تأثیر اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر رشد و صفات فیزیولوژیک ریحان در شرایط تنش کم‌آبی

سمیه عقلمند، بهروز اسماعیل پور*، پریسا جلیل وند و حمیدرضا حیدری

[1]گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

(تاریخ دریافت: ١٣٩٤/٠٨/٣٠، تاریخ پذیرش نهایی: ١٣٩٥/١٢/٢٤)

چکیده:

تنش کم‌آبی یک عامل محدود کننده تولید، در کشاورزی می‌باشد. برای به حداقل رساندن اثرات این تنش، ترکیبات مختلفی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر رشد و فیزیولوژی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط تنش کم‌آبی یک آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سال ١٣٩١ در دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انجام پذیرفت. فاکتورهای آزمایشی شامل دو تیمار کم‌آبیاری ٦٠ و ٣٠ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و شاهد (١٠٠ درصد ظرفیت زراعی)، محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول در دو غلظت ١٠٠ و ٢٠٠ پی‌پی‌ام در دو مرحله با فواصل زمانی دو هفته‌ای و محلول‌پاشی گیاهان شاهد با آب مقطر بود. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی سبب کاهش تعداد برگ، وزن خشک برگ، سطح برگ، ارتفاع بوته، مقدار نسبی آب برگ، محتوای کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و افزایش میزان پرولین در بافت برگ شده است. همچنین اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی تنها بر صفات مقدار نسبی آب بافت، ارتفاع بوته و سطح برگ معنی‌دار شد و بر سایر صفات معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد غلظت ٢٠٠ پی پی ام اسید سالیسیلیک در سطح خشکی ٦٠ درصد ظرفیت زراعی، بیشترین تأثیر را بر جلوگیری از کاهش سطح برگ، ارتفاع گیاهچه و RWC داشته است. همچنین به طور کلی محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، نتایج بهتری نسبت به پاکلوبوترازول در کاهش آثار ناشی از تنش کم‌آبی نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تنظیم‌کننده‌های رشد، ریحان، ظرفیت زراعی، محلول‌پاشی، هدایت روزنه‌ای.

مقدمه:

تنش کم‌آبی یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی محدود کننده رشد گیاه و شایع‌ترین علت کاهش عملکرد محصول به خاطر افزایش در دما و کاهش آب در دسترس گیاه است (larcher, 2003). تنش کم‌آبی تأثیرات مختلفی بر روابط آبی، فتوسنتز، تغذیه معدنی، متابولیسم، رشد و عملکرد گیاه دارد (Redy *et al*, 2003).

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی یکساله متعلق به تیره نعناعیان (Lamiaceae) و بومی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری آسیا، آفریقا و آمریکای جنوبی می‌باشد که به عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و همچنین سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد (عامری و همکاران، ١٣٩٤). در بین بیش از ١٥٠ گونه از جنس Ocimum، ریحان غنی‌ترین گونه از نظر اسانس و ترکیبات معطر بوده و به صورت تجاری در بسیاری کشورها کشت می‌شود (Bilal *et al*., 2012). اسانس ریحان منبع غنی از ترکیبات فنیل پروپانوئیدی از قبیل چاویکول (Chavicol)، اوژنول (Eugenol) و ترپن‌ها (Terpenes) (نادری و همکاران، ١٣٩٤) و ترکیبات فنولی (Bilal *et al*., 2012) است. اسانس این گیاه دارای خواص ضد باکتری، ضد قارچ، ضد ویروسی و

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: bsmaielpoor2008@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.18.6]

آنتی‌اکسیدانتی است و برای درمان بیماری‌هایی چون سردرد، سرفه، اسهال، یبوست، بیماری‌های انگلی و ناراحتی‌های کلیوی مورد استفاده قرار می‌گیرد. (عامری و همکاران، ۱۳۹٤؛ نادری و همکاران، ۱۳۹٤).

اسید سالیسیلیک به عنوان یک مولکول پیام رسان شناخته شده است که در پاسخ‌های دفاعی گیاهان و همچنین مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی از طریق تنظیم عملکردهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نقش دارد (Huras *et al.*, 2007). مکانیسم عمل اسید سالیسیلیک در برابر تنش‌ها به نقش آن در تنظیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی و ترکیبات دارای گونه‌های اکسیژن فعال در گیاه بر می‌گردد (Bayat *et al.*, 2011). گزارش‌های متعددی در زمینه اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش کم‌آبی منتشر شده است. کاربرد اسید سالیسیلیک بر گیاهان ریحان رشد یافته در شرایط تنش کم‌آبی، سبب افزایش شاخص‌های رشد، میزان کلروفیل و محتوای نسبی آب بافت‌ها و همچنین کاهش میزان پرولین و نشت الکترولیتی شده است (Kordi *et al.*, 2013). دلاوری پاریزی و همکاران (۱۳۹۰) کاهش فعالیت مالون دی آلدئید و همچنین غلظت سدیم و پتاسیم در برگ و ریشه گیاهان ریحان رشد یافته تحت شرایط تنش شوری گزارش کردند که نشان دهنده تعدیل اثر تنش می‌باشد. محلول‌پاشی گیاه ریحان با اسید سالیسیلیک سبب افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی، محتوای رطوبت نسبی برگ، عملکرد اسانس و میزان کلروفیل برگ و همچنین کاهش پرولین و قندها تحت شرایط تنش شوری شد (رمرودی و خمر، ۱۳۹۲). شاخص‌های رویشی ریحان تحت تنش شوری، در اثر تیمارهای اسید سالیسیلیک و اسید سالیسیلیک به همراه آزوسپریلیوم افزایش یافته است (محمدی بابازیدی و همکاران، ۱۳۹۲). Yazdanpanah و همکاران (۲۰۱۱)، افزایش پارامترهای رشدی و محتوای پروتئین و قند در گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) رشد یافته در شرایط تنش شوری را گزارش کردند. در دانهال های گندم، تیمار اسید سالیسیلیک سبب افزایش محتوای رطوبتی بافت، وزن خشک، واکنش کربوکسیلاتی روبیسکو، فعالیت سوپر اکسید دسیموتاز و محتوای کلروفیل کل در طی تنش در مقایسه با دانهال های تیمار نشده شده است (Singh and Usha, 2003). در گوجه فرنگی و لوبیا، تیمار بذرها با غلظت ۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک یا استیل اسید سالیسیلیک سبب افزایش مقاومت به خشکی شده است (Senartena *et al.*, 2000).

پاکلوبوترازول یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی است که در شرایط طبیعی در سه منطقه، سنتز جیبرلین از مسیر ترپنوئیدی را متوقف می‌کند و به عنوان یک کند کننده رشد شناخته می‌شود (Felcher *et al.*, 2000). در گیاهانی که در معرض تنش شوری یا خشکی قرار گرفته‌اند، پاکلوبوترازول به عنوان یک ترکیب بهبوددهنده شاخص‌های نامطلوب شرایط تنش استفاده می‌شود. تأثیر این ماده از طریق کاهش مالون دی آلدهید، نشت الکترولیت، افزایش میزان آب نسبی، پرولین و فعال کردن سیستم آنتی‌اکسیدانتی صورت می‌گیرد (Jangheklangh *et al.*, 2015). مواد آنتی‌اکسیدانتی از جمله ویتامین C و E و همچنین فعالیت آنزیم‌هایی چون کاتالاز و سوپر اکسید دسیموتاز در اثر کاربرد پاکلوبوترازول افزایش می‌یابد (Asruasta *et al.*, 2010). بیات و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند شاخص‌های سطح برگ، بیشترین سرعت رشد محصول و بیشترین ماده خشک در گیاهان ذرت تیمار شده با پاکلوبوترازول در رژیم رطوبتی رژیم رطوبتی ۱۱ و ۱۵ روزه نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. تیمار نشاهای خیار با ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر پاکلوبوترازول، سبب جلوگیری از کاهش آب بافت در شرایط کم‌آبیاری و مقاومت نشاهای خیار به تنش کم‌آبی شده است (مزروعی سبدانی و همکاران، ۱۳۹۳). با توجه به قرارگیری ایران در مناطق نیمه‌خشک و مشکلات مربوط به تنش کم‌آبی در کشاورزی کشور، هدف از انجام این آزمایش بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول به عنوان مواد ضد تعرق برای تعدیل کاهش رشد و عملکرد ناشی از تنش کم‌آبی در گیاه ریحان می‌باشد.

مواد و روش‌ها:

آزمایش حاضر به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.18.6]

جدول ۱- آنالیز خاک مورد استفاده برای کشت ریحان

شاخص‌های شیمیایی	کربن آلی%	نیتروژن%	فسفر%	پتاسیم %	pH	EC (dsm^{-1})
مقدار	۰/۰٦٤	۰/۰۱٦	۰/۰۷	۰/۰٦	۷/۲٤	۱/۸

تصادفی با چهار تکرار و هر تکرار شامل دو گلدان (در هر گلدان دو گیاه) در سال ۱۳۹۱ در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی انجام پذیرفت. فاکتورهای آزمایشی شامل سه تیمار آبیاری (۱۰۰، ٦۰ و ۳۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول در دو سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام بود. بذرهای ریحان بومی شهر ری که از پژوهشکده گیاهان دارویی دانشگاه شهید بهشتی تهیه شده بودند، در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند. به منظور تولید نشاء، در فروردین ماه سال ۱۳۹۱، بذرهای ریحان در جعبه‌های پلاستیکی حاوی مخلوط دو به یک خاک و ماسه کشت شدند. جعبه‌های کشت شده تحت شرایط کنترل شده در گلخانه با دمای ۲ ± ۲۲ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ٦۰ تا ۷۰ درصد و میانگین شدت نور ٤۳٤ لوکس قرار داده شدند و در فواصل زمانی دو روز یک بار آبیاری شدند. گیاهچه‌های جوان (۱۰-۷ سانتی‌متری) پس از تولید ٦-٤ برگ حقیقی به گلدان اصلی انتقال یافتند. برای این کار، از گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ٦۵ سانتی‌متر و قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر استفاده شد. پس از توزین گلدان‌های خالی، به منظور زهکشی، مقادیر مساوی شن درشت در کف هر گلدان ریخته شده و سپس هر گلدان با ۱۰ کیلوگرم مخلوط خاکی (۲ قسمت خاک + یک قسمت ماسه) پر شدند. برخی خصوصیات خاک مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است. آب مورد نیاز برای هر سطح تنش خشکی با توجه به میزان رطوبت قابل دسترس خاک در محدوده بین رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی محاسبه شد و مقادیر رطوبت ۱۰۰، ٦۰ و ۳۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی به عنوان سطوح تنش خشکی در نظر گرفته شد. برای اعمال تنش کم‌آبی ابتدا بافت خاک، جرم مخصوص ظاهری خاک، رطوبت خاک در نقطه پژمردگی، ظرفیت زراعی و آب قابل نگهداری خاک تعیین شده، سپس تنش خشکی اعمال گردید. سه هفته بعد از کشت (مرحله ۸-٦ برگی) تیمارهای خشکی بر گلدان‌ها اعمال شد. تعیین مقدار آب مورد نیاز برای هر تیمار تنش کم‌آبی، از طریق وزن نمودن گلدان‌ها انجام گرفت. پس از اعمال تنش کم‌آبی، تیمارهای اسید سالیسیلیک (تهیه شده از شرکت سیگما) و پاکلوبوترازول (تهیه شده از شرکت فلوکای آلمان) در دو سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ پی پی ام به صورت محلول‌پاشی برگی انجام پذیرفت.

هنگامی که ۵۰ درصد بوته‌ها به مرحله گلدهی رسیدند، صفات مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ و وزن خشک، صفات فیزیولوژیکی شامل محتوای کلروفیل کل، میزان پرولین برگ، محتوای نسبی آب و هدایت روزنه‌ای اندازه‌گیری شد. برای اندازه گیری وزن خشک، ابتدا نمونه‌های گیاهی به مدت ٢٤ ساعت در آون در دمای ۷۸ درجه سانتی گراد خشک شده و سپس توزین شدند. برای اندازه‌گیری سطح برگ، دستگاه برگ سنج (Leaf area meter) مدل ADC Bioscientific Ltd (ساخت انگلستان) و برای عدد کلروفیل از دستگاه کلروفیل سنج دستی مدل CCM200 به کار برده شد. برای تعیین محتوای نسبی آب (Relative water content) از فرمول زیر (Abdul Naser *et al.*, 1998) استفاده گردید:

$$RWC = \frac{F_W - D_W}{T_W - D_W} \times 100$$

که در آن D_w وزن خشک، F_w وزن تر و T_w وزن تورم کامل می‌باشد. هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه پرومتر (Prometer) مدل SC-1 ساخت کشور آمریکا اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری میزان پرولین نیز با استفاده از روش برادفورد و همکاران (۱۹۷٦) انجام گرفت و به کمک رسم منحنی و تهیه معادله خطی منحنی استاندارد غلظت پرولین تعیین و بر حسب میکروگرم بر گرم محاسبه شد. داده‌های مربوط به آزمایش‌های مختلف در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و مقایسه میانگین داده‌ها نیز با آزمون چند دامنه‌ای

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.18.6]

دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت

نتایج و بحث:

تأثیر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر صفات مورفولوژیک: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهند که تأثیر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ، سطح برگ و وزن خشک برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است، ولی اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی تنها بر شاخص‌های ارتفاع بوته و سطح برگ معنی‌دار بوده ولی بر صفات تعداد برگ و وزن خشک برگ معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۲).

بر اساس مقایسه میانگین داده‌های صفات مورفولوژیکی (جدول ۳)، مشخص می‌گردد که با کاهش ظرفیت زراعی، تعداد و وزن خشک برگ به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد، به طوری که کم‌ترین میزان شاخص‌های مذکور (۳۵۰/۹۲ برگ در هر گلدان و وزن خشک ۹/۲۸ گرم در هر بوته) در تیمار ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد. در مطالعه‌ای Khalid (۲۰۰٦) بر این عقیده بود که رشد کم، یک حالت سازگار کننده برای زنده ماندن گیاه در شرایط تنش است، به این دلیل که گیاه، مواد غذایی و انرژی را به جای استفاده برای رشد شاخساره، به سمت مولکول‌های نگهداری کننده در برابر تنش، هدایت می‌کند. به طور کلی تنش کم‌آبی در سطح کل گیاه، با تغییر متابولیسم کربن و نیتروژن، سبب کاهش فتوسنتز و در نهایت کاهش رشد گیاه می‌شود (Yordanov *et al.*, 2000). در اثر تنش کم‌آبی، فشار تورژسانس در سلول‌ها کاهش می‌یابد که منجر به کاهش رشد سلول به ویژه در ساقه و برگ به دلیل نبود فشار داخلی تورژسانس برای نمو و بزرگ شدن سلول می‌گردد (Hissao, 1973). همچنین کمبود آب سبب کاهش جذب مواد غذایی و در نتیجه کاهش سطح برگ به منظور کاهش تعرق می‌گردد، بنابراین اولین مکانیسم مقابله با خشکی، کاهش سطح برگ است (Levitt, 1980). با کاهش تعداد و سطح برگ تحت شرایط تنش کم‌آبی، میزان نور دریافتی توسط گیاه کاهش یافته و در نتیجه میزان فتوسنتز کم می‌شود که منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (Ali Shah *et al.*, 2006). از این رو یکی از دلایل کاهش شاخص‌های مورفولوژیک در گیاه ریحان تحت شرایط تنش کم‌آبی در پژوهش حاضر را می‌توان به کاهش فتوسنتز مربوط دانست. با افزایش شدت تنش کم‌آبی ناشی از فاصله زیاد آبیاری از تعداد برگ و ساقه جانبی در بوته و وزن خشک اندام‌های هوایی در ریحان کاسته شده است (رمرودی و خمری، ۱۳۹۲). نتایج مشابهی توسط حسنی و امید بیگی (۱۳۸۱) و محمدی بابازیدی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش شده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک سبب افزایش وزن خشک برگ(٤۰ درصد) و تعداد برگ (٤۳ درصد) در هر گلدان نسبت به تیمار شاهد و محلول‌پاشی با پاکلوبوترازول گردید، اما محلول‌پاشی پاکلوبوترازول و تیمار شاهد برای صفات مذکور تفاوت معنی‌داری با هم نشان ندادند(جدول ۳). Shakirova و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند، اسید سالیسیلیک از طریق افزایش تقسیم سلولی درون مریستم گیاهچه گندم، سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه شده است؛ احتمالاً در آزمایش حاضر نیز افزایش وزن خشک و تعداد برگ ریحان در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش را می‌توان با افزایش تقسیم سلولی مرتبط دانست.

در آزمایش محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول در شرایط کم آبیاری، بیشترین ارتفاع بوته (۷۵/۳۵ سانتی‌متر) در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی نشده (تیمار شاهد) به دست آمد که با تیمار ppm ۲۰۰ محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش کم‌آبی (۷۲/۳۸ سانتی‌متر)، تفاوت معنی‌داری نداشت اما نسبت به سایر تیمارها به طور معنی‌داری بیشتر بود(جدول ٤). محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در شرایط کم آبیاری ٦۰ و ۳۰ درصد سبب افزایش شاخص‌های ارتفاع بوته و سطح برگ نسبت به تیمار شاهد گردید، اما تنها در محلول‌پاشی با غلظت ppm ۲۰۰ و شرایط کم آبیاری ٦۰ درصد، شاخص ارتفاع بوته نسبت به تیمار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.18.6]

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر صفات مورفوژیکی و فیزیولوژیکی ریحان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		ارتفاع بوته	وزن خشک برگ	تعداد برگ	سطح برگ	پرولین	محتوای نسبی آب برگ	هدایت روزنه‌ای	کلروفیل
تنش کم‌آبی	۲	٦٥٤/٣٧**	١٩٥/٥٣**	١٩١٣٤٧**	٦٩/٩٩**	٠/٠٠١١**	٠/٤٦**	٩١١/٠٧**	١٢٧/٤**
محلول‌پاشی	٤	١٠٤٤/٧٨**	٥١/٩٣**	٥٠٩٩٤**	٤٩/٠٤**	٠/٠٠٠٢**	٠/٠٨**	٣٢/٠٥**	٧٧/٥**
تنش کم‌آبی ×محلول‌پاشی	٨	٣٥/٧٥**	٢/٥٤ ^{ns}	٦٥٣٥ ^{ns}	٥/١٨^{ns}	٠/٠٠٠٠٤^{ns}	٠/٠٣**	٢/٧١^{ns}	٢/٦٢^{ns}
اشتباه آزمایشی	٤٥	٨/٥٤	٥/٩١	٤١٥١	٠/٧٣	٠/٠٠٠٠٣	٠/٠٠١	٥/٤٤	١/٨٣
ضریب تغییرات		٥/٠٦	١٩/٩٥	١٦/٧٢	١١/٠١	٨/١٨	٧/٣١	١٠/٩٧	٤/٠٠

*** و ** به ترتیب نمایانگر غیر معنی‌دار بودن و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد**

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر صفات ریحان

		وزن خشک برگ (گرم در بوته)	تعداد برگ هر گلدان	کلروفیل CCM200	هدایت روزنه ای ($mmol/m^2s$)	پرولین (میکروگرم در گرم وزن تر)
تنش کم‌آبی (ظرفیت زراعی)	١٠٠	١٥/٤٩^{a}	٤٨٧/٦٠^{a}	٣٦/٠٧^{a}	٢٨/١٤^{a}	٠/٠٦٢^{c}
	٦٠	١١/٧٧^{b}	٣٧٥/١٠^{b}	٣٤/٣٩^{b}	٢٠/٩٧^{b}	٠/٠٦٧^{b}
	٣٠	٩/٢٨^{c}	٢٩٢/٧٥^{c}	٣١/١١^{c}	١٤/٦٥^{c}	٠/٠٧٧^{a}
پاکلوبوترازول	١٠٠ پی‌پی‌ام	١٠/٥٥^{b}	٣٥٠/٩٢^{b}	٣٣/٢٢^{c}	٢٣/٢٩^{a}	٠/٠٦٩^{b}
	٢٠٠ پی‌پی‌ام	١٠/٥٩^{b}	٣٤٢/٢٥^{b}	٣٤/٠٢^{c}	٢٢/٧٧^{a}	٠/٠٧٠^{ab}
اسید سالیسیلیک	١٠٠ پی‌پی‌ام	١٣/٩٤^{a}	٤٥٠/٦٧^{a}	٣٥/٤٧^{b}	٢٠/٠٥^{b}	٠/٠٧١^{ab}
	٢٠٠ پی‌پی‌ام	١٤/٩١^{a}	٤٦٠/٣٣^{a}	٣٦/٦١^{a}	٢٠/٠٠^{b}	٠/٠٧٥^{a}
شاهد		١٠/٩٢^{b}	٣٢١/٥٨^{b}	٢٩/٩٥^{d}	٢٠/١٥^{b}	٠/٠٦٨^{b}

در هر ستون حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافته بود و در سایر تیمارها و همچنین در شاخص سطح برگ، اختلاف معنی‌دار وجود نداشت(جدول ٤). افزایش شاخص‌های رشدی مختلف از جمله وزن تر و خشک شاخساره و ریشه، ارتفاع بوته، تعداد گل‌آذین، تعداد برگ و شاخص سطح برگ در گیاهان ریحان رشد یافته تحت تنش کم‌آبی از طریق تیمار یا اسید سالیسیلیک گزارش شده است (محمدی بابازیدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ رمرودی و خمر، ۱۳۹۲؛ Kordi *et al*., 2013) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. تنش کم‌آبی از طریق افزایش میزان اکسیژن‌های فعال، کاهش عملکرد و تعداد آنزیم روبیسکو در گیاه، کاهش تشکیل پروتئین‌ها و پراکسیداسیون لیپیدهای غشا به ویژه در کلروپلاست و میتوکندری سبب کاهش رشد گیاه می‌گردد (Inze and Montage, 1995; Yazdnpanah *et al*, 2011). اسید سالیسیلیک از طریق فعال‌سازی سیستم آنتی‌اکسیدانتی سبب جلوگیری از افزایش اکسیژن‌های فعال شده و همچنین مقاومت غشا را افزایش می‌دهد و از این طریق سبب مقاومت گیاه به تنش و افزایش رشد می‌گردد (دلاوری پاریزی و همکاران، ۱۳۹۰). طبق گزارش Umebese و همکاران (۲۰۰۹) تیمار کردن گوجه فرنگی و تاج خروس با اسید سالیسیلیک در مراحل مختلف رشد در طی تنش کم‌آبی از کاهش ماده خشک تولیدی گیاه جلوگیری می‌کند. همچنین Bayat و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که اسید سالیسیلیک

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.18.6]

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر صفات رویشی ریحان

تنش کم‌آبی (درصد ظرفیت زراعی)	تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	مقدار نسبی آب برگ
	پاکلوبوترازول ١٠٠ پی‌پی‌ام	٥٢/٦٧^{hi}	٦/٨٤^{def}	٦٠/٣^{c}
	پاکلوبوترازول ٢٠٠ پی‌پی‌ام	٤٨/٦٠^{ijk}	٥/٨٢^{fg}	٦١/٥^{c}
١٠٠	اسید سالیسیلیک ١٠٠ پی‌پی‌ام	٦٨/٦٥^{bc}	١٢/٢٤^{a}	٧٦/٤^{ab}
	اسید سالیسیلیک ٢٠٠ پی‌پی‌ام	٧٢/٣٨^{ab}	١٢/٦١^{a}	٧٧/٢^{ab}
	شاهد	٧٥/٣٥^{a}	١١/٩٩^{a}	٨٢/٣^{a}
	پاکلوبوترازول ١٠٠ پی‌پی‌ام	٥٠/٨٧^{ij}	٥/٩١^{efg}	٥٢/٩^{d}
	پاکلوبوترازول ٢٠٠ پی‌پی‌ام	٤٦/٥٥^{jk}	٥/٠٨^{g}	٥٠/٨^{d}
٦٠	اسید سالیسیلیک ١٠٠ پی‌پی‌ام	٦٣/٠٠^{de}	٨/٢٦^{bc}	٦٤/٧^{c}
	اسید سالیسیلیک ٢٠٠ پی‌پی‌ام	٦٦/٢٠^{cd}	٨/٨٨^{b}	٧٣/١^{b}
	شاهد	٦٠/٩٧^{ef}	٧/٦٣^{bcd}	٣٦/٣^{f}
	پاکلوبوترازول ١٠٠ پی‌پی‌ام	٤٦/١٥^{k}	٥/٥٧^{fg}	٤٠/٨^{ef}
	پاکلوبوترازول ٢٠٠ پی‌پی‌ام	٤١/٤٠^{l}	٤/٥٩^{g}	٤٣^{e}
٣٠	اسید سالیسیلیک ١٠٠ پی‌پی‌ام	٥٧/٤٠^{fg}	٧/٢٣^{cde}	٤٦/٥^{de}
	اسید سالیسیلیک ٢٠٠ پی‌پی‌ام	٥٩/٧٠^{efg}	٧/٥١^{cd}	٥١/٨^{d}
	شاهد	٥٥/٨٢^{gh}	٦/٧٢^{def}	٢٣/٧^{j}

در هر ستون حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد می‌باشد.

از طریق حفظ سلامت سیستم ریشه‌ای در برابر اثرات مضر تنش کم‌آبی میزان رشد آن را افزایش داده و باعث جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده که در نهایت منجر به افزایش رشد گیاه می‌شود. این افزایش رشد همراه با تولید برگ‌های جدید خواهد بود که در نهایت سطح برگ کل افزایش خواهد یافت.

محلول‌پاشی با پاکلوبوترازول در هر سه سطح آبیاری (٣٠، ٦٠ و ١٠٠ درصد ظرفیت زراعی) سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه و سطح برگ نسبت به تیمار شاهد شده است، به طوری که کمترین ارتفاع بوته (٤١/٤٠ سانتی‌متر) در تیمار محلول‌پاشی ppm ٢٠٠ پاکلوبوترازول در شرایط کم آبیاری ٣٠ درصد ظرفیت مزرعه و کم‌ترین سطح برگ (٤/٥٩ سانتی‌متر مربع) در آبیاری ٣٠ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد(جدول ٤). پاکلوبوترازول از طریق ممانعت از بیوسنتز جیبرلین، از طویل شدن سلول‌ها و میانگره ها جلوگیری کرده و مانع از رشد گیاه می‌گردد (Fletcher *et al*., 2000). کاربرد خاکی ١٥٠٠ پی پی ام پاکلوبوترازول در زرد چوبه (*Curcuma alismatifolia*) سبب کاهش ارتفاع گیاه در شرایط تنش کم‌آبی نسبت به آبیاری کامل شده است (Jangheklangh *et al*., 2015) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. مزروعی سبدانی و همکاران (١٣٩٣) در بررسی تأثیر پاکلوبوترازول بر مقاومت نشاء خیار به تنش آبی دریافتند که کاربرد خاکی و محلول‌پاشی نشاها و خیساندن بذور در پاکلوبوترازول سبب کاهش ارتفاع نشاءها نسبت به تیمار شاهد شد، اما کاربرد از طریق غوطه‌وری ریشه بیشترین ارتفاع نشاء را سبب شد. محلول‌پاشی گیاهان ذرت با پاکلوبوترازول ٥٠ میلی‌گرم در لیتر، سبب کاهش ارتفاع گیاه در دور آبیاری ٧ روزه و افزایش ارتفاع گیاه در دور آبیاری ١١ و ١٥ روزه شد (بیات و همکاران، ١٣٨٩) که با نتایج این پژوهش مطابقت ندارد.

تأثیر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر صفات فیزیولوژیک: نتایج به دست آمده از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.18.6]

جدول ۲، نشان می‌دهد که تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی بر صفات محتوای کلروفیل، میزان پرولین، محتوای نسبی آب و هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است، اما اثر متقابل محلول‌پاشی و تنش کم‌آبی تنها بر صفت مقدار نسبی آب برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و بر سایر صفات اثر معنی‌داری ندارد که با نتایج به دست آمده توسط Kordi و همکاران (۲۰۱۳) و رمرودی وخمر (۱۳۹۲) در ریحان مطابقت دارد.

با کاهش میزان رطوبت زراعی، به طور پیوسته میزان کلروفیل بافت برگ نیز کاهش می‌یابد، به طوری که تیمار ۳۰ درصد رطوبت زراعی، کمترین میزان کلروفیل (۳۱/۱۱) را نشان داد (جدول ۳). کاهش محتوای کلروفیل در اثر تنش کم‌آبی در ریحان (Moeini Alishah *et al.*, 2006؛ Kordi *et al.*, 2013؛ رمرودی و خمر، ۱۳۹۲)، پنبه (Massacci *et al.*, 2008) و پروانش (Jaleel *et al.*, 2008) گزارش شده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. همچنین عامری و همکاران (۱۳۹٤) بیان کردند در اثر تنش کم‌آبی، میزان فتوسنتز ریحان کاهش می‌یابد و یکی از دلایل آن را کاهش میزان کلروفیل در طی تنش اعلام نمودند. احتمالاً کاهش رنگیزه های فتوسنتزی طی تنش کم‌آبی به دلیل ناپایداری کمپلکس‌های پروتئینی و تخریب کلروفیل با افزایش فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده کلروفیل و کلروفیلاز می‌باشد (Kordi et al., 2013). مطابق نظریه Schutz و Fangmeir (۲۰۰۱) کاهش میزان کلروفیل تحت شرایط تنش کم‌آبی به خاطر تولید اکسیژن‌های فعال و تأثیرات آسیب‌زای آن‌ها می‌باشد. این رادیکال‌های آزاد سبب پراکسیداسیون، تجزیه و کاهش کلروفیل تحت شرایط تنش می‌شوند. همچنین افزایش میزان اتیلن و فعالیت آنزیم پراکسیداز در طی تنش رطوبتی ممکن است یکی از عوامل مؤثر بر کاهش کلروفیل باشد (Blum, 1996).

محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول سبب افزایش معنی‌دار در محتوای کلروفیل برگ گیاه، نسبت به تیمار شاهد شده است (جدول ۳). بیشترین میزان کلروفیل برگ (۳٦/٦۱) در تیمار محلول‌پاشی با ppm ۲۰۰ اسید سالیسیلیک به دست آمد که افزایش ۱۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد که کم‌ترین میزان کلروفیل (۲۹/۹۵) را داشت(جدول ۳) ، نشان داد. Kordi و همکاران (۲۰۱۳) کاربرد ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک را مؤثرترین تیمار در افزایش میزان کلروفیل برگ ریحان بیان کردند. در پژوهش دیگری، تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر میزان کلروفیل برگ ریحان معنی‌دار نشد (رمرودی و خمر، ۱۳۹۲) که با نتایج این پژوهش مطابقت ندارد. محلول‌پاشی با پاکلوبوترازول سبب افزایش ۱۳ درصدی محتوای کلروفیل، نسبت به تیمار شاهد گردید، اما برخلاف اسید سالیسیلیک، بین غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد(جدول ۳). کاربرد پاکلوبوترازول سبب افزایش میزان کلروفیل در گیاهچه‌های سیب‌زمینی (دشتی و همکاران، ۱۳۹۲)، سویا (Upadhyaya *et al.*, 1985) شده است که با نتایج به دست آمده در ریحان مطابقت دارد. احتمالاً پاکلوبوترازول با کاهش سطح برگ‌ها، سبب افزایش میزان کلروفیل در برگ‌ها شده یا اینکه با افزایش میزان سایتوکینین، میزان سنتز کلروفیل را افزایش می‌دهد. سایتوکینین به میزان بیشتری در ریشه‌ها ساخته شده و از طریق آوند چوبی به برگ‌ها منتقل می‌گردد و با توجه به این که پاکلوبوترازول ریشه‌ها را گسترش می‌دهد، در نتیجه سبب ساخته شدن بیشتر سایتوکینین و در نهایت افزایش سنتز کلروفیل می‌گردد (دشتی و همکاران، ۱۳۹۲)؛ Khalil و Rahman (۱۹۹۵) کاهش میزان کلروفیل برگ ذرت در اثر تیمار پاکلوبوترازول را مشاهده کردند که با نتایج پژوهش حاضر در تضاد است.

نتایج مقایسه میانگین اثر تنش کم‌آبی بر صفات فیزیولوژیکی مشخص می‌کند که کاهش میزان آبیاری، سبب کاهش پیوسته و معنی‌دار در میزان هدایت روزنه‌ای می‌گردد به طوری که در تیمار ۳۰ درصد رطوبت زراعی، میزان هدایت روزنه‌ای ۵۰ درصد نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد رطوبت زراعی کاهش نشان داده است(جدول ۳). عامری و همکاران (۱۳۹٤) کاهش هدایت روزنه‌ای در اثر تنش رطوبتی را در ریحان گزارش کردند که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.18.6]

دارد. کاهش هدایت روزنه‌ای می‌تواند به دلیل بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش کم‌آبی باشد تا از این طریق تلفات آب به حداقل برسد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۳). تنظیم هدر رفت آب از طریق بسته شدن روزنه‌ها ممکن به عنوان یک مکانیسم مقاومت به خشکی عمل کند، اما باعث افزایش دمای برگ و توقف فتوسنتز می‌شود (عباسلو و همکاران، ۱۳۹۳). Yang و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند تنش کم‌آبی سبب ایجاد محدودیت روزنه‌ای می‌شود که با افزایش تنش، افزایش محدودیت روزنه‌ای منجر به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز می‌گردد.

محلول‌پاشی با پاکلوبوترازول سبب افزایش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای نسبت به تیمار شاهد شد، اما بین غلظت‌های مختلف آن تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای (۲۳/۲۹) در تیمار محلول‌پاشی با پاکلوبوترازول ppm ۱۰۰ و کم‌ترین میزان آن در تیمار محلول‌پاشی با ppm ۲۰۰ اسید سالیسیلیک به دست آمد. محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک تأثیری بر هدایت روزنه‌ای نداشت و اندکی میزان آن را نیز نسبت به تیمار شاهد کاهش داد(جدول ۳). با کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاه گندم تحت تنش کم‌آبی، خصوصیات مورفولوژیکی روزنه‌ها به نفع مقاومت در برابر تنش تغییر کرده و هدایت روزنه‌ای کاهش یافته است (Shakirova *et al.*, 2003). Larque-Saaverda (۱۹۷۸) گزارش کرد کاربرد اسید سالیسیلیک به صورت اسپری برگی میزان هدایت روزنه‌ای را در برگ‌های لوبیا کاهش می دهد. سانچز بلانکو و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که پاکلوبوترازول سبب افزایش اندازه و تعداد روزنه‌های برگ هلو و در نتیجه افزایش هدایت روزنه‌ای می‌شود. گزارش‌های اخیر با نتایج به دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد.

بر اساس نتایج جدول ۳ مشخص می‌گردد که با اعمال تنش کم آبیاری بر گیاه ریحان، با کاهش میزان آبیاری، انباشت پرولین در بافت‌های گیاه افزایش می‌یابد، به طوری که از مقدار ۰/۰٦۲ میکروگرم بر گرم در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به مقدار ۰/۰۷۷ میکروگرم بر گرم در تیمار ۳۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش می‌یابد. در شرایط تنش، تجمع مواد محلول و ایجاد تنظیم اسمزی به گیاهان اجازه می‌دهد تا با حفظ تورژسانس برگ در شرایط پتانسیل آب کم، رشد کنند (Blum, 1996). بر اساس گزارش هیور (۱۹۹٤) در طی بروز تنش کم‌آبی در گیاهان، بر میزان تجمع ترکیب‌های آلی همانند پرولین در تمام اندام‌های گیاهان افزوده می‌شود. اسید آمینه پرولین جزء ترکیبات تنظیم‌کننده اسمزی به شمار می‌رود و تجمع آن در بافت یکی از بیشترین تغییرات القا شده ناشی از تنش آبی یا شوری در گیاهان است. برای تجمع پرولین در گیاه به هنگام تنش کم‌آبی دلایل مختلفی ارائه شده است. برخی آن را به اثر تنظیمی اسید آبسیزیک بر فرآیندهای نوری در متابولیسم پرولین و برخی آن را به دلیل وجود ترکیبات پرانرژی حاصل از فتوسنتز که سبب تحریک سنتز پرولین می‌شود، نسبت می‌دهند (امید بیگی، ۱۳۷۹). Zhang و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که تنش خشکی از دو طریق، افزایش بیان آنزیم‌های سنتز کننده پرولین و کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده پرولین باعث افزایش میزان پرولین در گیاه می شود. Zaki و Radwan (۲۰۱۱) گزارش کردند که در مواجهه با تنش‌های خشکی و شوری در گندم میزان تولید ماده خشک، میزان کلروفیل، مقدار آب نسبی کاهش یافته و میزان پرولین افزایش می‌یابد. در تنش آبی افزایش غلظت پرولین در اثر تجزیه پروتئین و افزایش سنتز پرولین صورت می‌گیرد و میزان بیش از حد تجمع پرولین نشان از تجزیه گسترده پروتئین‌ها دارد (Johari-Pireivatlou, 2010). نقش مشخص پرولین تنظیم فشار اسمزی می‌باشد و از اکسیداسیون درونی سلول‌ها در شرایط تنش جلوگیری می‌نماید به همین دلیل پرولین در گیاهانی تجمع می‌یابد که تحت تنش‌های سخت قرار می‌گیرند (Bayer, 2007). کارکردهای فیزیولوژیکی زیادی در مورد تجمع پرولین ناشی از تنش کم‌آبی پیشنهاد شده است. پرولین به‌عنوان یک ماده محلول سبب تنظیم فشار اسمزی، کاهش هدر رفت آب از سلول، حفظ آماس سلولی، کاهش تأثیر کند کنندگی یون‌ها بر روی فعالیت آنزیم‌ها، جلوگیری از تجزیه پروتئین‌های مختلف (احتمالاً از طریق کنترل pH سلول)،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.18.6]

افزایش پایداری برخی آنزیم‌های سیتوپلاسمی و میتوکندریایی، پایداری شکل طبیعی پروتئین‌ها و در نتیجه حفاظت سامانه‌های غشایی می‌شود (Barker *et al.*, 1993).

محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ppm ۲۰۰ سبب افزایش معنی‌دار میزان پرولین اندام‌های گیاه، نسبت به تیمار شاهد و تیمار ppm ۱۰۰ پاکلوبوترازول شده است، اما نسبت به سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان نداد. محلول‌پاشی با پاکلوبوترازول نیز اثر معنی‌داری بر تجمع پرولین در بافت‌های برگی نسبت به تیمار شاهد نشان نداد(جدول ۳)، که با نتایج Nazar و همکاران (۲۰۱۵) در خردل تطابق دارد. محلول‌پاشی با پاکلوبوترازول ۱۵۰۰ پی پی ام سبب کاهش پرولین در گیاه زردچوبه تحت تنش کم‌آبی شده است (Jungklang *et al.*, 2015). یافته‌های Yazdanpanahو همکاران (۲۰۱۱) نشان داد، کاربرد اسید سالیسیلیک سبب کاهش میزان پرولین در مرزه در شرایط شوری شده است. یافته‌های اخیر با نتایج پژوهش حاضر مطابقت ندارند. افزایش میزان پرولین در بافت برگ را با کاربرد اسید سالیسیلیک گزارش شده است (Kordi *et al.*, 2013؛ رمرودی و خمر، ۱۳۹۲) که با نتایج به دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد.

اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در سطح احتمال یک درصد بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار شده است. در شرایط بدون تنش کم‌آبی (ظرفیت ۱۰۰ درصد زراعی)، تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی)، بیشترین میزان آب نسبی برگ را نشان داد که نسبت به تیمارهای محلول‌پاشی با ppm ۲۰۰ و ۱۰۰ اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری نداشت، اما نسبت به تیمار محلول‌پاشی با غلظت‌های ppm ۲۰۰ و ۱۰۰ پاکلوبوترازول به طور معنی‌داری بیشتر بود. در سطوح کم‌آبی ۳۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه، تیمارهای شاهد، نسبت به محلول‌پاشی شده، کم‌ترین محتوای نسبی آب برگ را نشان دادند، به طوری که بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۷۳/۱) در تیمار محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ppm ۲۰۰ تحت تنش ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و کم‌ترین آن (۲۳/۷ درصد) در تیمار شاهد تحت تنش کم‌آبی ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد(جدول ٤). به طور کلی، محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک، نسبت به پاکلوبوترازول اثر بهتری در جلوگیری از کاهش محتوای نسبی آب برگ داشت. برخی گزارش‌های موجود، اثر متقابل کاربرد اسید سالیسیلیک و تنش کم‌آبی را بر محتوای نسبی آب برگ ریحان معنی‌دار ندانسته‌اند (Kordi *et al.*, 2013؛ محمدی بابا زیدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ رمرودی و خمر، ۱۳۹۲) اما بیان شده که کاربرد اسید سالیسیلیک به طور ساده، سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ نسبت به تیمار شاهد در ریحان می‌گردد. استفاده از اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی مولار سبب افزایش در محتوای نسبی آب برگ گیاهان خردل، تحت تنش کم‌آبی شده است. مزروعی سبدانی و همکاران (۱۳۹۳) کاربرد پاکلوبوترازول در روش‌های مختلف را سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ در نشاءهای خیار گزارش کردند و در روش غوطه‌وری ریشه نتایج بهتری از محلول‌پاشی و کاربرد خاکی به دست آمد. گزارش‌های اخیر با نتایج به دست آمده در ریحان مطابقت دارد. احتمالاً علت افزایش محتوای نسبی آب برگ در اثر محلول‌پاشی پاکلوبوترازول به دو علت می‌باشد. اول تأثیر پاکلوبوترازول بر بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای که سبب کاهش تعرق و از دست رفتن آب توسط گیاه شده و از این طریق آب بافت برگ را ذخیره می‌کند (سانچز بلانکو و همکاران، ۱۹۹۸). ثانیاً پاکلوبوترازول سبب افزایش گسترش سیستم ریشه‌ای شده و از این طریق سبب افزایش جذب آب در شرایط تنش توسط گیاه می‌گردد (دشتی و همکاران، ۱۳۹۲).

نتیجه‌گیری:

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که با کاهش میزان آبیاری در گیاه ریحان، شاخص‌های مورفولوژیک شامل تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک برگ و ارتفاع بوته و شاخص‌های فیزیولوژیکی مانند میزان نسبی آب برگ، محتوای کلروفیل و هدایت نسبی روزنه‌ها کاهش می‌یابند و اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف خشکی بر صفات مورفولوژیک مشاهده شد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.18.6]

کاهش ارتفاع و سطح برگ در گیاه نشان دهنده آن است که تنش کم‌آبی سبب کاهش تقسیم سلولی و طویل شدن آن‌ها می‌گردد. نتایج برهمکنش محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول و تنش کم‌آبی، تنها بر سه شاخص ارتفاع گیاه، سطح برگ و محتوای نسبی آب گیاه معنی‌دار بود و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشت. از این رو توصیه می‌گردد در پژوهش‌های آینده از سایر مواد ضد تعرق استفاده گردد که بتوانند شاخص‌های وسیع‌تری را تحت تنش کم‌آبی بهبود دهند. نتایج نشان داد که اسید سالیسیلیک اثر بهتری در بهبود شاخص‌های اندازه‌گیری شده نسبت به پاکلوبوترازول تحت شرایط تنش داشته است و پاکلوبوترازول در این زمینه کارآمد نبوده است.

منابع:

امید بیگی، ر. (١٣٧٩) تولید و فراوری گیاهان دارویی، جلد سوم، انتشارات آستان قدس رضوی.

بیات، س.، سپهری، ع.، زارع ابیانه، ح.، عبدالهی، م. (١٣٨٩) اثر اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر برخی شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت تحت تنش کم‌آبی، فصلنامه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ٢: ٤٠-٣٤.

حسنی، عباس و رضا امیدبیگی. (١٣٨١) اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان، مجله دانش کشاورزی، جلد ١٢، شماره ٣، صفحات ٦١-٤٧.

حیدری، ن.، پور یوسف، م.، توکلی، ا. (١٣٩٣) تأثیر تنش خشکی بر فتوسنتز، پارامترهای وابسته به آن و محتوای نسبی آب گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum* L.)، مجله پژوهش‌های گیاهی ٢٧: ٨٣٩-٨٢٩.

دلاوری پاریزی، م.، باقی زاده، ا.، انتشاری، ش.، منوچهری کلانتری، خ. (١٣٩٠) مطالعه تأثیر اسید سالیسیلیک بر مقاومت و القای تنش اکسیداتیو در گیاه ریحان سبز (*Ocimum basilicum* L.) تحت تنش شوری، مجله زیست‌شناسی گیاهی ٤(: ٣٦-٢٥.

دشتی، ف.، پرویزی، خ.، اشراف، ح.، چایچی، م.، اثنی عشری، م. (١٣٩٢) اثر غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول و تراکم کاشت گیاهچه بر تولید ریز غده در سیب‌زمینی رقم سانته، مجله علوم باغبانی ایران ٤٤: ٢٠-١١.

رمرودی، م.، خمر، ع. (١٣٩٢) اثرات متقابل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و تیمارهای مختلف آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی، کیفی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی ریحان، نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهان ١: ٣٢-١٩.

عباسلو، ل.، کاظمینی، س ع.، عدالت، م.، داد خدایی، ع. (١٣٩٣) اثر تنش خشکی و روش کاشت بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی دو رقم نخود (*Cicer arietinum* L.)، مجله به زراعی کشاورزی ١٦: ٩٤٣-٩٣٣.

عامری، ر.، عزیزی، م.، تهرانی فر، ع.، روشن سروستانی، و. (١٣٩٤) بررسی اثر ترکیبات ضد تعرق طبیعی بر برخی از صفات فیزیولوژیکی و بیولوژیکی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum*) تحت شرایط تنش خشکی، نشریه علوم باغبانی(علوم و صنایع کشاورزی) ٢٩: ٦٧-٥٥.

مزروعی سبدانی، س.، غلامی، م.، مبلی، م. (١٣٩٣) اثر غلظت و روش کاربرد پاکلوبوترازول بر کاهش شوک انتقال نشای خیار و مقاومت آن به تنش کم‌آبی، مجله علوم و فنون باغبانی ایران ١٥: ١٩٠-١٨١.

معصومی علی,کافی محمد,نظامی احمد,حسینی سیدحسین. (١٣٨٤) اثرات تنش خشکی روی برخی خصوصیات مورفولوژیک تعدادی از ژنوتیپ‌های نخود در شرایط گلخانه ٢٧٧:٣-٢٨٩.

محمدی بابازیدی، ه.، فلکناز، م.، حیدری، پ.، همتی، م.، فرخیان، ش. (١٣٩٢) تأثیر باکتری آزوسپریلیوم و سالیسیلیک اسید بر صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ریحان تحت تنش کم‌آبی، مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی- مولکولی ٣: ٣٦-٣١.

نادری، ص.، اسنعیل زاده بهابادی، ص.، فاخری، ب. (١٣٩٤) تأثیر کیتوزان بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*)، مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ٤: ٤١-٢٩.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.18.6]

Abdul-Naser, A. (1998) Effects of inoculation *Glumus interaradices* on growth, nutrient uptake and metabolic activities of squash plants under drought stress condition. Annuals of Agricultural Science Cairo. 1:119-133.

Barker, D. J., Sullivan, C. Y. and Moser, L. E. (1993) Water deficit effects on osmotic potential, cell wall elasticity, and praline in five forage grasses. Agronomy Journal 85: 270-275.

Bayat, H., Mardani, H., Arouie, H. and Salahvarzi, Y. (2011) Effects of salicylic acid on morphological andphysiological characteristics of cucumber seedling (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought stress. Journal of Plant Production 18: 125-135.

Bayer, C. (2007) Proper proline management needed for effective results. Journal of Medicinal Chemistry 18: 10-25.

Bilal, A., Jahan, N., Ahmed. A., Bilal., S., Habib, Sh. and Hajra, S. (2012) Phytochemical and pharmacological studies on *Ocimum basilicum*- a Review. International Journal of Current Research and Review (IJCRR) 4: 73-83.

.Blum, A. (1996) Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Plant Growth Regulation 20: 135-148.

Fletcher, R A., Gill, A., Davis, T D. and Sankhla, N. (2000) Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. Horticultural Review 24:55–138.

Hissao, T. (1973) Plant responses to water stress. Annual Reviews 24: 519-570.

Inze, D. M. and Montage, V. (1995) Oxidative stress in plant. Biotechnolgy 6:153-159.

Jaleel, C. A., Sankar, B., Murali, P. V., Gomathinayagam, M., Lakshmanan, G. M. A. and Panneerselvam, R. (2008) Water deficit stress effects on reactive oxygen metabolism in *Catharanthus roseus*; impacts on ajmalicine accumulation, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 62:105-111.

Johari-Pireivatlou, M. (2010) Effect of Soil Water Stress on Yield and Proline Content of Four Wheat Lines. African Journal of Biotechnology 9: 036- 040.

Jungklang, J., Saengnil, K. and Uthaibutra, J. (2015) Effects of Water-deficit and Paclobutrazol on growth, relative watrer content, electrolyte leakage, proline content and some antioxidant changes in *Curcuma alimatifolia* Gagnep. cv. Chang Mai Pink., Saudi Journal of Biological Sciences, (Article in press).

Khalid, Kh. A. (2006) Influence of water stress on growth, essential oil and chemical composition of herbs (*Ocimum sp.*). International Agrophysics 20:289-296.

Khalil, A I. and Rahman, H. (1995) Effect of paclobutrazol on growth, chloroplast pigments and sterol biosynthesis of maize (*Zea mays* L.). Plant Science 105: 15-21.

Kordi, S., Saidi, M. and Ghanbari, F. (2013) Induction of drought tolerance in Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.) by Salicylic Acid,. International Journal of Agricultural and Food Research 2:18-26.

Larcher, W. (2003) Physiological Plant Ecology. 4th edn. Springer-Verlag, Berlin.

Larque-Saaverda, A. (1978) The antitranspirant effect of acetyl salicylic acid on *Phaseolus vulgaris* L. Physiologia Plantarum 43: 126-128.

Levitt, J. (1980) Responses of Plants to Environmental Stresses. Volume II. Water, Radiation, Salt, and other stresses. Academic Press, New York 607pp.

Massacci, A., Nabiev, S. M., Pietrosanti, N., Nematov, S. K., Chernikova, T. N., Thor, K. and Leipner, J. (2008) Response of the photosynthetic capparatus of cotton (*Gossypium hirsutum*) to the onset of drought stress under field conditions studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging, Plant Physiology and Biochemistry 46:189-195.

Moeini Alishah, H., Heidari, A. and Dizaji, A. (2006) Effect of Water stress on some morphological and biochemical characteristics of Purple basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Biological Sciences 6:763-767.

Nazar, R., Umar, S., Khan, N A. and Sareer, O. (2015) Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress., South African Journal of Botany 98: 84-94.

Redy, T. Y., Reddy, V. R., Anbumozhi, V. (2003) Physiological responses of groundnut (*Arachis hypogea* L.) to drought stress and its amelioration: a critical review. Plant Growth Regulation 41: 75-88.

Schutz, M. and Fangmeir, E. (2001) Growth and yield response of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO2 and water limitation, Environmental Pollution 11:187-194.

Shakirova, F. M., Sakhabutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fatkhutdinova, R. A. and Fatkhutdinova, D.R. (2003) Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science 164: 317-322.

Shakirova, F. M. and Bezrukova, M. V. (1997) Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. The Biological Bulletin 24:109-112.

Singh, B. and Usha, K. (2003) Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regulation 39: 137-141.

Umebese, C. E., Olatimilehin, T.O. and Ogunsusi, T.A. (2009) Salicylic acid protects nitrate reductase activity, growth and proline in amaranth and tomato plants during water deficit. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 4: 224-229.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.18.6]

Upadhyaya, A., Sankhla, D., Davis, T. D., Sankhla, N. and Smith, B. N. (1985) Effect of Paclobutrazol on the activities of some enzymes of activated oxygen metabolism and lipid peroxidation in senecing Soybean leaves. Journal of Plant Physiology 121: 453-461.

Yang, Y., Liu, Q., Han, C., Qiao, Y. Z., Yao, X. Q. and Yin, H. J. (2007) Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of Picea asperata seedlings. Photosyntetica 45: 613-619.

Yazdanpanah, S., Baghizadeh, A. and Abbassi, F. (2011) The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical. African Journal of Agricultural Research 6: 798-807.

Yordanov, I., Velikova, V. and Tsonev, T. (2000) Plant response to drought, acclimation and stress tolerance. Photosynthetica 38: 171-186.

Zhang, J., Nguyen, H. T. and Blum, A. (1999) Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. Journal of Experimental Botany 50: 291-302.

Zaki, R. N. and Radwan, T. E. (2011) Improving wheat grain yield and its quality under salinity conditions at a newly reclaimed soil by using different organic sources as soil or foliar applications. Journal of Applied Science Research 7: 42-55.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.19.18.6]