تأثیر پیش تیمار بتا-آمینوبوتیریک اسید بر رشد و روابط آبی دانهال‌های پسته در شرایط تنش خشکی

مریم شکری[۱] و سهیل کریمی[۲*]
دانشجو[۱] و استادیار[۲] گروه علوم باغبانی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران.
*نویسنده مسئول: skarimi@ut.ac.ir

چکیده

بروز تنش خشکی در دوره‌های بحرانی رشد و نمو، سبب توقف رشد و آسیب به گیاه می‌شود. در پژوهش حاضر کارآیی پیش تیمار بتا-آمینوبوتیریک اسید (۵ و ۱۰ میلی‌مولار BABA) در بهبود رشد و روابط آبی دانهال‌های پسته رقم اکبری در شرایط تنش خشکی در محیط کشت بدون خاک ارزیابی شد. تیمارهای BABA در سه مرتبه کاربرد برگی طی یک هفته پیش از شروع تنش روی دانهال های پسته در مرحله ۱۵ برگی اسپری شد و سپس آبیاری برای یک دوره ۲۵ روزه متوقف گردید. رشد و روابط آبی این گیاهان با تیمار آبیاری و تیمار تنش خشکی بدون پرایمینگ مقایسه شد. کاربرد BABA به‌صورت معنی‌داری از کاهش تعداد برگ، رشد طول ساقه و از دست رفتن وزن خشک شاخساره در شرایط تنش خشکی جلوگیری کرد. محدود شدن رشد و کاهش معنی‌دار محتوای آب نسبی در شرایط تنش خشکی مشاهده شد و سبب تشدید رنگ سبز برگ شد. در انتهای دوره خشکی محتوای آب نسبی برگ و پتانسیل آب برگ تیمارهای BABA در سطح شاهد حفظ گردید که این امر به بهبود قابلیت تنظیم اسمزی گیاه و کاهش از دست رفتن آب ارتباط داده شد. بهبود توانایی حفظ آب در گیاهان پیش تیمار شده سبب جلوگیری از کاهش شاخص پایداری غشاء در شرایط تنش خشکی گردید. در مجموع، با توجه به پاسخ بهتر گیاه، پیش تیمار ۵ میلی‌مولار BABA جهت بهبود تحمل به خشکی پسته پیشنهاد گردید.

کلمات کلیدی: **پتانسیل آب برگ، پتانسیل تورگور، پرایمینگ، شاخص پایداری غشاء، محتوای آب نسبی برگ.**

مقدمه

تقریباً کلیه واکنش‌های گیاهی به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم تحت تأثیر وجود آب قرار می‌گیرند (Farooq *et al.*, 2009). ازاین‌رو، خشکی و کم‌آبی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاه محسوب می‌گردد. کاهش پتانسیل اسمزی و پتانسیل آب همراه با از بین رفتن آماس، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش رشد از نشانه‌های ویژه تنش خشکی است (Karimi *et al.*, 2015). درصورتی‌که شدت تنش زیاد باشد موجب کاهش شدید فتوسنتز و مختل شدن فرآیندهای فیزیولوژیک، توقف رشد و سرانجام مرگ گیاه خواهد شد (Farooq *et al.*, 2009). تحت شرایط تنش خشکی، غلظت عناصر در محلول خاک افزایش می‌یابد که این امر با افزایش فشار اسمزی محلول خاک همراه است و ممکن است منجر به کاهش فعالیت متابولیک ریشه‌ها شود که جذب عناصر را محدود و غلظت عناصر را در برگ کاهش می‌دهد (Isaakidis *et al.*, 2004).

استفاده از تکنولوژی‌های نوین برای بهبود توزیع آب، و شناسایی و بهره‌گیری از گونه‌ها و ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی راه حل مناسبی برای گسترش کشاورزی در زمین‌های خشک هستند (Karimi *et al.*, 2017). ولی حتی گیاهان متحمل نیز در دوره‌های بحرانی نسبت به خشکی حساسیت شدیدی نشان می‌دهند و نیازمند حمایت هستند. در این راستا استفاده از پیش تیمار بذر و گیاه (پرایمینگ) جهت ایجاد آمادگی در گیاه برای مواجه شدن با شرایط

تنش‌زا کارایی بالایی نشان داده‌اند. در این روش‌ها با استفاده از تیمارهای فیزیکی یا شیمیایی، بیان ژن‌های مرتبط با تحمل تنش در گیاه افزایش داده می‌شود و به این ترتیب گیاه قادر خواهد بود سریع‌تر به تغییرات محیطی پاسخ دهد (Karimi *et al.*, 2017). بتا-آمینوبوتیریک اسید (BABA) یک اسید آمینه غیر پروتئینی است که به‌عنوان یک سیگنال مرتبط با تنش‌های محیطی و زیستی عمل می‌کند (Conrath *et al.*, 2002). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که کاربرد این ماده می‌تواند سبب افزایش بیان بسیاری از ژن‌های مرتبط با پاسخ گیاه به تنش‌ها شود. در این خصوص آماده‌سازی گیاه برای مواجهه با شرایط تنش‌زا می‌تواند مرتبط با نقش BABA در افزایش رونویسی از ژن‌های آبسزیک اسید و اتیلن باشد (Zimmerli *et al.*, 2008). افزایش تجمع آبسزیک اسید به دنبال کاربرد BABA با تسریع در بسته شدن روزنه، کاهش مصرف آب، و افزایش آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی‌شده سطح تحمل گیاه به تنش‌های محیطی را افزایش می‌دهد (Du *et al.*, 2012).

در پژوهش حاضر اثرات کاربرد BABA در ایجاد تحمل به تنش خشکی در دانهال های پسته اکبری در بستر کشت بدون خاک مورد ارزیابی قرار داده شد. پسته مشخصاً در مناطق گرم و خشک کشور کشت و کار می‌شود و از این نظر همواره از نظر خشکی و کم‌آبی تهدید می‌شود. در مراحل اولیه کشت که این گیاه سیستم ریشه‌ای گسترده‌ای ندارد، خشکی می‌تواند اثرات مخرب‌تری روی آن داشته باشد و سبب توقف رشد و آسیب‌های شدید به گیاه شود. ازاین‌رو، شناسایی و معرفی روش‌های پیش تیمار کارآمد جهت ایجاد تحمل به خشکی در دانهال های جوان پسته حائز اهمیت است.

مواد و روش‌ها

بذر پسته اکبری پس از تندش در پارچه ململ، به گلدان‌های حاوی آمیخته پرلیت و کوکوپیت (نسبت ۲ به ۱) منتقل شد. هر گلدان حاوی مقدار مشابهی محیط کشت بود (۱۴۰۰ گرم محیط کشت مرطوب). گیاهان تا مرحله ۲ برگ حقیقی با آب و سپس با محلول هوگلند آبیاری و تغذیه شدند. ۱۲۰ روز پس از کشت، دانهال‌ها در مرحله ۱۵ برگی برای آزمایش استفاده شدند. در این مرحله چهار نوع تیمار روی گیاهان اعمال شد: ۱) تیمار شاهد (آبیاری)، ۲) تیمار تنش خشکی ۳) پیش تیمار ۵ میلی مولار BABA + تنش خشکی و ۴) پیش تیمار ۱۰ میلی مولار BABA + تنش خشکی. در تیمار شاهد، گیاهان در فواصل زمانی دو روزه آبیاری شدند. در هر نوبت آبیاری، وزن گلدان به حد ظرفیت مزرعه رسانده می‌شد. در تیمارهای ۲ و ۳، محلول‌های BABA در سه نوبت و با فاصله دو روزه طی یک هفته پیش از آغاز تنش خشکی روی گیاهان محلول‌پاشی شد. سپس گیاهان تحت تنش خشکی قرار داده شدند. تنش خشکی با توقف آبیاری گیاهان برای یک دوره ۲۵ روزه اعمال شد. در تیمار ۴، گیاهان بدون پیش تیمار BABA تحت تیمار تنش خشکی قرار داده شدند. آزمایش‌های مربوط به این پژوهش در محیط گلخانه با دمای روز و شب ۲۶ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۲۰ درصد انجام شد.

در انتهای دوره آزمایش تعداد برگ، ارتفاع گیاه و وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری شد. سبزینگی برگ با استفاده از دستگاه SPAD ارزیابی شد. پتانسیل آب برگ با دستگاه بمب فشار و پتانسیل اسمزی برگ با اسمومتر اندازه‌گیری شدند. پتانسیل تورگور با تفریق پتانسیل اسمزی ا ز پتانسیل آب برگ محاسبه شد. محتوای آب نسبی برگ و شاخص پایداری غشاء طبق روش گزارش شده توسط Karimi و همکاران (۲۰۱۲) اندازه‌گیری شدند. آزمایش‌های مربوط به این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۷ تکرار انجام شد. تجزیه تحلیل‌های آماری با استفاده از SPSS v. 21 انجام شد. جهت تجزیه میانگین از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

در پژوهش حاضر تنش خشکی به‌صورت معنی‌داری تعداد برگ، ارتفاع گیاهان و وزن خشک شاخساره را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد «جدول ۱». امروزه مشخص شده است که تنش خشکی رشد سلول را تحت تأثیر قرار می‌دهد و کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه رشد و توسعه سلول به‌خصوص در ساقه و برگ‌ها را به همراه دارد (Yadollahi *et al.*, 2011). با کاهش رشد سلول، اندازه اندام‌های گیاه محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی بر روی گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچک‌تر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد (Farooq *et al.*, 2009). افزون بر این، تنش خشکی به‌طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به‌طور غیرمستقیم ورود دی‌اکسید کربن به داخل برگ را کاهش دهد و سبب محدود شدن رشد گیاه می‌شود (Karimi *et al.*, 2015). کاهش محتوای آب و محدود شدن رشد برگ، تغلیظ کلروفیل را در بافت برگ در پی دارد که همین امر می‌تواند افزایش سبزینگی برگ دانهال پسته در تیمار خشکی را نسبت به سایر تیمارها توجیه کند «جدول ۱». پیش تیمار BABA سبب حفظ تعداد برگ و ارتفاع گیاه در حد تیمار شاهد شد و وزن خشک شاخساره را نسبت به تیمار شاهد آبیاری به‌صورت معنی‌داری افزایش داد «جدول ۱». هرچند که، در این راستا پیش تیمار ۱۰ میلی مولار BABA کارایی کمتری از پیش تیمار ۵ میلی مولار این ماده داشت. بهبود رشد و نمو گیاهان به دنبال پیش تیمارهای مزبور در درجه اول ناشی از افزایش توانایی گیاه در حفظ آب در بافت برگ و در درجه دوم ناشی از بهبود شاخص پایداری غشاء بود.

جدول ۱- اثر پیش تیمار بتا-آمینوبوتیریک اسید (BABA) بر رشد دانهال های پسته رقم اکبری در شرایط تنش خشکی.

تیمار + BABA mM	تعداد برگ	ارتفاع گیاه (cm)	وزن خشک شاخساره (mg)	سبزینگی برگ (SPAD)
شاهد - آبیاری	۱۹/۱^{a}	۳۴/۲^{ab}	۸۴۶/۷^{b}	۴۱/۷^{b}
خشکی + 0	۱۶/۰^{b}	۲۹/۰^{c}	۷۸۲/۶^{c}	۴۶/۴^{a}
خشکی + 5	۲۰/۳^{a}	۳۶/۲^{a}	۸۷۴/۹^{a}	۴۲/۴^{b}
خشکی + 10	۱۸/۸^{ab}	۳۳/۱^{b}	۸۶۳/۶^{ab}	۴۱/۶^{b}

پتانسیل آب به‌صورت معنی‌داری در تیمار تنش خشکی نسبت به دیگر تیمارها کمتر بود و بیشترین میزان آن در تیمار ۱۰ میلی مولار BABA و شاهد مشاهده شد «جدول ۲». تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری بر پتانسیل اسمزی بافت برگ نداشتند (داده‌ها نشان داده نشده است)، ولی پتانسیل تورگور در تیمارهای ۵ و ۱۰ میلی مولار BABA به‌صورت معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش و در تیمار تنش خشکی به‌صورت معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت «جدول ۲». در تیمار تنش خشکی محتوای آب نسبی برگ نسبت به تیمار شاهد به‌صورت معنی‌داری کمتر بود. محتوای نسبی آب برگ تیمار شاهد و تیمارهای BABA تفاوت معنی‌داری نداشتند «جدول ۲».

شاخص پتانسیل آب از مفیدترین و بهترین روش‌ها برای اندازه‌گیری مقدار آب بافت‌های گیاهی است (Farooq *et al.*, 2009). با کاهش دسترسی به آب در پسته، Tajabadi Pour و همکاران (۲۰۰۴) کاهش معنی‌داری در پتانسیل آب کل برگ و پتانسیل اسمزی برگ مشاهده کردند. هرچند در پژوهش حاضر تغییر معنی‌داری در پتانسیل اسمزی آب برگ مشاهده نشد، ولی ارزیابی تورگور در شرایط تنش خشکی نشان داد که مهم‌ترین عامل کاهش پتانسیل آب برگ، از دست رفتن تورژسانس بافت است. در پیش تیمارهای BABA، پتانسیل آب برگ گیاهان تحت تنش به دلیل کاهش نسبی پتانسیل اسمزی و بهبود تورژسانس سلول در حد بالاتری از تیمار تنش خشکی قرار گرفت. این امر قابلیت بیشتر گیاهان پیش تیمار شده در حفظ آب را نشان داد. تنظیم اسمزی برای حفظ سطح آب بافت در شرایطی که دسترسی به آب از خاک محدود می‌گردد اهمیت شایان توجهی دارد (Karimi *et al.*, 2012). به نظر می‌رسد بهبود تنظیم اسمزی و افزایش بیان ژن‌های مرتبط با بیوسنتز سبب افزایش غلظت اسمزیک اسید در گیاه و تسریع فرآیند بسته

شدن روزنه به حفظ سطح محتوای آب گیاهان پیش تیمار شده کمک می‌نماید (Du *et al.*, 2012). حفظ محتوای آب بافت جهت حفظ هیدراسیون پروتوپلاسم و ادامه فعالیت‌های متابولیک ضروری است (Isaakidis *et al.*, 2004). قابلیت حفظ محتوای آب بیشتر در پتانسیل‌های آبی پایین ممکن است منعکس کننده استحکام بیشتر دیواره سلولی و توانایی آن برای تحمل تخریب و آسیب‌های مکانیکی ناشی از کاهش آب بافت باشد (Irigoyen *et al.*, 1992). در این راستا در انتهای دوره آزمایش بیشترین شاخص پایداری غشاء در تیمار ۵ میلی مولار BABA مشاهده شد که با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. تیمار تنش خشکی کمترین شاخص پایداری غشاء را داشت «جدول ۲». این مشاهدات افزایش تحمل به خشکی گیاه با پیش تیمار BABA را تأیید می‌نماید. به این ترتیب می‌توان استفاده از پیش تیمار ۵ میلی مولار BABA را جهت بهبود تحمل به خشکی پسته پیشنهاد نمود.

جدول ۲- اثر پیش تیمار بتا-آمینوبوتیریک اسید (BABA) بر روابط آبی و شاخص پایداری غشاء در برگ دانهال های پسته رقم اکبری در شرایط تنش خشکی.

تیمار + BABA mM	پتانسیل آب (MPa)	پتانسیل تورگور (MPa)	محتوای آب نسبی (٪)	شاخص پایداری غشاء (٪)
شاهد - آبیاری	-۰/۵۹۷^{ab}	۰/۵۸۳^{b}	۸۹/۴^{a}	۶۸/۸^{ab}
خشکی + 0	-۰/۶۷۸^{c}	۰/۳۸۲^{c}	۷۵/۱^{b}	۶۰/۴^{c}
خشکی + 5	-۰/۶۰۸^{b}	۰/۹۲۲^{a}	۸۱/۴^{ab}	۷۰/۴^{a}
خشکی + 10	-۰/۵۵۱^{a}	۱/۰۹^{a}	۸۶/۹^{a}	۶۶/۸^{b}

منابع

Conrath, U., Pieterse, C.M. and Mauch-Mani, B., 2002. Priming in plant–pathogen interactions. Trends in Plant Science, 7: 210-216.

Du, Y.L., Wang, Z.Y., Fan, J.W., Turner, N.C., Wang, T. and Li, F.M., 2012. β-Aminobutyric acid increases abscisic acid accumulation and desiccation tolerance and decreases water use but fails to improve grain yield in two spring wheat cultivars under soil drying. Journal of Experimental Botany, 63(13): 4849-4860.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A., 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In Sustainable agriculture. Springer Netherlands. pp. 153-188.

Irrigoyen, J.J., Emerich, D.W. and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentratons of praline and total soluble sugers in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia Plantarum, 84: 55-60.

Isaakidis, A., Sotirpoulos, T., Almaliotis, D., Therois, I. and D. Styliandis. 2004. Response to severe water stress if almond (*Prunuse amygdalus*) Ferragnes grafted on eight rootstocks. New Zealand Journal of Crop Horticulture Science, 32: 355-362.

Karimi, S., Eshghi, S., Karimi, S. and Hasan-Nezhadian, S., 2017. Inducing salt tolerance in sweet corn by magnetic priming. Acta agriculturae Slovenica, 109(1): 89-102.

Karimi, S., Hojati, S., Eshghi, S., Nazari-Moghadam, R. and Jandoust, S. 2012. Magnetic field treatment improves fig 'Sabz' explants tolerance to *in vitro* induced drought stress. Scientia Horticulturea,137: 95-100.

Karimi, S., Yadollahi, A., Arzani, K., Imani, A. and Aghaalikhani, M., 2015. Gas-exchange response of almond genotypes to water stress. Photosynthetica, 53(1), pp.29-34.

Tajabadi Pour, A. 2004. Effect of soil potassium application on relative resistance of three pistachio cultivars to water and salinity stress. Diss. PhD Thesis, Soil Science Department, Agricultural College, Shiraz University, Shiraz, Iran (in Persian).

Yadollahi A., Arzani, K., Ebadi, A., Wirthensohn, M. and Karimi, S. 2011. The response of different almond genotypes to moderate and severe water stress in order to screen for drought tolerance. Scientia Horticulturae, 129: 403–413.

Zimmerli, L., Hou, B.H., Tsai, C.H., Jakab, G., Mauch-Mani, B. and Somerville, S. 2008. The xenobiotic beta-aminobutyric acid enhances *Arabidopsis thermotolerance*. Plant Journal, 53: 144-156.

Effects of β-Aminobutyric Acid Priming on Growth and Water Relations of Pistachio Seedlings under Drought Stress

Maryam Shokri[1] and Soheil Karimi[2]*
Student[1] and Assistant Professor[2] of the Department of Horticulture, College of Aburaihan, University of Tehran.
* Corresponding author: skarimi@ut.ac.ir.

Abstract

Incidence of drought stress during critical stages of growth and development retards plant growth and damages plant organs. The current study evaluates the effectiveness of β-aminobutyric acid priming treatments (BABA – 5 and 10 mM) on inducing drought tolerance in seedlings of pistachio 'Akbari' in a soilless culture system. BABA treatments were applied on the seedlings at 15-leaved stage in three phases, one week before imposing drought stress by withholding irrigation for 25 days. Growth and water relations of the plants were compared with an irrigation (control) and a drought stress without priming treatment. BABA priming treatments prevented reduction of leaf number, stem elongation and loss of shoot biomass under drought stress. Growth limitation and significant decrease in relative water content of leaves resulted in concentration of chlorophylls in the leaves of non-primed plants under drought stress. At the end of the drought period, leaf relative water content and leaf water potential of BABA-primed plants were similar to the control treatment, which these observations were related to improvement of osmoregulation capacity and limitation of water loss from the plants. Improvement of water preservation in the primed plants prevented loss of plasma membrane stability index under drought stress. In conclusion, according to better responses of the plant, pre-treatment with 5 mM BABA for improving drought tolerance of pistachio seedlings was suggested.

***Keywords*: Membrane stability index, Leaf relative water content Leaf water potential, Priming, Turgor potential.**