

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

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

^۱گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۳۰، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۱۲/۲۴)

چکیده:

تنش کم آبی یک عامل محدود کننده تولید، در کشاورزی می باشد. برای به حداقل رساندن اثرات این تنش، ترکیبات مختلفی مورد آزمایش قرار گرفته اند. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تنظیم کننده های رشد اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر رشد و فیزیولوژی ریحان (*Ocimum basilicum L.*) در شرایط تنش کم آبی یک آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۱ در دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انجام پذیرفت. فاکتورهای آزمایشی شامل دو تیمار کم آبیاری ۶۰ و ۳۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی و شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول در دو غلظت ۱۰۰ و ۲۰۰ پی پی ام در دو مرحله با فواصل زمانی دو هفته ای و محلول پاشی گیاهان شاهد با آب مقطر بود. نتایج نشان داد که تنش کم آبی سبب کاهش تعداد برگ، وزن خشک برگ، سطح برگ، ارتفاع بوته، مقدار نسبی آب برگ، محتوای کلروفیل، هدایت روزنه ای و افزایش میزان پرولین در بافت برگ شده است. همچنین اثر متقابل تنش کم آبی و محلول پاشی تنها بر صفات مقدار نسبی آب بافت، ارتفاع بوته و سطح برگ معنی دار شد و بر سایر صفات معنی دار نبود. نتایج نشان داد غلظت ۲۰۰ پی پی ام اسید سالیسیلیک در سطح خشکی ۶۰ درصد ظرفیت زراعی، بیشترین تأثیر را بر جلوگیری از کاهش سطح برگ، ارتفاع گیاهچه و RWC داشته است. همچنین به طور کلی محلول پاشی اسید سالیسیلیک، نتایج بهتری نسبت به پاکلوبوترازول در کاهش آثار ناشی از تنش کم آبی نشان داد.

واژه های کلیدی: تنظیم کننده های رشد، ریحان، ظرفیت زراعی، محلول پاشی، هدایت روزنه ای.

مقدمه:

گیاه دارویی، ادویه ای و همچنین سبزی تازه مورد استفاده قرار می گیرد (عامری و همکاران، ۱۳۹۴). در بین بیش از ۱۵۰ گونه از جنس *Ocimum*، ریحان غنی ترین گونه از نظر اسانس و ترکیبات معطر بوده و به صورت تجاری در بسیاری کشورها کشت می شود (Bilal et al., 2012). اسانس ریحان منبع غنی از ترکیبات فیتیل پروپانوئیدی از قبیل چاویکول (Chavicol)، اوژنول (Eugenol) و ترپن ها (Terpenes) (نادری و همکاران، ۱۳۹۴) و ترکیبات فنولی (Bilal et al., 2012) است. اسانس این گیاه دارای خواص ضد باکتری، ضد قارچ، ضد ویروسی و

تنش کم آبی یکی از مهم ترین عوامل محیطی محدود کننده رشد گیاه و شایع ترین علت کاهش عملکرد محصول به خاطر افزایش در دما و کاهش آب در دسترس گیاه است (Larcher, 2003). تنش کم آبی 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 می باشد که به عنوان

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 تنظیم کننده های رشد گیاهی است که در شرایط طبیعی در سه منطقه، سنتز جیبرلین از مسیر ترپنوئیدی را متوقف می کند و به عنوان یک کند کننده رشد شناخته می شود (Felcher et al., 2000). در گیاهانی که در معرض تنش شوری یا خشکی قرار گرفته اند، پاکلوبوترازول به عنوان یک ترکیب بهبوددهنده شاخص های نامطلوب شرایط تنش استفاده می شود. تأثیر این ماده از طریق کاهش مالون دی آلدئید، نشت الکترولیت، افزایش میزان آب نسبی، پرولین و فعال کردن سیستم آنتی اکسیدانتی صورت می گیرد (Jangheklangh et al., 2015). مواد آنتی اکسیدانتی از جمله ویتامین C و E و همچنین فعالیت آنزیم هایی چون کاتالاز و سوپر اکسید دسیموتاز در اثر کاربرد پاکلوبوترازول افزایش می یابد (Asruasta et al., 2010). بیات و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند شاخص های 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 میلی گرم بر لیتر پاکلوبوترازول، سبب جلوگیری از کاهش آب بافت در شرایط کم آبیاری و مقاومت نشاهای خیار به تنش کم آبی شده است (مزروعی سبدانی و همکاران، ۱۳۹۳). با توجه به قرارگیری ایران در مناطق نیمه خشک و مشکلات مربوط به تنش کم آبی 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 کم آبی در گیاه ریحان می باشد.

مواد و روش ها:

آزمایش حاضر به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً

آنتی اکسیدانتی است و برای درمان بیماری هایی چون سردرد، سرفه، اسهال، یبوست، بیماری های انگلی و ناراحتی های کلیوی مورد استفاده قرار می گیرد. (عامری و همکاران، ۱۳۹۴؛ نادری و همکاران، ۱۳۹۴).

اسید سالیسیلیک به عنوان یک مولکول پیام رسان شناخته شده است که در پاسخ های دفاعی گیاهان و همچنین مقاومت به تنش های زیستی و غیر زیستی از طریق تنظیم عملکردهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نقش دارد (Huras et al., 2007). مکانیسم عمل اسید سالیسیلیک در برابر تنش ها به نقش آن در تنظیم آنزیم های آنتی اکسیدانتی و ترکیبات دارای گونه های اکسیژن فعال در گیاه بر می گردد (Bayat et al., 2011). گزارش های متعددی در زمینه اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش کم آبی منتشر شده است. کاربرد اسید سالیسیلیک بر گیاهان ریحان رشد یافته در شرایط تنش کم آبی، سبب افزایش شاخص های رشد، میزان کلروفیل و محتوای نسبی آب بافت ها 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 می باشد. محلول پاشی گیاه ریحان با اسید سالیسیلیک سبب افزایش وزن خشک اندام های هوایی، محتوای رطوبت نسبی برگ، عملکرد اسانس و میزان کلروفیل برگ و همچنین کاهش پرولین و قندها تحت شرایط تنش شوری شد (مرودی و خمر، ۱۳۹۲). شاخص های 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 رویسکو، فعالیت سوپر اکسید دسیموتاز و

جدول ۱- آنالیز خاک مورد استفاده برای کشت ریحان

شاخص‌های شیمیایی	کربن آلی %	نیترژن %	فسفر %	پتاسیم %	pH	EC (dsm ⁻¹)
مقدار	۰/۰۶۴	۰/۰۱۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۷/۲۴	۱/۸

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 اندازه‌گیری وزن خشک، ابتدا نمونه‌های گیاهی به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۷۸ درجه سانتی‌گراد 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 (۱۹۷۶) 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

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، ۶۰ و ۳۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول در دو سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام بود. بذره‌های 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، بذره‌های 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 22 ± 2 درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۶۰ تا ۷۰ درصد و میانگین شدت نور 434 لوکس قرار داده شدند و در فواصل زمانی دو روز یک بار آبیاری شدند. گیاهچه‌های جوان (۱۰-۷ سانتی‌متری) پس از تولید ۶-۴ برگ حقیقی به گلدان اصلی انتقال یافتند. برای این کار، از گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۶۵ 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، ۶۰ 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 ۸-۶ برگی) تیمارهای

دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت

نتایج و بحث:

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

بر اساس مقایسه میانگین داده‌های صفات مورفولوژیک (جدول ۳)، مشخص می‌گردد که با کاهش ظرفیت زراعی، تعداد و وزن خشک برگ به طور معنی داری 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 (۲۰۰۶) 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 کم آبی 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 کم آبی، 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 کم آبی، 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 کم آبی در پژوهش حاضر را می‌توان به کاهش فتوسنتز مربوط دانست. با افزایش شدت تنش کم آبی ناشی از فاصله زیاد آبیاری از تعداد برگ و ساقه جانبی در بوته و وزن خشک اندام‌های هوایی در ریحان کاسته شده است (رمودی و خمیری، 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.

محلول پاشی با اسید سالیسیلیک سبب افزایش وزن خشک برگ (۴۰ درصد) و تعداد برگ (۴۳ درصد) در هر گلدان نسبت به تیمار شاهد و محلول پاشی با پاکلوبوترازول گردید، اما محلول پاشی پاکلوبوترازول و تیمار شاهد برای صفات مذکور تفاوت معنی داری با هم نشان ندادند (جدول ۳). Shakirova و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند، اسید سالیسیلیک از طریق افزایش تقسیم سلولی درون مریستم گیاهیچه 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 محلول پاشی اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول در شرایط کم آبیاری، بیشترین ارتفاع بوته (۷۵/۳۵ سانتی‌متر) در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول پاشی نشده (تیمار شاهد) به دست آمد که با تیمار ۲۰۰ ppm محلول پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش کم آبی (۷۲/۳۸ سانتی‌متر)، تفاوت معنی داری نداشت اما نسبت به سایر تیمارها به طور معنی داری بیشتر بود (جدول ۴). محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در شرایط کم آبیاری ۶۰ و ۳۰ درصد سبب افزایش شاخص‌های ارتفاع بوته و سطح برگ نسبت به تیمار شاهد گردید، اما تنها در محلول پاشی با غلظت ۲۰۰ ppm و شرایط کم آبیاری ۶۰ درصد، شاخص ارتفاع بوته نسبت به تیمار

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریحان

منابع تغییرات	درجه	میانگین مربعات					
		آزادی	ارتفاع بوته	وزن خشک برگ	تعداد برگ	سطح برگ	پرویلین
تنش کم آبی	۲	۶۵۴/۳۷**	۱۹۵/۵۳**	۱۹۱۳۴۷**	۶۹/۹۹**	۰/۰۰۱۱**	۰/۴۶**
محلول پاشی	۴	۱۰۴۴/۷۸**	۵۱/۹۳**	۵۰۹۹۴**	۴۹/۰۴**	۰/۰۰۰۲**	۰/۰۸**
تنش کم آبی × محلول پاشی	۸	۳۵/۷۵**	۲/۵۴ ^{ns}	۶۵۳۵ ^{ns}	۵/۱۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۳**
اشتباه آزمایشی	۴۵	۸/۵۴	۵/۹۱	۴۱۵۱	۰/۷۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات		۵/۰۶	۱۹/۹۵	۱۶/۷۲	۱۱/۰۱	۸/۱۸	۷/۳۱

* و ** به ترتیب نمایانگر غیر معنی دار بودن و تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات تنش کم آبی و محلول پاشی 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 ² s)	پرویلین (میکروگرم در گرم وزن تر)
۱۰۰	۴۸۷/۶۰ ^a	۳۶/۰۷ ^a	۲۸/۱۴ ^a	۰/۰۶۲ ^c
۶۰	۳۷۵/۱۰ ^b	۳۴/۳۹ ^b	۲۰/۹۷ ^b	۰/۰۶۷ ^b
۳۰	۲۹۲/۷۵ ^c	۳۱/۱۱ ^c	۱۴/۶۵ ^c	۰/۰۷۷ ^a
۱۰۰ پی پی ام	۳۵۰/۹۲ ^b	۳۳/۲۳ ^c	۲۳/۲۹ ^a	۰/۰۶۹ ^b
۲۰۰ پی پی ام	۳۴۲/۲۵ ^b	۳۴/۰۳ ^c	۲۲/۷۷ ^a	۰/۰۷۰ ^{ab}
۱۰۰ پی پی ام	۴۵۰/۶۷ ^a	۳۵/۴۷ ^b	۲۰/۰۵ ^b	۰/۰۷۱ ^{ab}
۲۰۰ پی پی ام	۴۶۰/۳۳ ^a	۳۶/۶۱ ^a	۲۰/۰۰ ^b	۰/۰۷۵ ^a
شاهد	۳۲۱/۵۸ ^b	۲۹/۹۵ ^d	۲۰/۱۵ ^b	۰/۰۶۸ ^b

در هر ستون حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد

به ویژه در کلروپلاست و میتوکندری سبب کاهش رشد گیاه می گردد (Inze and Montage, 1995; Yazdnpanah *et al.*, 2011). اسید سالیسیلیک از طریق فعال سازی سیستم آنتی اکسیدانسی سبب جلوگیری از افزایش اکسیژن های فعال شده و همچنین مقاومت غشا را افزایش می دهد و از این طریق سبب مقاومت گیاه به تنش و افزایش رشد می گردد (دلوری 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 کم آبی از کاهش ماده خشک تولیدی گیاه جلوگیری می کند. همچنین Bayat و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که اسید سالیسیلیک

شاهد به طور معنی داری افزایش یافته بود و در سایر تیمارها و همچنین در شاخص سطح برگ، اختلاف معنی دار وجود نداشت (جدول ۴). افزایش شاخص های رشدی مختلف از جمله وزن تر و خشک شاخساره و ریشه، ارتفاع بوته، تعداد گل آذین، تعداد برگ و شاخص سطح برگ در گیاهان ریحان رشد یافته تحت تنش کم آبی از طریق تیمار با اسید سالیسیلیک گزارش شده است (محمدی بابازیدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ رمودی و خمر، ۱۳۹۲؛ Kordi *et al.*, 2013) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. تنش کم آبی از طریق افزایش میزان اکسیژن های فعال، کاهش عملکرد و تعداد آنزیم روبیسکو در گیاه، کاهش تشکیل پروتئین ها و پراکسیداسیون لیپیدهای غشا

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر صفات رویشی ریحان

تنش کم آبی (درصد ظرفیت زراعی)	تیمار	ارتفاع بوته (سانتی متر)	سطح برگ (سانتی متر مربع)	مقدار نسبی آب برگ
۱۰۰	پاکلوبوترازول ۱۰۰ پی پی ام	۵۲/۶۷ ^{hi}	۶/۸۴ ^{def}	۶۰/۳ ^c
	پاکلوبوترازول ۲۰۰ پی پی ام	۴۸/۶۰ ^{ijk}	۵/۸۲ ^{fg}	۶۱/۵ ^c
	اسید سالیسیلیک ۱۰۰ پی پی ام	۶۸/۶۵ ^{bc}	۱۲/۲۴ ^a	۷۶/۴ ^{ab}
	اسید سالیسیلیک ۲۰۰ پی پی ام	۷۲/۳۸ ^{ab}	۱۲/۶۱ ^a	۷۷/۲ ^{ab}
	شاهد	۷۵/۳۵ ^a	۱۱/۹۹ ^a	۸۲/۳ ^a
۶۰	پاکلوبوترازول ۱۰۰ پی پی ام	۵۰/۸۷ ^{ij}	۵/۹۱ ^{efg}	۵۲/۹ ^d
	پاکلوبوترازول ۲۰۰ پی پی ام	۴۶/۵۵ ^{jk}	۵/۰۸ ^g	۵۰/۸ ^d
	اسید سالیسیلیک ۱۰۰ پی پی ام	۶۳/۰۰ ^{de}	۸/۲۶ ^{bc}	۶۴/۷ ^c
	اسید سالیسیلیک ۲۰۰ پی پی ام	۶۶/۲۰ ^{cd}	۸/۸۸ ^b	۷۳/۱ ^b
	شاهد	۶۰/۹۷ ^{ef}	۷/۶۳ ^{bcd}	۳۶/۳ ^f
۳۰	پاکلوبوترازول ۱۰۰ پی پی ام	۴۶/۱۵ ^k	۵/۵۷ ^{fg}	۴۰/۸ ^{ef}
	پاکلوبوترازول ۲۰۰ پی پی ام	۴۱/۴۰ ^l	۴/۵۹ ^g	۴۳ ^e
	اسید سالیسیلیک ۱۰۰ پی پی ام	۵۷/۴۰ ^{fg}	۷/۲۳ ^{cde}	۴۶/۵ ^{de}
	اسید سالیسیلیک ۲۰۰ پی پی ام	۵۹/۷۰ ^{efg}	۷/۵۱ ^{cd}	۵۱/۸ ^d
	شاهد	۵۵/۸۲ ^{gh}	۶/۷۳ ^{def}	۲۳/۷ ^j

در هر ستون حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

۱۵۰۰ پی پی ام پاکلوبوترازول در زرد چوبه (*Curcuma alismatifolia*) سبب کاهش ارتفاع گیاه در شرایط تنش کم آبی نسبت به آبیاری کامل شده است (Jangheklangh et al., 2015) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. مزروعی سبدانی و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی تأثیر پاکلوبوترازول بر مقاومت نشاء خیار به تنش آبی دریافتند که کاربرد خاکی و محلول پاشی نشاءها 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. محلول پاشی گیاهان ذرت با پاکلوبوترازول ۵۰ میلی گرم در لیتر، سبب کاهش ارتفاع گیاه در دور آبیاری ۷ روزه و افزایش ارتفاع گیاه در دور آبیاری ۱۱ و ۱۵ روزه شد (بیات و همکاران، ۱۳۸۹) که با نتایج این پژوهش مطابقت ندارد.

تأثیر تنش کم آبی و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر صفات فیزیولوژیک: نتایج به دست آمده از

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

محلول پاشی با پاکلوبوترازول در هر سه سطح آبیاری (۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) سبب کاهش معنی دار ارتفاع گیاه و سطح برگ نسبت به تیمار شاهد شده است، به طوری که کمترین ارتفاع بوته (۴۱/۴۰ سانتی متر) در تیمار محلول پاشی ۲۰۰ ppm پاکلوبوترازول در شرایط کم آبیاری ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه و کمترین سطح برگ (۴/۵۹ سانتی متر مربع) در آبیاری ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد (جدول ۴). پاکلوبوترازول از طریق ممانعت از بیوستنز جیبرلین، از تولید شدن سلول‌ها و میانگره‌ها جلوگیری کرده و مانع از رشد گیاه می‌گردد (Fletcher et al., 2000). کاربرد خاکی

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 محلول پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر میزان کلروفیل برگ ریحان معنی‌دار نشد (مرمودی و خمر، ۱۳۹۲) که با نتایج این پژوهش مطابقت ندارد. محلول پاشی 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 (۱۳۹۴) کاهش هدایت روزنه‌ای در اثر تنش رطوبتی را در ریحان گزارش کردند که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت

جدول ۲، نشان می‌دهد که تنش کم‌آبی و محلول پاشی بر صفات محتوای کلروفیل، میزان پرولین، محتوای نسبی آب و هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است، اما اثر متقابل محلول پاشی 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 و خمر (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 (Kordi et al., 2006; Moeini Alishah 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 (۱۳۹۴) 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 رنگیزه‌های فتوسنتزی طی تنش کم‌آبی به دلیل ناپایداری کمپلکس‌های پروتئینی و تخریب کلروفیل با افزایش فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده کلروفیل و کلروفیل‌لاز 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).

محلول پاشی 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 در تیمار محلول پاشی با ۲۰۰ ppm اسید سالیسیلیک

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 ۱۰۰ ppm و کم‌ترین میزان آن در تیمار محلول‌پاشی با ۲۰۰ ppm 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 می‌دهد. 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 ۰/۰۶۲ 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 (۱۹۹۴) 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 آبسزیک 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 می‌شود. 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 کندکنندگی یون‌ها بر روی فعالیت آنزیم‌ها، جلوگیری از تجزیه پروتئین‌های مختلف (احتمالاً از طریق کنترل pH سلول)،

۳۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد (جدول ۴). به طور کلی، محلول پاشی 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؛ مرودی 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 محلول پاشی 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 محلول پاشی 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.

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

محلول پاشی با اسید سالیسیلیک ۲۰۰ ppm سبب افزایش معنی‌دار میزان پرولین اندام‌های گیاه، نسبت به تیمار شاهد و تیمار ۱۰۰ ppm پاکلوبوترازول شده است، اما نسبت به سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان نداد. محلول پاشی با پاکلوبوترازول نیز اثر معنی‌داری بر تجمع پرولین در بافت‌های برگ نسبت به تیمار شاهد نشان نداد (جدول ۳)، که با نتایج Nazar و همکاران (۲۰۱۵) در خردل تطابق دارد. محلول پاشی با پاکلوبوترازول ۱۵۰۰ پی پی ام سبب کاهش پرولین در گیاه زردچوبه تحت تنش کم‌آبی شده است (Jungklang et al., 2015). یافته‌های Yazdanpanah و 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؛ مرودی و خمر، ۱۳۹۲) که با نتایج به دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد.

اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول پاشی 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 محلول پاشی)، بیشترین میزان آب نسبی برگ را نشان داد که نسبت به تیمارهای محلول پاشی با ۲۰۰ و ۱۰۰ ppm اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری نداشت، اما نسبت به تیمار محلول پاشی با غلظت‌های ۲۰۰ و ۱۰۰ ppm پاکلوبوترازول به طور معنی‌داری بیشتر بود. در سطوح کم‌آبی ۳۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه، تیمارهای شاهد، نسبت به محلول پاشی شده، کم‌ترین محتوای نسبی آب برگ را نشان دادند، به طوری که بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۷۳/۱) در تیمار محلول پاشی با اسید سالیسیلیک ۲۰۰ ppm تحت تنش ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و کم‌ترین آن (۲۳/۷ درصد) در تیمار شاهد تحت تنش کم‌آبی

کاهش ارتفاع و سطح برگ در گیاه نشان دهنده آن است که تنش کم آبی سبب کاهش تقسیم سلولی و طول شدن آن‌ها می‌گردد. نتایج برهمکنش محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول و تنش کم آبی، 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 کم آبی 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. (۱۳۷۹) تولید و فراوری گیاهان دارویی، جلد سوم، انتشارات آستان قدس رضوی.
- بیات، س.، سپهری، ع.، زارع ابیانه، ح.، عبدالمهی، م. (۱۳۸۹) اثر اسید سالیسیلیک و پاکلوبوترازول بر برخی شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت تحت تنش کم آبی، فصلنامه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۲: ۴۰-۳۴.
- حسینی، عباس و رضا امیدبیگی. (۱۳۸۱) اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان، مجله دانش کشاورزی، جلد ۱۲، شماره ۳، صفحات ۶۱-۴۷.
- حیدری، ن.، پور یوسف، م.، توکلی، ا. (۱۳۹۳) تأثیر تنش خشکی بر فتوسنتز، پارامترهای وابسته به آن و محتوای نسبی آب گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum* L.)، مجله پژوهش‌های گیاهی ۲۷: ۸۳۹-۸۲۹.
- دلآوری پاریزی، م.، باقی زاده، ا.، انتشاری، ش.، منوچهری کلانتری، خ. (۱۳۹۰) مطالعه تأثیر اسید سالیسیلیک بر مقاومت و القای تنش اکسیداتیو در گیاه ریحان سبز (*Ocimum basilicum* L.) تحت تنش شوری، مجله زیست‌شناسی گیاهی ۴: ۳۶-۲۵.
- دشتی، ف.، پرویزی، خ.، اشرف، ح.، چایچی، م.، اثنی عشری، م. (۱۳۹۲) اثر غلظت‌های مختلف پاکلوبوترازول و تراکم کاشت گیاهچه بر تولید ریز غده در سیب‌زمینی رقم سانه، مجله علوم باغبانی ایران ۴۴: ۲۰-۱۱.
- رمودی، م.، خمر، ع. (۱۳۹۲) اثرات متقابل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و تیمارهای مختلف آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی، کیفی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی ریحان، نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهان ۱: ۳۲-۱۹.
- عباسلو، ل.، کاظمینی، س.ع.، عدالت، م.، داد خدایی، ع. (۱۳۹۳) اثر تنش خشکی و روش کاشت بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی دو رقم نخود (*Cicer arietinum* L.)، مجله به زراعی کشاورزی ۱۶: ۹۴۳-۹۳۳.
- عامری، ر.، عزیزی، م.، تهرانی فر، ع.، روشن سروستانی، و. (۱۳۹۴) 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) ۲۹: ۶۷-۵۵.
- مزروعی سبدانی، س.، غلامی، م.، مبلی، م. (۱۳۹۳) اثر غلظت و روش کاربرد پاکلوبوترازول بر کاهش شوک انتقال نشای خیار و مقاومت آن به تنش کم آبی، مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۱۵: ۱۹۰-۱۸۱.
- معصومی علی، کافی محمد، نظامی احمد، حسینی سیدحسین. (۱۳۸۴) اثرات تنش خشکی روی برخی خصوصیات مورفولوژیک تعدادی از ژنوتیپ‌های نخود در شرایط گلخانه ۳: ۲۷۷-۲۸۹.
- محمدی بابازیدی، ه.، فلکناز، م.، حیدری، پ.، همتی، م.، فرخیان، ش. (۱۳۹۲) تأثیر باکتری آزوسپریلیوم و سالیسیلیک اسید بر صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ریحان تحت تنش کم آبی، مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی - مولکولی ۳: ۳۶-۳۱.
- نادری، ص.، اسنعلیل زاده بهابادی، ص.، فاخری، ب. (۱۳۹۴) تأثیر کیتوزان بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*)، مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۴: ۴۱-۲۹.

- Abdul-Naser, A. (1998) Effects of inoculation *Glumus interaradices* on growth, nutrient uptake and metabolic activities of squash plants under drought stress condition. *Annals 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 and physiological 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. *Biotechnology* 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 water 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 apparatus 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.

- 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 senescing 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. *Photosynthetica* 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.