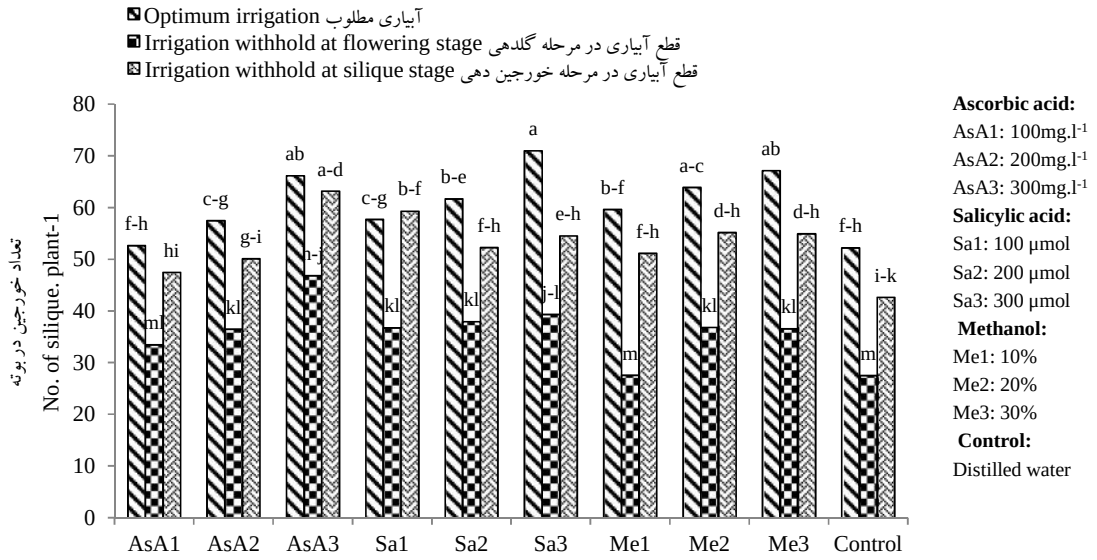
گزارش شده است که افزایش رشد ناشی از مصرف اسید آسکوربیک در شرایط تنش و بدون تنش، در اثر افزایش تقسیم و طویل شدن سلول‌ها می‌باشد (Athar *et al.*, 2008) و با توجه به این موضوع به نظر می‌رسد که اثر مثبت اسید آسکوربیک بر رشد گیاه، باعث افزایش تعداد خورجین شده است. باکری و همکاران (Bakry *et al.*, 2013) اظهار داشتند که افزایش میزان مصرف اسید آسکوربیک اثر معنی‌داری بر افزایش طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و کارآیی مصرف آب گندم داشت. افزایش تعداد خورجین در تیمار متانول ۳۰ درصد را نیز می‌توان به تاثیر متانول بر افزایش میزان کلروفیل نسبت داد. راجالا و همکاران (Rajala *et al.*, 1998) نیز اظهار داشتند که مصرف متانول با غلظت ۳۰ درصد باعث افزایش میزان کلروفیل در یولاف شد. مسیرهای متابولیکی مختلفی با رشد، نمو و سازوکارهای دفاعی گیاه در ارتباط هستند که تحت تاثیر مصرف خارجی متانول قرار می‌گیرند

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

(Ramadan and Omran, 2015). نتایج برخی آزمایش‌ها نیز نشان داده است که مصرف متانول از طریق افزایش تعداد خورجین در بوته، باعث افزایش عملکرد دانه کلزا می‌شود (Zbiec *et al.*, 2003).

در تیمار آبیاری مطلوب، افزایش غلظت اسید سالیسیلیک باعث افزایش تعداد خورجین در بوته گردید، اما در شرایط قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی غلظت‌های کمتر اسید سالیسیلیک تاثیر بهتری در افزایش تعداد خورجین در بوته داشتند (شکل ۵). فریدالدین و همکاران (Fariduddin *et al.*, 2003) بیان نمودند که مصرف اسید سالیسیلیک باعث افزایش تعداد خورجین در بوته خردل هندی شد.مصرف خارجی اسید سالیسیلیک بر فرایندهای مختلف فیزیولوژیکی گیاه از جمله بسته شدن روزنه‌ها (Larque-Saavedra, 1979)، کنترل جذب و انتقال یون‌ها (Harper and Balke, 1981)، واکنش هیل (Maslenkova and Toncheva, 1998) و تغییر در میزان فتوسنتز خالص، محتوای کاروتنوئیدها، کلروفیل و قندهای محلول (Chandra and Bhatt, 1998) نیز تاثیر داشته و باعث افزایش تعداد خورجین در بوته می‌شود (Fariduddin *et al.*, 2003).



شکل ۶- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی مواد تنظیم کننده رشد بر تعداد خورجین در بوته کلزا (۹۳-۱۳۹۱)

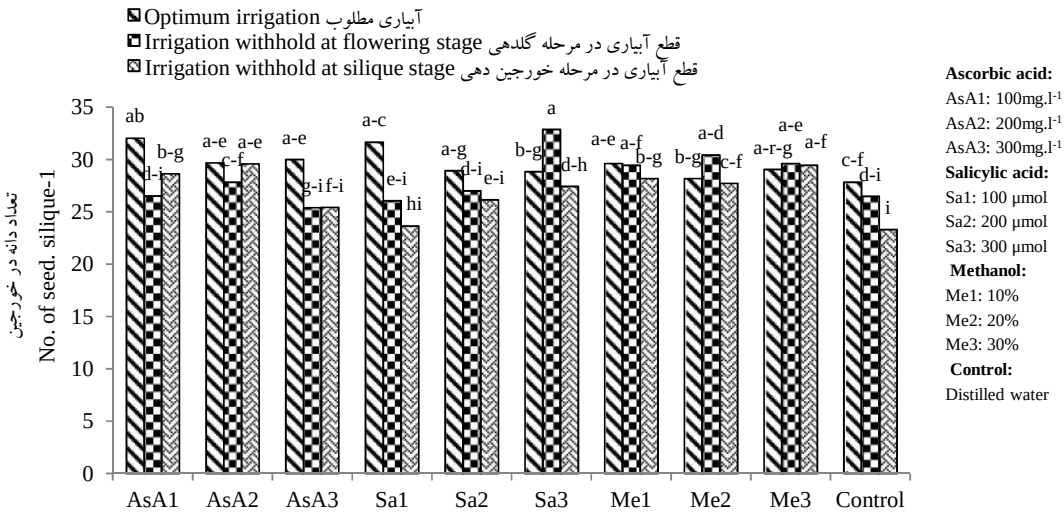
Fig. 6. Interaction effect of drought stress × foliar application of growth regulators on No. of silique .plant^{-1} of rapeseed (2012-14)

مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی نشان داد که حداکثر تعداد دانه در خورجین (۳۲/۸) در شرایط تنش شدید و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک (۳۰۰ میکرومول) بدست آمد (شکل ۷). کاهش تعداد دانه در خورجین در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی را می‌توان ناشی از اثر منفی تنش خشکی روی گرده‌افشانی و بارور شدن گل‌ها دانست. تغییرات تعداد دانه در خورجین در اثر تیمارهای تنش خشکی در مقایسه با تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه، از شدت کمتری برخوردار بود، به عبارت دیگر تعداد دانه در خورجین کمتر تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت. تامین آب در مرحله گلدهی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

و اوایل رشد خورجین‌ها و شکل‌گیری خورجین‌ها و دانه‌ها، حساس و حیاتی است. محمد و همکاران (Mohammad *et al.*, 2007) گزارش نمودند که تنش خشکی در مرحله گلدهی، با کاهش ذخایر مواد کربوهیدراتی، نمو دانه در خورجین‌ها را کاهش داده و باعث سقط دانه‌ها در خورجین می‌گردد. با این وجود مصرف برخی از تیمارهای محلول پاشی مانند اسید سالیسیلیک (۳۰۰ میکرومول) در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی، از برتری معنی‌داری نسبت به شاهد (محلول پاشی آب مقطر) برخوردار بود. البته لازم به ذکر است که این موضوع در ارتباط با واکنش سایر اجزای عملکرد نیز می‌باشد.



شکل ۷- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی مواد تنظیم کننده رشد بر تعداد دانه در خورجین در کلزا (۹۳-۱۳۹۱)

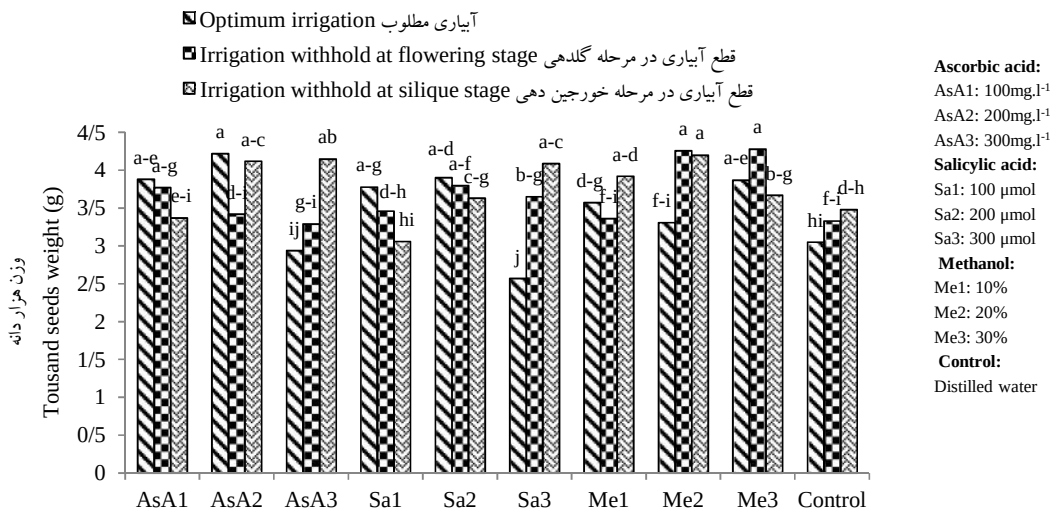
Fig. 7. Interaction effect of drought stress × foliar application of growth regulators on No. of seed. silique^{-1} of rapeseed (2012-14)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده سال، تنش خشکی، محلول پاشی و همچنین اثر متقابل سال × محلول پاشی و تنش خشکی × محلول پاشی بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل قطع آبیاری و محلول پاشی نشان داد که در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی (تنش شدید)، با افزایش میزان اسید آسکوربیک از وزن هزار دانه کاسته شد، اما در تیمار قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی، افزایش غلظت اسید آسکوربیک باعث افزایش وزن هزار دانه گردید (شکل ۸). افزایش وزن دانه می‌تواند بدلیل افزایش شدت فتوسنتز و انتقال مواد پرورده به دانه‌ها همراه با کاهش اثر تنش خشکی در اثر مصرف اسید آسکوربیک باشد. دولت آبادیان و همکاران (Dolatabadian *et al.*, 2010) نیز گزارش دادند که محلول پاشی اسید آسکوربیک (۱۵۰ میلی گرم در لیتر)، اثر سوء تنش خشکی را کاهش داده و باعث بهبود رشد و تولید و افزایش وزن دانه ذرت در شرایط مطلوب و تنش خشکی شد. در شرایط مطلوب افزایش غلظت اسید سالیسیلیک بر وزن هزار دانه اثر منفی داشت. اثر مفید اسید سالیسیلیک بر وزن هزار دانه در شرایط تنش می‌تواند بدلیل انتقال مواد پرورده بیشتر به دانه‌ها در طول دوره پر شدن دانه باشد. گزارش شده است که نقش اسید سالیسیلیک در کاهش اثر سوء تنش خشکی مربوط به تاثیر آن بر کاهش میزان تعرق است

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

که این موضوع می‌تواند باعث افزایش وزن دانه‌ها شود (Abo-Hamed *et al.*, 1990). واکنش کلزا در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی به متانول مثبت بود. بیشترین وزن هزار دانه (۴/۲۴ گرم) نیز در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی در تیمار محلول پاشی متانول ۳۰ درصد مشاهده شد (شکل ۸). میراخوری و همکاران (Mirakhori *et al.*, 2009) نیز اظهار داشتند که محلول پاشی با متانول (۲۱ درصد) باعث افزایش وزن هزار دانه سویا می‌شود. با توجه به ضرایب همبستگی مثبت تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین با کلروفیل‌های a و b نیز می‌توان نتیجه‌گیری کرد که افزایش محتوای کلروفیل‌ها در افزایش اجزای عملکرد تاثیر مثبت دارد. درتیمار تنش شدید خشکی، وزن هزار دانه، محتوای کاروتنوئیدها و پرولین از همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه برخوردار بودند. همبستگی پرولین با تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و کاروتنوئیدها نیز مثبت بود (جدول ۲). هر چند که در تیمار تنش شدید خشکی همبستگی رنگیزه‌ها با عملکرد دانه معنی‌دار نبود، اما همبستگی رنگیزه‌ها با تعداد خورجین در بوته می‌تواند بیانگر این موضوع باشد که رنگیزه‌ها بطور غیرمستقیم از طریق افزایش تعداد خورجین در بوته باعث افزایش عملکرد دانه می‌شوند. در تیمار تنش ملایم خشکی، همبستگی تعداد خورجین در بوته با عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود. محتوای کلروفیل‌های a و b نیز از همبستگی معنی‌داری با تعداد خورجین در بوته برخوردار بودند (جدول ۳).



شکل ۸- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی مواد تنظیم کننده رشد بر وزن هزار دانه در کلزا (۹۳-۱۳۹۱)

Fig. 8. Interaction effect of drought stress × foliar application of growth regulators on thousand seeds weight of rapeseed (2012-14)

اثر متقابل سال × تنش خشکی × محلول پاشی بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود، اما اثر ساده سال، تنش خشکی، محلول پاشی و همچنین اثر متقابل سال× تنش خشکی، سال× محلول پاشی و تنش خشکی × محلول پاشی معنی‌دار بودند. نتایج مربوط به اثر متقابل قطع آبیاری و محلول پاشی در دو سال آزمایش نشان داد که حداکثر عملکرد دانه (۴۴۹۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری مطلوب با محلول پاشی اسید آسکوربیک (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و حداقل عملکرد دانه (۱۹۶۸ کیلوگرم در هکتار) نیز در تیمار قطع آبیاری در

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

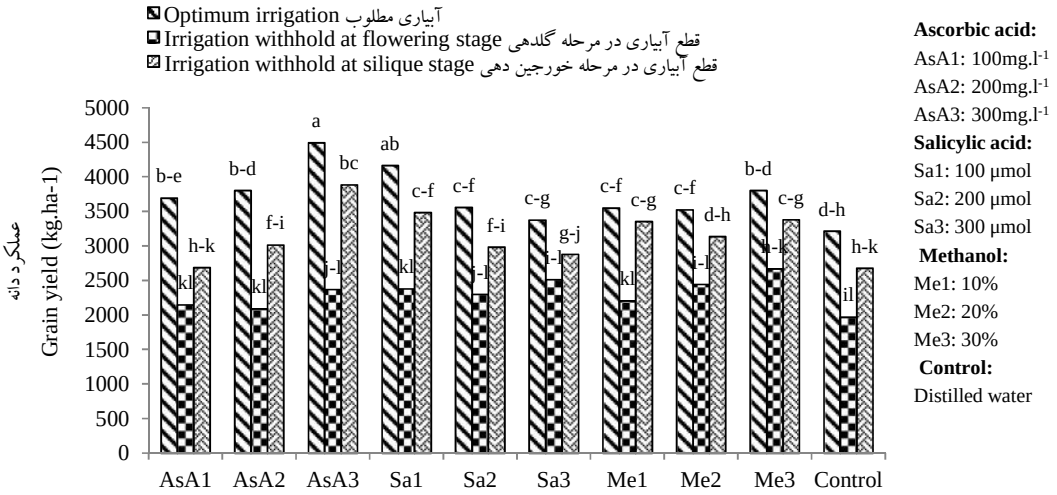
[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

مرحله گلدهی و آبیاری با آب مقطر (شاهد) بدست آمد (شکل ۹). در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی، شدت تنش به اندازه‌ای بود که به استثنای محلول پاشی با متانول ۳۰ درصد، کلیه تیمارهای محلول پاشی با مواد تنظیم کننده رشد با شاهد (محلول پاشی آب مقطر) در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۹). به‌نظر می‌رسد که اثر مثبت متانول ۳۰ درصد بر عملکرد دانه از طریق تاثیر بر افزایش محتوای کاروتنوئیدها که در افزایش تحمل تنش موثر هستند، بوده است. بر اساس نتایج بدست آمده، واکنش گیاه کلزا نسبت به متانول در تیمارهای آبیاری متفاوت بود و در هر یک از تیمارها از طریق بهبود برخی صفات باعث افزایش عملکرد دانه شد. در شرایط مطلوب آبیاری، متانول از طریق افزایش میزان پرولین، تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه افزایش عملکرد دانه را بدنبال داشت. در تیمار قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی، بدلیل اثر مثبت آن در افزایش تجمع پرولین، کاروتنوئیدها، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه، باعث افزایش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد شده و در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی بهبود عملکرد دانه از طریق افزایش میزان کلروفیل b، کاروتنوئیدها، پرولین، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه بوده است.

با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد که اثر محلول پاشی مواد تنظیم کننده رشد در تیمارهای تنش خشکی بیشتر صرف سازوکارهای تحمل به تنش از جمله تولید پرولین شده است. با کاهش شدت تنش (قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی) اثر مواد تنظیم کننده رشد بر عملکرد دانه مشهودتر بود و افزایش غلظت اسید آسکوربیک (۳۰۰ میلی گرم در لیتر)، باعث افزایش عملکرد دانه شد، بعبارت دیگر محلول‌پاشی اسید آسکوربیک (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در تیمار قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی با شرایط مطلوب رطوبتی و محلول‌پاشی اسید آسکوربیک (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۹). به نظر می‌رسد که با کاهش شدت تنش و افزایش میزان اسید آسکوربیک می‌توان از کاهش عملکرد دانه کلزا اجتناب نمود. محلول‌پاشی اسید آسکوربیک از طریق تاثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی از جمله تحریک فعالیت‌های تنفسی، تقسیم سلولی و فعالیت‌های آنزیمی، باعث افزایش عملکرد دانه در گندم می‌شود (El-Hamed *et al.*, 2004; Irfan *et al.*, 2006). در شرایط آبیاری مطلوب و قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت کمتر در مقایسه با غلظت‌های بالاتر، تاثیر بهتری بر عملکرد دانه داشت، اما در تیمار تنش شدید (قطع آبیاری در مرحله گلدهی)، واکنش گیاه به سطوح بالاتر اسید سالیسیلیک مثبت بود (شکل ۹). افزایش عملکرد دانه و اجزای عملکرد آفتابگردان در اثر مصرف اسید سالیسیلیک بدلیل تاثیر آن بر فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه، بهبود رشد و انتقال مواد پرورده از منبع به مخزن بوده (Grown, 2012) و غلظت‌های بالای اسید سالیسیلیک اثر بازدارنده داشتند (Fariduddin *et al.*, 2003). در بین تیمارهای متانول نیز، محلول پاشی با غلظت ۳۰ درصد در تیمار قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بود. بیشتر بودن محتوای کلروفیل b را می‌توان به اثر مثبت محلول‌پاشی متانول در افزایش عملکرد دانه نسبت داد. بعلاوه در اثر افزایش تولید ساکارز، آماس سلول‌های گیاه بیشتر شده و حساسیت گیاهان تیمار شده با متانول به کمبود آب کاهش می‌یابد (Zbiec *et al.*, 2003). ضرایب همبستگی بین صفات گیاهی مورد مطالعه در شرایط آبیاری مطلوب نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، محتوای کلروفیل‌های a و b داشته (جدول ۱) و این موضوع مبین اهمیت این صفات در افزایش عملکرد دانه در شرایط

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

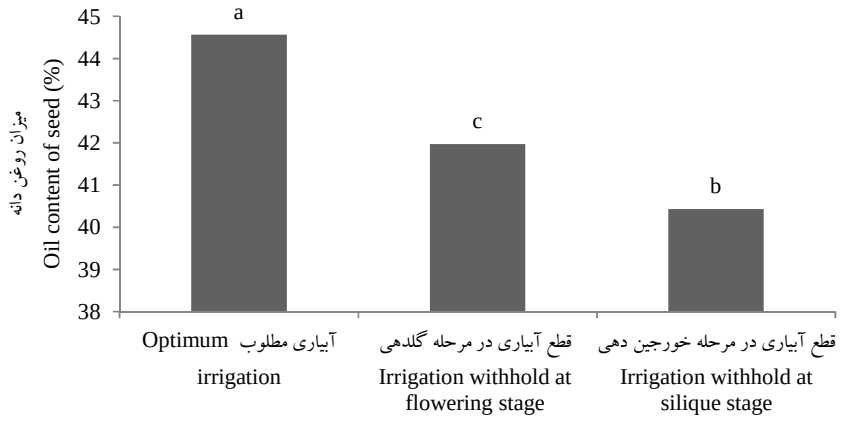


شکل ۹- اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی مواد تنظیم کننده رشد بر عملکرد دانه در کلزا (۹۳-۱۳۹۱)

Fig. 9. Interaction effect of drought stress × foliar application of growth regulators on seeds yield of rapeseed (2012-14)

آبیاری مطلوب می‌باشد. همبستگی پرولین با عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب منفی بود (جدول ۱).

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر ساده تنش خشکی و محلول پاشی تنظیم کننده‌ها بر میزان روغن دانه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر ساده تنش خشکی در دو سال آزمایش نشان داد که میزان روغن دانه در تیمارهای آبیاری مطلوب، قطع آبیاری در مراحل گلدهی و خورجین‌دهی به ترتیب ۴۴/۵، ۴۱/۹ و ۴۰/۴ درصد بود (شکل ۱۰). تنش خشکی در مرحله گلدهی و خورجین‌دهی با کاهش ظرفیت دانه در جذب مواد پرورده و تبدیل آنها به روغن، بیشترین اثر منفی را بر میزان روغن دانه دارد. در مورد اثر تنش خشکی در مرحله گلدهی بر میزان روغن دانه کلزا گزارش شده است که

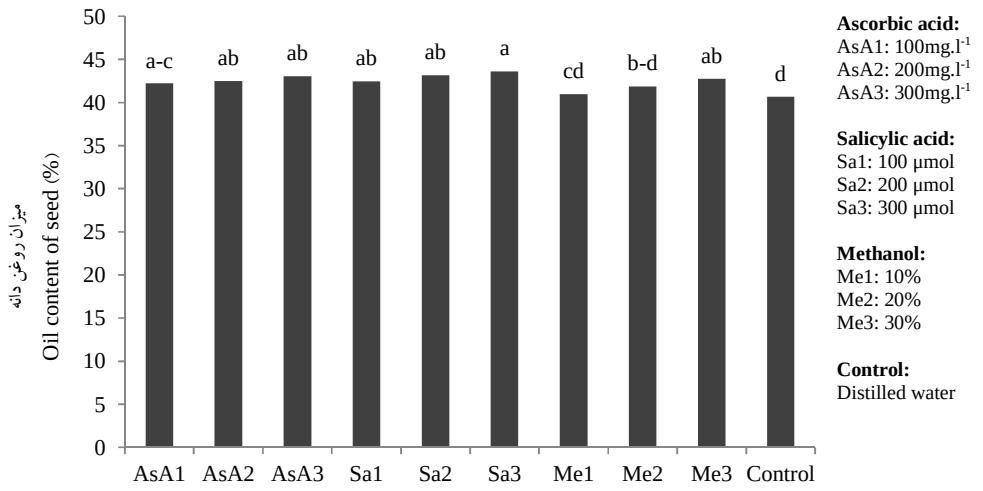


شکل ۱۰- اثر تیمارهای تنش خشکی بر میزان روغن دانه کلزا (۹۳-۱۳۹۱)

Fig. 10. Effect of drought stress treatments on oil content of seed of rapeseed (2012-14)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]



شکل ۱۱- اثر ساده محلول پاشی مواد تنظیم کننده رشد بر میزان روغن دانه کلزا (۹۳-۱۳۹۱)

Fig. 11. Effect of foliar application of growth regulators on oil content of seed of rapeseed (2012-14)

تنش خشکی در مرحله گلدهی و گرده‌افشانی، بعلت اثر سوء آن بر تخریب فرایندهای متابولیک دانه، اختلال در انتقال مواد پرورده به دانه‌ها و احتمالا تولید ترکیبات ثانویه نامطلوب در تولید روغن می‌باشد (Bouchereau *et al.*, 1996). اثر محلول‌پاشی متانول به میزان ۱۰ درصد حجمی همراه با شاهد (آب مقطر)، کمترین میزان روغن دانه را داشتند. هر چند که کلیه غلظت‌های اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک از نظر تاثیر بر میزان روغن دانه در یک گروه آماری قرار گرفتند، اما حداکثر میزان روغن دانه (۴۳/۶ درصد) به تیمار اسید سالیسیلیک ۳۰۰ میکرومول اختصاص یافت (شکل ۱۱). اولاه و همکاران (Ullah *et al.*, 2012) اظهار داشتند که مصرف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی در مقایسه با عدم کاربرد آن موجب افزایش میزان روغن دانه کلزا گردید.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از آزمایش، به نظر می‌رسد که جهت دستیابی به عملکرد دانه مطلوب در کلزا باید از تنش خشکی در مرحله گلدهی اجتناب شود. شدت تنش خشکی در اثر قطع آبیاری در مرحله گلدهی به حدی بود که تیمارهای محلول‌پاشی مواد تنظیم کننده رشد نیز باعث جبران کاهش عملکرد دانه نشدند، اما در تیمار قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی و محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک (۳۰۰ میلی گرم در لیتر) عملکرد دانه تا حدودی بهبود یافت و در مقایسه با سایر تیمارهای محلول‌پاشی برتر بود. در شرایط رطوبتی مطلوب نیز محلول‌پاشی اسید آسکوربیک (۳۰۰ میلی گرم در لیتر) و اسید سالیسیلیک (۱۰۰ میکرو مول) اثر مثبتی بر عملکرد دانه داشتند. بر اساس نتایج آزمایش حاضر تنش خشکی در مراحل گلدهی و خورجین‌دهی باعث کاهش میزان روغن دانه کلزا شده و در صورت بروز تنش در این مراحل می‌توان با محلول‌پاشی مواد تنظیم کننده رشد از جمله اسید سالیسیلیک (۳۰۰ میکرو مول) از کاهش میزان روغن دانه کلزا جلوگیری نمود.

منابع مورد استفاده

References

Abdel-Latif, A., U. Schmieden, S. Barakat and A. Wild. 1996. Physiological and biochemical responses of

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

sunflower plant to enhanced CO_2 level. Plant Physiol. Biochem., Special Issue. 133: 81-88.

Abo_Hamed, S., M. Younis, O. EShahaby and S. Haroun. 1990. Plant growth, metabolism and adaptation in relation to stress conditions. IX. Endogenous levels of hormones, minerals and organic solutes in *Pisum sativum* plants as affected by salinity. Phyto Annales Rei Botanicae. 30: 187-193.

Albrecht, S. L., C. L. Douglas, E. L. Klepper, P. E. Rasmussen, R. W. Rickman, R. W. Smiley, D. W. Wysocki and D. E. Wilkins. 1995. Effects of foliar methanol application on crop yield. Crop Sci. 35: 1642– 1646.

Amin, A., ESM., Rashad and F. Gharib, 2008. Changes in morphological, physiological and reproductive characters of wheat plants as affected by foliar application with salicylic acid and ascorbic acid. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2: 252-261.

Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron. J. 23: 112-121.

Ashraf, M. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. Biotechnol. Adv. 27: 84-93.

Athar, H. R., A. Khan and M. Ashraf. 2008. Exogenously applied ascorbic acid alleviates salt induced oxidative stress in wheat. Environ. Exp. Bot. 63: 224–231.

Bakry, B. A., T. A. Elewa, M. F. El-Kramany and A. M. Wali. 2013. Effect of humic and ascorbic acids foliar application on yield and yield components of two wheat cultivars grown under newly reclaimed sandy soil. International Journal of Agronomy and Plant Production.4: 1125-1133.

Bates, L. S., R. P. Waldren and I. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39: 205-208.

Bhattacharya, S., N. C. Bhattacharya and B. B. Bhatnagar. 1985. Effect of ethanol, methanol and acetone on rooting etiolated cuttings of *Vigna radiata* in presence of sucrose and auxin. Ann. Bot. 55: 143–145.

Bolkhina, O., E. Virolainen and K. Fagerstedt. 2003. Antioxidant, oxidative damage and oxygen deprivations stress. A Rev. Ann. Bot. 91: 179-194.

Bouchereau, A., N. Clossais-Besnard, A. Bensaoud, L. Leport and M. Renard. 1996. Water stress effects on rapeseed quality. Eur. J. Agron. 5: 19-30.

Chandra, A. and R. K. Bhatt. 1998. Biochemical and physiological response to salicylic acid in relation to the systemic acquired resistance. Photosynthetica, 35: 255-258.

Ebrahimian, E., A. Bybordi. 2012. Influence of ascorbic acid foliar application on chlorophyll, flavonoids, anthocyanin and soluble sugar contents of sunflower under conditions of water deficit stress. Journal of Food, Agriculture and Environment. 10: 1026-1030.

Grown, B. A. O. S. P. 2012. Physiological role of salicylic acid in improving performance, yield and some biochemical aspects of sunflower plant grown under newly reclaimed sandy soil. Aust. J. Basic Appl. Sci. 6: 82-89.

Devlin, R. M., P. C. Bhowmik and S. J. Karczmarczyk. 1994. Influence of methanol on plant growth. Plant Growth Reg. Soc. Am. Quart. 22: 102-108.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

Dolatabadian, A., S. A. M. Modarresi Sanavy and K. S. Asilan. 2010. Effect of ascorbic acid foliar application on yield, yield component and several morphological traits of grain corn under water deficit stress conditions. Notulae Scientia Biologicae. 2: 45-50.

Dolatabadian, A., S, Sanavy and N. Chashmi. 2008. The effects of foliar application of ascorbic acid (vitamin C) on antioxidant enzymes activities, lipid peroxidation and proline accumulation of canola (*Brassica napus* L.) under conditions of salt stress. Journal of Agronomy and Crop Science. 194: 206-213.

El-Hamed, A. M., S.H. Sarhan and H. Z. Abd El-Salam. 2004. Evaluation of some organic acids as foliar application on growth, yield and some nutrient contents of wheat. J. Agric. Sci. Mansoura Univ. 29: 2475-2481.

El-Tayeb, MA. 2005. Response of barley gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation, 45: 215-225.

Fariduddin, Q., S. Hayat and A. Ahmad. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica. 41: 281-284.

Fisher, B. U., J. Nosberger and M. Frehner. 1996. Effect of an elevated partial pressure of CO_2 on source – sink relations during regrowth of *Lollium perenne* L. Plant Physiol. Biochem., Special Issue. 20: 945-952.

Gill, P. K., A. D. Sharma, P. Singh and S. S. Bhullar. 2003. Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* L. Moench seeds under various abiotic stresses. Plant Growth Regul. 40: 157-162.

Hamada, A. 2000. Amelioration of drought stress by ascorbic acid, thiamin or aspirin in wheat plants. Indian J. Plant Physic. 5: 358-364.

Harper, J. R., and N. E. Balke. 1981. Characterization of the inhibition of K^+ absorption in oat roots by salicylic acid. Plant Physiol. 68: 1349-1353.

Idrees, M., M. M. A. Khan, M. Naeem, T. Aftab, N. Hashmi and M. Alam. 2011. Modulation of defence responses by improving photosynthetic activity, antioxidative metabolism and vincristine and vinblastine accumulation in *Catharanthus roseus* (L.) G. Don through salicylic acid under water stress. Russ. Agric. Sci. 37: 474-482.

Irfan, A., S. M. A. Basra, F. Mahammed and A. Nawaz. 2006. Alleviation of salinity stress in spring wheat by hormonal priming with ABA, Salisylic acid and ascorbic acid. Int. J. Agric. Biol. 8: 23-28.

Kalantar Ahmadi, S. A. and G. Fathi. 2009. The effect of seed sowing rate, different levels of nitrogen and different sowing dates on canola grain yiled, *cv*. Hyola401 in north Khouzestan conditions. Iran. J. Field Crop Sci. 40: 191-204. (In Persian with English abstract).

Kalantar Ahmadi, S. A., A. H. Shiranirad and S. A. Sidat. 2013. Study of limited irrigation stress on grain yield of canola cultivars in north Khouzestan conditions. J. Oil Plant Prod. 1: 53-65.

Kalantar Ahmadi, S. A., A. Ebadi, S. A. Siadat and H. Tavakoli Hasanklou. 2014 a. Effects of heat stress due to changing of sowing date on grain yield of rapeseed cultivars in north Khouzestan conditions. Iran. J. Crop Sci. 16: 1-15. (In Persian with English abstract).

Kalantar Ahmadi, S. A., A. Ebadi, S. Jahanbakhsh, J. Daneshian and S. A. Siadat. 2014 b. Effects of water

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

stress and nitrogen on changes of some amino acids and pigments in canola. Bulletin of Environment, pharmacology and Life Sciences. 4: 114-122.

Khalid Hussein, Z. and M. Qader Khursheed. 2014. Effect of foliar application of ascorbic acid on growth, yield components and some chemical constituents of wheat under water stress conditions. Jordan Journal of Agricultural Sciences. 10: 1-15.

Khedr, A. H. A., M. A. Abbas, A. A. A. Wahid, W. P. Quick, and G. M. Abogadallah. 2003. Proline induces the expression of salt-stress-responsive proteins and may improve the adaptation of *Pancratium maritimum* L. to salt-stress. J. Exp. Bot. 54: 2553-2562.

Kolupaev, Y., T. Yastreb, Y. V. Karpets and N. Miroshnichenko. 2011. Influence of salicylic and succinic acid on antioxidant enzymes activity, heat resistance and productivity of *Panicum miliaceum* L. Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 7: 154-163.

Larque-Saavedra, A. 1979. Stomatal closure in response to acetylsalicylic acid treatment. Zeitschrift für Pflanzenphysiologie, 93: 371-375.

Li, Y., G. Gupta, J. Joshi and A. Siyumbano. 1995. Effect of methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. J. Plant Nutr. 18: 1875-1880.

Maghsoudi, K. and M. Arvin. 2010. Salicylic acid and osmotic stress effects on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. J. Plant Ecophysiol. 2: 7-11.

Makhdum, M. I., M. N. A. Malik, S. U. Din, F. Ahmad and F. I. Chaudhry. 2002. Physiological response of cotton to methanol foliar application. J. Res. Sci. 13: 37–43.

Maslenkova, L. T. and S. R. Toncheva. 1998. Salicylic acid-induced changes in Photosystem II reactions in barley plants. Biotechnol Biotechnol Equip. 51: 101-104.

Mendham, N. J. and P. A. Salisbury. 1995. Physiology. Crop Development. Growth and Yield in: Kimber. D. and D. I. M.c Greagor (Eds.). CAB international.

Mirakhori, M., F. Paknejad, F. Moradi, M. Ardakani, H. Zahedi and P. Nazeri. 2009. Effect of drought stress and methanol on yield and yield components of soybean Max (L17). American Journal of Biochemistry and Biotechnology. 5: 162-169.

Mitchell, A. R., F. J. Crowe and M. D. Butler. 1994. Plant performance and water use of peppermint treated with methanol and glycine. J. Plant Nutr. 17: 1955–1962.

Mohammad, T., A. Ali, M. A. Nadeem, A. Tanveer and Q. M. Sabir. 2007. Performance of canola (*Brassica napus*) and Indian mustard (*B. juncea*) to soil water deficits: yield and yield components. Field Crops Res. 42: 1-13.

Murakeözy, É. P., Z. Nagy, C. Duhazé, A. Bouchereau and Z. Tuba. 2003. Seasonal changes in the levels of compatible osmolytes in three halophytic species of inland saline vegetation in Hungary. J. Plant Physiol. 160: 395-401.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

Nadeali, E., F. Paknejad, F. Moradi, M. Naseri and A. Pazuki. 2011. Effects of methanol application on sugar beet relative water content, chlorophyll content and chlorophyll fluorescence parameters under drought stress conditions. Iran. J. Filed Crop Sci. 41: 731-740. (In Persian with English abstract).

Nadeali, E., F. Paknejad, F. Moradi and S. Vazan. 2010. Effect of methanol on yield and some quality characteristics of sugar beet (*Beta vulgaris* L. *cv.* Rasoul) in drought and non-drought stress conditions. Seed Plant Prod. J. 2: 95-108. (In Persian with English abstract).

Nonomura A. M. and A. A. Benson. 1992. The path of carbon in photosynthesis: Methanol and light. Photosyn. Res. 3: 911-914.

Paknejad, F., M. Mirakhori, M. J. Al-Ahmadi, M. R. Tookalo, A. R. Pazuki and P. Nazeri. 2009. Physiological response of soybean (*Glycine max*) to foliar application of methanol under different soil moistures. American Journal of Agricultural and Biological Sciences.4: 311-318.

Rajala, A., j. Kärkkäinen, J. Peltonen and P. Peltonen-Sainio. 1998. Foliar applications of alcohols failed to enhance growth and yield of C_3 crops. Ind. Crop Prod. 7: 129-137.

Ramadan, T. and Y. A. M. M. Omran. 2015. The effect of foliar application of methanol on productivity and fruit quality of grapevine *cv*. Flame Seedless. VITIS-J. Grapevine Res. 44(1): 11.

Rowe, R. N., D. J. Farr and B. A. J. Richards. 1994. Effects of foliar and root applications of methanol or ethanol on the growth of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill). Crop Hort. Sci. 22: 335–337.

Sakr, M. T. and A. A. Arafa. 2009. Effect of some antioxidants on canola plants grown under soil salt stress condition. Pak. J. Biol Sci. 12: 582-588.

Sawhney, V. and D. Singh. 2002. Effect of chemical desiccation at the post-anthesis stage on some physiological and biochemical changes in the flag leaf of contrasting wheat genotypes. Field Crops Res. 77: 1-6.

Shafiq, S., N.A., Akram, M., Ashraf and A., Arshad, 2014. Synergistic effects of drought and ascorbic acid on growth, mineral nutrients and oxidative defense system in canola (Brassica napus L.) plants. Acta Physiologiae Plantarum. 36: 1-15.

Shi, Q., Z. Bao, Z. Zhu, Q. Ying and Q. Qian. 2006. Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. Plant Growth Reg. 39: 137-141.

Strain, D., and J. Fletcher. 2003. Plant ascorbic acid chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. J. Sci. Food Agric. 80: 825-850.

Sylvester-Bradley, R. and R. J. Makepeace. 1984. A code for stages of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Aspects Appl. Biol. 6: 399-419.

Szabados, L. and A. Savoure. 2010. Proline: a multifunctional amino acid. Trends Plant Sci. 15: 89-97.

Taji, T., M. Seki, M. Satou, T. Sakurai, M. Kobayashi, K, Ishiyama and K. Shinozaki. 2004. Comparative

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

genomics in salt tolerance between *Arabidopsis* and *Arabidopsis*-related halophyte salt cress using *Arabidopsis* microarray. Plant Physiol. 135: 1697-1709.

Ullah, F., A. Bano and A. Nosheen. 2012. Effects of plant growth regulators on growth and oil quality of canola (*Brassica napus* L.) under drought stress. J. Bot. 44: 1873-1880.

Wang, L. J., L. Fan, W. Loescher, W. Duan, L. Guo-Jie, C. Jian-Shan, L. Hai and S. Li. 2010. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under heat stress and accelerates recovery in grapevine leaves. BMC Plant Biol. 10: 34-41.

Zbiec, I., S. Karczmarczyk, C. Podsiadło. 2003. Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. 6: 1-5.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]

Effect of drought stress and foliar application of growth regulators on photosynthetic pigments and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L. cv. Hyola 401)

Kalantar Ahmadi1, S .A.[1], A. Ebadi[2], J. Daneshian[3], S .A. Siadat[4] and S. Jahanbakhsh[5]

ABSTRACT

Kalantar Ahmadi1, S.A., A. Ebadi, J. Daneshian, S.A. Siadat and S. Jahanbakhsh. 2017. Effect of drought stress and foliar application of growth regulators on photosynthetic pigments and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L. cv. Hyola 401). **Iranian Journal of Crop Sciences. 18(3): 196-217. (In Persian).**

Changes in environmental conditions have led to various types of stresses that affect plants growth, development, and also its survival. Since the growth regulators improve plant tolerance to unfavorable environmental conditions, therefore, y the effect of drought stress and foliar application of some growth regulatorson rapeseed cv. Hyola 401 was studied. A field experiment was carried out as split plot arrangements using randomized complete block design with three replications at Safiabad Agricultural Research Center, Dezful, Iran during 2012-2014. The main plots were assigned to three irrigation levels; irrigation after 70mm evaporation from evaporation pan as control treatment (Optimum irrigation), withholding irrigation at flowering and silique stages, and sub plots included 10 levels of foliar application (100, 200, 300 mg.l^{-1} ascorbic acid, 100, 200, 300 µmol; salisylic acid; 10, 20, 30 vol% methanol and distilled water as control treatment). Results showed that withholding irrigation at flowering and silique stages led to reduction in grain yield by 38% and 15%, respectively. The interaction of withholding irrigation × foliar application showed that the highest (4493 kg.ha^{-1}) seed yield under optimum irrigation conditions belonged to foliar application of ascorbic acid (300 mg.l^{-1}) and the lowest (1968 kg.ha^{-1}) to withholding irrigation at flowering stage and foliar application of distilled water (control). Foliar application of ascorbic acid (300 mg.l^{-1}) led to enhancement of seed yield under optimum irrigation conditions and withholding irrigation during the silique stage. By increasing drought stress severity chlorophyll*a* decreased while chlorophyll*b* was enhanced. Effect of methanol (30%) on proline accumulation was more than ascorbic acid and salicylic acid under mild and severe drought stress conditions. It was concluded that application of growth regulators increased seed yield due to increase in proline and phytosynthetic pigments accumulation and their effect on seed yield components. Application of ascorbic acid (300 mg.l^{-1}) under optimum irrigation and mild stress and methanol (30%) at severe stress conditions improved seed yield of rapeseed cv. Hayola 304.

Key words: Carotenoids, Limited irrigation, Oil content, Proline Rapeseed and Silique.

Received: May 2016 **Accepted: December 2017**

1- Researcher, Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Dezful, Iran. (Corresponding author)(Email: Kalantar.ahmadi@gmail.com)
2-Professor, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3-Associate Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran
4-Professor, University of Ramin Agriculture and Natural Resources, Ahvaz, Iran
5-Assistant Prof., University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-15]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.2.5]