اثر آمینولوولینیک اسید در مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی

فردین قنبری، محمد سیاری*
گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
*نویسنده مسئول: Sayyari_m@yahoo.com

چکیده

در سال‌های گذشته استفاده از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی قبل از شرایط تنش در گیاهان سبب موفقیت‌هایی در مقاومت گیاهان به این شرایط شده است. ۵-آمینولوولینیک‌اسید (ALA)، یک ماده تنظیم‌کننده رشد گیاهی جدید و پیش ماده کلیدی برای سنتز ترکیبات پورفیرین مانند کلروفیل و هم می باشد. کاربرد خارجی ALA اثر تنظیم‌کنندگی رشد و نمو گیاهی دارد و باعث بهبود بیوسنتز کلروفیل و فتوسنتز شده و در نتیجه باعث افزایش عملکرد محصول می‌شود. در غلظت‌های پایین به‌عنوان افزایش‌دهنده مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی عمل می‌کند. در این مطالعه برخی پتانسیل‌های کاربردی این ماده بر رشد و پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاهان تحت تنش‌های محیطی به‌خصوص تنش کم‌آبی موردمطالعه قرار گرفته است. در مرور کارهای محققین مختلف و یافته‌های نویسندگان مشخص شده است که ALA در غلظت‌های پایین با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، محتوای پرولین، میزان کلروفیل و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی باعث مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های غیرزنده ازجمله خشکی، شوری، دمای پایین و دمای بالا شده است هرچند که در غلظت‌های بالای به‌عنوان یک علف‌کش عمل می‌نماید.

کلمات کلیدی: **پرولین؛ خشکی؛ سرما؛ شوری؛ مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی**

مقدمه

روش‌های افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی شامل روش‌های اصلاحی و مهندسی ژنتیک و استفاده از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی می‌باشد. تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به‌طور وسیع در محصولات کشاورزی به‌عنوان عاملی برای بهبود عملکرد محصولات بکار برده می‌شوند و اغلب برای افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌ها استفاده می شوند. گزارش‌های موفقی از کاربرد برخی از این مواد همانند جاسمونات‌ها (Miranshahi et al, 2013)، پلی آمین‌ها (Saruhan et al, 2006)، سالیسیلات‌ها (Sayyari et al, 2013)، آبسیزیک اسید (Aktas et al, 2007) و... در مقابله با اثرات تنش بر گیاهان ارائه شده است. در این میان ۵-آمینولوولینیک اسید ((5- aminolevolinic acid (ALA)) که پیش ماده کلیدی برای سنتز ترکیبات پورفیرین مانند کلروفیل و هم می‌باشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کاربرد خارجیALA اثر تنظیم‌کنندگی رشد و نمو گیاهی داشته و باعث بهبود بیوسنتز کلروفیل و فتوسنتز شده و در نتیجه باعث افزایش محصول می‌شود (Korkmaz et al, 2010). در غلظت‌های پایین به‌عنوان افزایش‌دهنده مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی عمل می‌کند (Wang *et al*, 2004). در چند سال اخیر چندین گزارش از اثر تنظیم‌کنندگی آن بر روی رشد و نمو گیاهی و خاصیت ضد تنشی این ماده به‌خصوص در سبزیجات منتشر شده است. تیمار گیاهان فلفل (Korkmaz *et al*, 2010)، اسفناج (Nishihara *et al*, 2003)، هندوانه (Sun et al, 2009) و کلزا (Liu et al, 2011) در مراحل اولیه رشد (غالباً مرحله ۸-۶ برگی) به ترتیب باعث کاهش اثرات تخریبی تنش‌های سرما، شوری، نور کم و خشکی در این گیاهان شده است. با توجه به مطالب شرح داده شده و لزوم استفاده از تکنیک‌ها و مواد جدیدتر به‌منظور افزایش مقاومت به تنش در گیاهان، این تحقیق در نظر دارد به نقش ALA در این زمینه بپردازد.

۵-آمینولوولینیک اسید چیست؟

آمینولوولینیک اسید یک کتوآمینو اسید با وزن مولکولی ۱۳۱ می‌باشد. پیش ماده کلیدی برای بیوسنتز تمام ترکیبات پورفیرینی مانند کلروفیل، هم، ویتامین B_{12} و دیگر ترکیبات در طبیعت می‌باشد. ALA در گیاهان در واکنشی که شامل glutamyl-tRNA می‌باشد از گلوتامات سنتز می‌شود. همچنین در این واکنش به ATP و NADPH به‌عنوان کوفاکتور نیاز می‌باشد. ALA در تمام گیاهان وجود دارد و در طبیعت غلظت آن در حد بسیار پایین(۶۰ میکرو مول) تنظیم می‌شود (Zhang *et al*, 2006). هوتا و همکاران در سال ۱۹۹۷ نشان دادند که این ترکیب سبب افزایش فتوسنتز و محتوای کلروفیل شده، اثر تنظیم‌کنندگی رشد و نمو گیاهی داشته و باعث افزایش عملکرد محصولات می شود. همچنین کاربرد این ماده سبب افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی مختلف از قبیل شوری، سرما و خشکی شده است. پیشنهاد شده است که این ماده ممکن است پتانسیل کاربردی زیادی در محصولات کشاورزی به‌عنوان یک ماده داخلی غیرسمی داشته باشد (Sasaki *et al*, 2002).

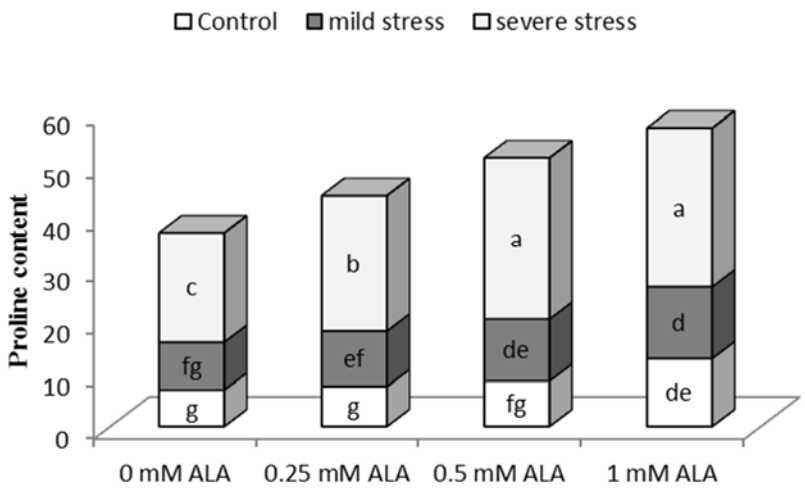
اثرات فیزیولوژیک ۵- آمینولوولینیکاسید در گیاهان

در گیاهان عالی ALA پیش ماده کلیدی بیوسنتز بسیاری از ترکیبات تتراپیرول مانند پورفیرین جهت ساخت کلروفیل می‌باشد. مطالعات انجام شده نشان داده است که کاربرد خارجیALA در غلظت‌های پایین سبب افزایش فتوسنتز در برخی از گیاهان می‌شود. کاربرد ALA سبب بهبود بیوسنتز کلروفیل و در نتیجه افزایش رشد سلول‌های جلبک شد (Sasaki *et al*,1995). ALA به‌طور معنی‌داری باعث بازگشت توانایی فتوسنتز در خربزه (Wang *et al*, 2004) و هندوانه (Sun *et al*, 2009) در شرایط نور کم شد. همچنین فنگ و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که محتوای کلروفیل و نرخ فتوسنتز در برگ‌های ژینکـــو می‌تواند به‌طور معنی‌داری با کاربرد خارجی ALA افزایش یابد. نتایج حاصل از آزمایش انجام گرفته در گیاه گشنیز تحت تنش خشکی نشان داد که این ماده سبب افزایش معنی‌دار کلروفیل a و کلروفیل b و مقاومت گیاه به تنش می‌شود (قنبری و همکاران، ۱۳۹۳). همان‌طور که ALA پیش ماده اولیه بیوسنتز کلروفیل می‌باشد و بیوسنتز ALA در گیاهان مرحله محدودکننده بیوسنتز ترکیبات پورفیرینی است بنابراین فهمیدن این نکته ساده به نظر می‌رسد که کاربرد خارجی ALA سبب افزایش کلروفیل و در نتیجه افزایش فتوسنتز در گیاهان تیمار شده شود.

هوتا و همکاران (۱۹۹۷) دریافتند که ALA اثرات تشویقی بر رشد و عملکرد در چندین محصول و سبزی در غلظت‌های پایین‌تر از اثرات علف‌کشی یعنی کمتر از ۱/۸ میلی‌مولار از طریق کاربرد برگی و ۶۰ میکرومولار از طریق خیساندن ریشه دارد. تیمار گیاهان تربچه، لوبیا، جو، سیب‌زمینی، سیر، برنج و ذرت در مراحل اولیه رشد با ۵-آمینولوولینیکاسید سبب افزایش ۱۰ الی ۶۰ درصدی رشد نسبت به شاهد شد. ALA در غلظت‌های پایین باعث افزایش محتوای کلروفیل شده و رشد بافت‌های گیاهی را تشویق می‌کند. تیمار برگی، خاکی و ریشه گیاهان با این ماده سبب افزایش ۱۲۱ تا ۱۶۳ درصدی عملکرد محصولات می‌شود که اثرات تشویقی ALA به‌خصوص در گیاهان غده‌ای مثل سیب‌زمینی و سیر قوی‌تر است (Hotta *et al*, 1997). در گیاه گشنیز و فلفل شیرین تحت تنش خشکی این ماده در غلظت یک میلی‌مولار سبب افزایش تمام پارامترهای رشدی شد (قنبری و همکاران، ۱۳۹۲؛ خزایی و همکاران، ۱۳۹۳). نتایج حاکی از آن است که ALA اثرات متفاوتی بر روی رشد و نمو گیاهان دارد. غلظت مناسب این اثرات را افزایش می‌دهد اما غلظت بالاتر، از این اثرات جلوگیری می‌کند. در مجموع به نظر می‌رسد که این ماده در غلظت‌های پایین به‌عنوان ماده تنظیم‌کننده رشد گیاهی عمل می‌کند.

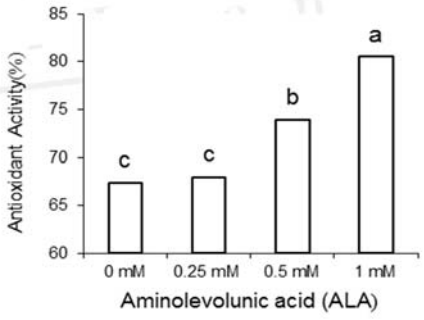
کاربرد ۵-آمینولوولینیک سبب افزایش تجمع پرولین در گیاهان کلزا (Naeem *et al*, 2010) و فلفل (Korkmaz *et al*, 2010) شده است. نتایج حاصل از آزمایش ما نشان داد که تیمار ALA سبب افزایش تجمع پرولین در برگ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش گیاه گشنیز می‌شود. با افزایش غلظت ALA تجمع پرولین در برگ‌ها نیز افزایش نشان داد،

به‌طوری‌که بالاترین تجمع پرولین در غلظت ۱ میلی‌مولار ALA مشاهده شد. هرچند که برخی محققان (De-Lacerda *et al*., 2003) انباشت پرولین در گیاهان را وابسته به افزایش خسارت ناشی از تنش می‌دانند اما تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش با توجه به مطالب ذکرشده در بالا می‌تواند موجب افزایش مقاومت گیاه در برابر صدمات ناشی از تنش خشکی شود. در مطالعات گذشته به‌روشنی مکانیسم افزایش پرولین در اثر کاربرد خارجی ALA ذکر نشده است. بر اساس یک فرضیه در حضور ALA خارجی سنتز ALA داخلی ممکن است کاهش یابد و شرایط برای شرکت بیشتر گلوتامیک اسید در سنتز پرولین مهیا شود (Averina *et al*, 2010).

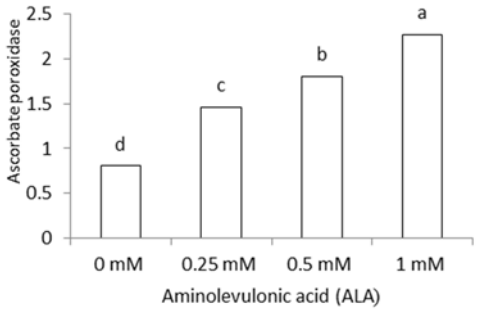


شکل ۱- اثر ۵- آمینولوولونیک اسید بر میزان پرولین گیاه گشنیز در شرایط تنش خشکی (قنبری و همکاران، ۱۳۹۲).

هویستی (۱۹۴۴) گزارش کرد که تیمار ALA سبب افزایش سنتز آنزیم آنتی‌اکسیدان پراکسیداز می‌شود. دلیل احتمالی افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌واسطه کاربرد ALA این است که این ماده پیش ماده ضروری بیوسنتز هم می‌باشد و کاربرد خارجی آن می‌تواند سبب افزایش فعالیت بیومولکول‌های مشتق شده از هم از قبیل اسکوربیک پراکسیداز، پراکسیداز و کاتالاز شود که می‌توانند از طریق جاروب کردن رادیکال‌های آزاد نقش تخریبی آن‌ها را در سلول‌های گیاهی کاهش دهند (Liu *et al*, 2011). افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل در گیاه گشنیز (قنبری و همکاران، ۱۳۹۲) و افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در گیاه فلفل شیرین (خزایی و همکاران، ۱۳۹۳) در آزمایش‌های ما مشاهده شد (شکل‌های ۲ و ۳). افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی (اسکوربیک پراکسیداز، پراکسیداز، کاتالاز و سوپر اکسید دیسمیوتاز) در پاسخ به کاربرد ALA در گیاه کلزا تحت تنش شوری و خشکی نیز گزارش شده است (Liuetal, 2011; Naeem *et al*, 2010).



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف ALA بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه گشنیز (قنبری و همکاران، ۱۳۹۲).



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف ALA بر فعالیت آسکوربات پراکسیداز گیاه فلفل شیرین (خزایی و همکاران، ۱۳۹۳).

کاربرد عملی ALA به‌عنوان علف‌کشی انتخابی، غیر مضر و قابل‌تجزیه زیستی به‌وسیله ربیز و همکاران (۱۹۸۴) نشان داده شده است. مکانیزم آن به شرح زیر می‌باشد. در گیاهانی که با نسبت‌های بالای ALA (بیشتر از ۱۰ میلی مولار) تیمار شده‌اند مقدار زیادی از ترکیبات میانی تتراپیرول از قبیل Protochlorophyllide، Protoporphyrin IX و mg-protoporphyrin (که در مرحله قبل از سنتز کلروفیل قرار دارند) تجمع می‌یابد. وقتی این قبیل گیاهان در معرض نور قرار می‌گیرند این ترکیبات میانی زیادی برانگیخته شده و با اکسیژن واکنش می‌دهند و سبب تولید گونه های اکسیژن واکنش‌گر (ROS) می‌شوند. ROSها اسیدهای چرب غیراشباع سلول‌ها را پراکسیده کرده و به‌موجب آن سبب آسیب به سلول‌ها و درنهایت موجب مرگ سلول‌ها می‌شوند. مکانیزم مشابهی برای خاصیت آفت‌کشی این ماده برعلیه *Trichopusia ni* گزارش شده است.

تحریک مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی

مقاومت به تنش شوری

در رابطه با کاربرد ALA در مقابله با تنش‌های محیطی بیشترین گزارش‌های در رابطه با تنش شوری منتشر شده است. از ۱۲ ماده تنظیم‌کننده رشد گیاهی تست‌شده در آزمایش، ALA توانست سبب مقاومت به تنش شوری در گیاهچه‌های کتان شود. گیاهچه‌های کتان تیمار شده با این ماده حتی توانستند در خاک‌های محتوی سطح بالای NaCl رشد کنند. آنالیز ترکیبات معدنی قسمت‌های مختلف گیاه نشان داد که غلظت Na^+ در ریشه گیاهان تیمار شده با ALA در سطح پایینی نگه‌داشته شده است و پیشنهاد شد که وجود ALA سبب کاهش جذب Na^+ از طریق ریشه می‌شود (Watanabe *et al*, 2000). نیشی‌هارا و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که افزایش مقاومت اسفناج در مقابل تنش شوری در نتیجه افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان تحریک‌شده به‌وسیله ALA خارجی (۰/۶۰-۱/۸۰ میلی مول بر لیتر) می‌باشد. نتایج آزمایش ما نیز مشخص کرد که استفاده از این ماده در گیاه دارویی ماریتیغال سبب بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی گیاه در شرایط تنش شوری می‌شود (Ghanbari *et al*, 2013). اثر ALA در ایجاد مقاومت به تنش شوری در گیاهان سیب‌زمینی (Zhang *et al*, 2005)، جو (Averina *et al*, 2010) و کلزا (Naeem *et al*, 2010) نیز به اثبات رسیده است.

مقاومت به تنش سرمایی

وقتی‌که گیاهان در معرض تنش سرمایی قرار می‌گیرند پاسخ‌های بیولوژیکی متفاوتی نشان می‌دهند. یکی از این پاسخ‌های معمول در برخی گیاهان حساس به تنش سرمایی مانند ذرت، سویا و فلفل کاهش محتوای کلروفیل می باشد (Hotta *et al*, 1998). هودگینز و ون هویستی (۱۹۸۶) در ذرت نشان دادند که یکی از آسیب‌های ایجاد شده به‌وسیله دماهای پایین کاهش بیوسنتز ALA می‌باشد. ازآنجاکه ALA پیش‌ماده اولیه در بیوسنتز پورفیرین‌ها ازجمله کلروفیل می‌باشد می‌توان انتظار داشت که ALA خارجی بتواند سبب افزایش مقاومت به سرما در گیاهان شود. در سال ۱۹۹۸ بهبود مقاومت به سرما در گیاهچه‌های برنج به‌وسیله ALA گزارش شد. همچنین پیش تیمار گیاهچه‌های برنج از طریق خیساندن ریشه در غلظت ۰/۱ تا ۱ میلی‌گرم در لیتر ALA سبب کاهش آثار تنش سرمایی در این گیاه شد (Hotta *et al*,1998). همچنین کاربرد ALA به طرق مختلف (خیساندی بذر، محلول‌پاشی برگی و خیساندن خاک) و در غلظت‌های مختلف (۰، ۱، ۱۰، ۲۵، ۵۰ پی پی ام) باعث بهبود مقاومت به سرما در نشاهای فلفل شده است. هرچند که کاربرد به‌صورت خیساندن بذر و کاربرد برگی آن مقاومت بهتری نسبت به کاربرد خاکی ایجاد کرد. در این آزمایش کاربرد ALA به‌طور معنی‌داری باعث افزایش ماده گیاهی، کلروفیل، ساکارز، محتوای کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، محتوای پرولین، محتوای نسبی آب بافت و نیز افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسمیوتاز و کاهش نفوذپذیری غشا شده است و در تمام غلظت‌ها بالاترین مقاومت در ۲۵ پی پی ام ALA به وجود آمده است (Korkmaz *et al*, 2010).

همچنین اثرات کاربرد ALA در مقاومت به تنش سرما در گیاهان سویا (Balestrasse *et al*, 2010) و خربزه (Wang *et al*, 2004) نشان داده شده است.

مقاومت به تنش خشکی

در رابطه با اثر ALA بر گیاهان تحت تنش خشکی گزارشات اندکی موجود است. الطابت در سال ۲۰۰۶ اثر کاربرد ALA را بر روی پارامترهای رشدی گندم تحت رژیم‌های مختلف آبیاری (سه دور آبیاری ۷، ۱۴ و ۲۱ روز) در شرایط خشک عربستان بررسی کرد و نتیجه گرفت که ALA در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ پی پی ام اثر معنی‌داری بر رشد گندم در شرایط نرمال (دور آبیاری ۷ روز) دارد (Al-Khateeb, 2006). همچنین کاربرد این ماده سبب کاهش اثرات منفی دور آبیاری طولانی بر روی عملکرد جو شد (۸). لیو و همکاران در سال ۲۰۱۱ اثرات این ماده (در غلظت‌های ۰، ۰/۱، ۱ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) بر گیاه کلزا تحت تنش خشکی را ارزیابی کردند. در این تحقیق کاربرد آمینولوولینیکاسید در غلظت‌های پایین‌تر (۰/۱ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر) باعث بهبود وزن شاخساره و افزایش میزان کلروفیل و کاهش مالون دی آلدئید در گیاهچه‌ها شد. درحالی‌که در غلظت‌های بالاتر (۱۰ میلی‌گرم در لیتر) باعث کاهش رشد گردید. در نهایت دریافتند که کاربرد ALA از طریق افزایش بیوماس، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و نیز تحریک بیان ژن‌های کد کننده آنتی‌اکسیدان‌ها سبب افزایش مقاومت به تنش خشکی در گیاه کلزا می‌شود. در سال ۱۳۹۲ تحقیقی در دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام به‌منظور ارزیابی اثرات این ماده در افزایش مقاومت به تنش کم‌آبی و همچنین بالا بردن راندمان مصرف آب در گیاه گشنیز انجام گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد این ماده از بروز اثرهای سوء تنش خشکی بر پارامترهای رشدی و عملکرد این گیاه کاست. این اثرات ALA مرتبط با تأثیر مثبت مصرف آن بر پارامترهای فیزیولوژیک همانند کلروفیل، میزان تجمع پرولین و افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه بود. هر سه غلظت ALA به‌کاررفته در این تحقیق مؤثر بود، لیکن با افزایش غلظت اثربخشی آن نیز افزایش یافت، به‌طوری‌که بالاترین اثر در غلظت ۱ میلی‌مولار مشاهده شد (قنبری و همکاران،۱۳۹۲؛ قنبری و همکاران، ۱۳۹۳). به نظر می‌رسد که کاربرد ALA به‌واسطه نقشی که در افزایش محتوای کلروفیل و فتوسنتز دارد سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود و افزایش عملکرد، افزایش بازده مصرف آب را به دنبال دارد، که با توجه به شرایط خشک کشور ایران و اثرات مثبت این ماده، استفاده از آن را توجیه‌پذیر می‌کند.

نتیجه‌گیری

ماده تنظیم‌کننده رشد گیاهی ALA بر بسیاری از جنبه‌های رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارد و کاربردهای بسیاری برای این ماده ذکرشده است. در برخی از موارد کاربرد این ماده باعث تحریک مقاومت به تنش‌های محیطی در گیاهان شده است. با توجه به شرایط تنش‌زای کشور ایران، کاربرد ۵-آمینولوولینیک اسید می‌تواند روشی ساده و عملی به‌منظور مقابله با آثار تنش‌های محیطی در محصولات کشاورزی باشد. پیشنهاد می‌شود که تحقیقات جامع و کاملی به‌منظور شناسایی پتانسیل‌های این ماده در بهبود کمیت و کیفیت گیاهان تحت تنش‌های محیطی انجام گیرد.

منابع

Aktas, L.Y., Turkylmaz, B., Salih, H. K. 2007. Role of Abscisic acid and proline treatment on induction of antioxidant enzyme activities and drought tolerance responses of *Laurus nobilis L.* seedlings. Fen Bilimeri Dergisi; 28: 14-27.

Al-Khateeb, S. A. 2006. Promotive effect of 5-aminolevolinic acid on growth, Yield and gas exchange capacity of barley (*Hordeum vulgare L.*) growth under different irrigation regimes. J. King Saud Univ; 18: 103-111.

Al-Thabet, S.S. 2006. Promotive effect of 5-aminolevolinic acid on growth and yield of wheat grown under dry conditions. Journal of Agronomi; 5: 45-49.

Averina, N. G., Gritskevich, E. R., Vershilovskaya, I. V., Usatov, A. V., Yaronskaya, E. B. 2010. Mechanism of salt stress tolerance development in barley plant under the influence of 5-aminolevolinic acid. Russian Journal of Plant Physiology; 57: 792-798.

Bhaya, D., Castelfranco, P. A. 1985. Chlorophyll biosynthesis and assembly into chlorophyll protein complexes in isolated developing chloroplasts. Proc. Natl Acad. Sci; 82: 5370-5374.

De- Lacerda, C. F., Cambraia, J., Oliva, M. A., Ruiz, H. R., Prisco, J. T. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environ Exp Bot; 49: 107-120.

Feng, X., Chang, J., Cheng, S. Y., Zhu, j., Li, L. L., Wang, Y., Cheng, H. 2009. Promotive effect of 5-aminolevolinic acid on the antioxidant system in *Ginkgo biloba* leaves. African Journal of Biotechnology; 8: 3769-3776.

Ghanbari, F., Sayyari, M., Saidi, M., Amirinejad, A. 2014. The effect of 5-aminolevolinic acid on some physiological responses of coriander (*Coriandrumsativum* L.) under drought stress. Plant production; 37(1): 93-105. .[In Persian with English Summary].

Ghanbari, F., Sayyari, M., Saidi, M., Amirinejad, A. 2014. The effect of 5-aminolevolenic acid and drought stress on growth parameters, chlorophyll index and antioxidant activity of coriander (Corianderum sativum L.). JCPP; 3 (10): 193-204. .[In Persian with English Summary].

Ghanbari, F., Zarei, B., Pour-Aboghadareh, A., Kordi, S. 2013. Investigation of 5-aminolevolinic acid (ALA) effects on seed germination and seedling growth of Silybum marianum under salinity stress. International Journal of Biosciences; 3(9): 95-101.

Hotta, Y., Watanabe, K. 1998. Plant growth-regulating activities of 5-aminolevolinic acid. Chimical Regulation of Plant; 34: 85-96.

Hotta, Y., Tanaka, T., Takaoka, H., Takeuchi, Y., Konnai, M. 1997. Promotive effect of 5-aminolevolinic acid on the yield of several crops. Plant Growth Regulation; 22: 109-114.

Hotta, Y., Tanaka, T., Bingshan, L., Takeuchi, Y., Konnai, M. 1998. Improvement of cold resistance in rice seedling by 5-aminolevolinic acid. J. Pesticide Sci; 23:29-33.

Huystee, R. B., 1994. Porphyrin and peroxidase synthesis in cultured peanut cells. Can. J. Bot; 55: 13-40.

Kao, C. H. 2005. Senescence of rice leaves. Comparative study of the metabolic changes of senescing turgid and water-stressed excised leaves. Plant and Cell Physiology; 22: 683-685.

Khazaie, Z., Sayyari, M., Saidi, M. 2014. Reducedroughtdamagein pepper plants (*Capsicum annuum* L. cv. Red Bell Pepper) by 5- aminolevolonic acid application. Horticultural Sciences; 28(20): 245-251. [In Persian].

Korkmaz, A., Korkmaz, Y., Demirkiran, A. R. 2010. Enhancing chilling stress tolerance of pepper seedling by exogenous application of 5-aminolevolinic acid. Environmental and Experimental Botany; 67: 495-501.

Kuznetsov, V. I., Shevykova, N. I. 1999. Proline under stress: Biological role, metabolism, and regulation. Russian Journal of Plant Physiology; 46: 274-287.

Liu, D., Pie, Z. F., Naeem, M. S., Ming, D. F., Liu, H. B., Khan, F., Zhou, W. J., 2011. 5-aminolevolinic acid activates antioxidative defence system and seedling growth in *Brassica napus L*. under water-deficit stress. Journal of Agronomy and Crop Science; 1-12.

Majidi Harvan, A. 1993. Physiological mechanism of tolerance to environmental stresses. 1 the congress of agronomy and plant breeding. Tehran university: 133-134. [In Persian].

Miranshahi, B., Sayyari, M., Ghanbari, F. 2013. The effects of methyl jasmonate on some morphological parameters, relative water and proline content of *Satureja hortensis* under drought stress conditions. The Second International Conference on Agriculture and Natural Resources, December 25-26, Razi University, Kermanshah, Iran.

Naeem, M. S., Rashed, M., Liu, D., Jin, Z. L., Ming, D. F., Yoneyama, K., Takeuchi, Y., Zhou, W. J. 2011. 5-aminolevolinic acid ameliorates salinity-induced metabolic, water-related and biochemical changes in *Brassica napus L*. Acta Physiol Plant; 1-12.

Nishihara, E., Kondo, K., Parviz, M. M., Takahashi, K., Watanabe, K., Tanaka, K. 2003. Role of 5-aminolevolinic acid (ALA) on active oxygen- scavenging system in NaCl- treated spinach (*Spnacia oleracea*). J. Plant Physiol; 160: 1085-1091.

Rebeiz, C. A., Juvik, J. A., Rebeiz, C. C., 1988. Porphyric insecticides. Concept and Phenomenology; 30: 11-27.

Saruhan, N., Turgut-Terzi, R., Kadioglu, A. 2006. The effects of exogenous polyamines on some biochemical changes during drought stress in *Ctenanthe setosa* [Rosc.] Eichler. Acta Biol Hung; 57: 221-229.

Sasaki, K., Marquez, F.J., Nishio, N., Nagai, S. 1995. Promotive effects of 5-aminolevolinic acid on the growth and photosynthesis of *Spirulina platensis*. J Ferment Bioeng; 79: 453-457.

Sayyari, M., 2012. Improving chilling resistance of Cucumber seedlings by salicylic acid. American-Eurasian J Agric Environ Sci; 12(2): 204-209.

Sayyari, M., Ghanbari, F., Fatahi, S., Bavandpour, F. 2013. Chilling tolerance improving of watermelon seedling by salicylic acid seed and foliar application. Not Sci Biol; 5(1): 67-73.

Sun, Y. P., Zhang, Z. P., Wang, L. J. 2009. Promotion of 5-aminolevolinic acid treatment on leaf photosynthesis is related with increase of antioxidant enzyme activity in watermelon seedling grown under shade condition. Photosynthetica; 47: 347-354.

Wang, L. J., Jiang, W. B., Huang, B. J. 2004. Promotion of 5-aminolevolinic acid on photosynthesis of melon (*Cucumis melo*) seedling under low light and chilling stress conditions. Physiologia Plantarum; 121: 258-264.

Zhang, Z. J., Li, H. Z., Zhou, W. J., Takeuchi, Y., Yoneyam, K. 2006. Effect of 5-aminolevolinic acid on development and salt tolerance of potato (*Solanum tuberosum L.*) microtubers in vitro. Plant Growth Regulation; 49: 27-43.

Effects of 5-Aminolevolinic Acid on Plants Resistance to Invironmental Stresses

Abstract

The application of plant growth regulators (PGRs) or various chemicals to plants prior to onset of stress conditions has had considerable success in enhancing abiotic stress tolerance in recent years. 5-aminolevolinic acid (ALA), a new plant growth regulator, is precursor for biosynthesis of porphyrins compound such as heme and chlorophyll. Exogenous application of ALA regulates growth and development and improves chlorophyll synthesis, photosynthesis and crop production. ALA application in low concentration increase plants resistance to environmental stresses. In this research some effects of ALA on growth and physiological responses of plants under environmental stresses were studied. By studying others reports about ALA effects on physiological response of pants and authors previous researches, it was founded that ALA in low concentrations (lower than 10 mM) increases plant resistance to abiotic stresses such as drought, salinity, low and high temperatures via increasing antioxidant activity, proline and chlorophyll content and antioxidant enzymes activities. Although in high concentration ALA acts as an herbicide.

***Keywords*: Cold; Drought; Plant growth regulators; Proline; Salinity**