اثر پیش تیمار تنش شوری کنترل شده بر مبادلات گازی گردو چندلر تحت تنش خشکی

حدیث کرمی[۱]، سهیل کریمی[۲*]، کورش وحدتی[۲]، علی مختصی بیدگلی[۳]
دانشجو[۱] و اعضای هیات علمی[۲] گروه علوم باغبانی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، عضو هیات علمی[۳] گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.
skarimi@ut.ac.ir *

چکیده

حساسیت شدید گردو به خشکی باعث از بین رفتن بخشی از درختان جوان در زمان انتقال به باغ می شود. در پژوهش حاضر تلاش شد با اعمال تنش شوری کنترل شده (کاربرد ۱۰۰ میلی مولار سولفات سدیم، کلریدکلسیم یا نیترات پتاسیم در محلول غذایی) بر گردو چندلر یک ساله که در بستر کشت بدون خاک و با محلول هوگلند تغذیه می شد نسبت به تنش خشکی تحمل سیستمیک القاء گردد. تحمل به خشکی با ارزیابی روابط آبی، شاخص پایداری غشاء، محتوای کلروفیل و مبادلات گازی در برگ پس از یک دوره ۳۰ روزه توقف آبیاری مشخص شد. تیمارهای سولفات سدیم و نیترات پتاسیم با افزایش محتوای آب نسبی، پتانسیل آب برگ و بهبود عملکرد گیاه در محدودکردن هدایت روزنه و سرعت تعرق در شرایط خشکی موجب حفظ سلامت غشاء و تحمل خشکی شدند. همچنین این تیمارها سبب افزایش محتوای کلروفیل، سرعت فتوسنتز و کارایی مصرف آب در شرایط خشکی شدند.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل آب، سرعت تعرق، سرعت فتوسنتز، محتوای آب نسبی برگ، *Juglans regia*

مقدمه

تنش خشکی یکی از اصلی‌ترین عوامل محیطی که تولید گیاهان در سراسر جهان را محدود می‌کند (Reynolds *et al.*, 2005). تنش خشکی بر صفات رشدی، بیوشیمیایی، فیزیولوژیک و مبادلات گازی در گیاهان تاثیر می‌گذارد (Diaz-Pérez *et al.*, 1995). همچنین روی فرآیندهای متابولیک مانند فتوسنتز و تنفس که اساس تولید گیاه می‌باشد، تأثیر می‌گذارد (Mészáros *et al.*, 2008). از ظرفیت فتوسنتزی کاسته می‌شود زیرا پروتوپلاسم گیاه، آب خود را از دست داده است. محدودیت‌های روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای و یا مزوفیلی از عوامل مؤثر بر فتوسنتز در طول دوره خشکی می‌باشند (Lawlor and Cornic, 2002). روزنه‌ها می‌توانند از طریق بسته‌شدن در دوره‌های کمبود آب، میزان اتلاف آب را کنترل نمایند و به مقاومت گیاه در مقابله با تنش خشکی کمک کنند (Schmidt, 1983). دانشمندان معتقدند که یکی از عوامل مهم در کاهش فتوسنتز بسته شدن روزنه‌ها در شرایط کمبود آب، می‌باشد که سبب کاهش هدایت روزنه‌ای شده و در نهایت کاهش میزان فتوسنتز را به همراه دارد. در واقع محدودیت روزنه‌ای سبب کاهش میزان فتوسنتز و غلظت دی‌اکسید کربن در فضای بین سلولی برگ می‌شود که به نوبه خود سبب جلوگیری از سوخت و ساز گیاه می‌شود (Lawlor and Cornic, 2002). همچنین شواهد نشان داده‌اند که تنش رطوبتی تأثیر مستقیم بر بیوشیمی کلروپلاست نظیر کاهش فعالیت فتوسیستم I و II بازدارندگی چرخه کالوین و کاهش فسفوریلاسیون نوری دارد (Lawlor, 1995).

جهت ایجاد آمادگی در گیاه برای مواجه شدن با چنین شرایطی می توان از روش‌های مختلفی که جهت پیش تیمار گیاه (پرایمینگ) توسعه یافته‌اند استفاده نمود. 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 و با قدرت بیشتری به تغییرات محیطی پاسخ دهد (Karimi *et al.*, 2017). در پژوهش حاضر فرض شد که اگر سیستم دفاعی گیاه با کمک تنش شوری کنترل شده تحریک گردد، گیاه را قادر خواهد ساخت تا نسبت به شرایط تنش‌های چندگانه‌ای که پس از انتقال به محیط باغ با آن روبرو

می‌گردد تحمل بیشتری نشان دهد. تنش شوری یک تنش محیطی پیچیده است و از این رو می تواند مکانیسم های دفاعی متنوعی را در گیاه فعال نماید (Karimi *et al.*, 2009). به عنوان نمونه، فعال شدن مکانیسم‌های تنظیم اسمزی، تشدید فعالیت عوامل آنتی اکسیدان، افزایش کارایی مصرف آب، و تغییرات موفوفیزیولوژیک برگ در پاسخ به تنش شوری گزارش شده است (Vahdati and Lotfi, 2013). هر یک از این پاسخ ها می تواند در ایجاد تحمل به خشکی حائز اهمیت باشد.

مواد و روش‌ها

نهال‌های کشت بافتی گردو چندلر در محیط گلخانه با دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۳۰ درصد در بستر کشت کوکوپیت و پرلیت (نسبت ۱ به ۳) مستقر شدند. گیاهان با محلول هوگلند تغذیه شدند و پس از پنج ماه، تحت تاثیر نمک های مختلف (سولفات سدیم، نیترات پتاسیم و کلرید کلسیم به غلظت ۱۰۰ میلی مولار) جهت ایجاد تحمل به خشکی پیش تیمار شدند. تنش خشکی با متوقف کردن آبیاری گیاهان برای یک دوره ۳۰ روزه اعمال گردید. جهت ارزیابی کارایی تیمارهای مختلف بر مبادلات گازی ناشی از خشکی در گیاهان، شاخص های زیر در انتهای دوره تنش خشکی ارزیابی شد: محتوای آب نسبی برگ (RWC) مطابق با روش Barrs (۱۹۶۲)، شاخص پایداری غشاء (Karimi *et al.*, 2009)، مبادلات گازی در میان روز توسط دستگاه LI COR 6400 *XT* ، برای اندازه‌گیری پتانسیل آب برگ از دستگاه بمب فشار Barnara Pressure Chamber, Santa استفاده شد. آزمایش های مربوط به این پژوهش در قالب طرح کاملا تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. تجزیه تحلیل های 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

جدول ۱ تغییرات محتوای آب نسبی (RWC)، پتانسیل آب برگ (Ψ_L)، شاخص پایداری غشاء (MTI) و غلظت کلروفیل ها (Chls) در برگ گردو رقم چندلر را در انتهای آزمایش نشان می‌دهد. تنش خشکی محتوای آب نسبی برگ را نسبت به شاهد ۱۲/۶ درصد کاهش داد. با کاهش محتوای آب نسبی برگ در شرایط تنش خشکی، پتانسیل آب برگ ۸۷/۴ درصد کاهش پیدا کرد. کاهش محتوای آب گیاه در پاسخ به تنش خشکی یک واکنش کلی است که سبب ایجاد اختلال در فرآیندهای بیولوژیک و متابولیسم سلول می‌گردد و آسیب های ساختاری به غشاء را در پی دارد که منجر به کاهش پایداری غشاء می‌شود (Karimi *et al.*, 2015). کاهش پتانسیل آب برگ در این شرایط سبب از دست رفتن تورژسانس سلول‌ها و پژمردگی برگ و محدود شدن رشد می‌شود. در چنین شرایطی، گیاهانی که بتوانند آب بافت را برای مدت بیشتری حفظ کنند توانایی تحمل به خشکی بیشتری خواهند داشت (Farooq *et al.*, 2009). نتایج نشان داد که پیش تیمارهای سولفات سدیم و کلرید کلسیم سبب حفظ محتوای آب نسبی برگ، پتانسیل آب گیاهان تحت تنش در سطح تیمار شاهد شد. تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن توسط از دست رفتن آب سلول موجب آسیب اکسیداتیو به غشاء سلول و دستگاه فتوسنتز می‌شود (Bian and Jiang, 2009). در این پژوهش، شاخص پایداری غشاء در شرایط تنش خشکی به صورت معنی داری کاهش یافت ولی گیاهان گردو پیش تیمارشده با سولفات سدیم و نیترات پتاسیم تحت تنش خشکی پایداری غشاء بیشتری داشتند. دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص های فیویولوژیک مقاومت به تنش هستند (Lawlor and Cornic, 2002). Sairam و همکاران مشاهده کردند که تحت شرایط تنش محتوای کلروفیل و شاخص پایداری کلروفیل کاهش می‌یابد. در این پژوهش پیش تیمار گیاهان با تنش شوری موجب افزایش میزان کلروفیل نسبت به گیاهان بدون پیش تیمار شد. به طوری که بیشترین میزان آن در تیمار سولفات سدیم (۱۰۳۸/۵ میکرو گرم بر گرم بافت تازه) مشاهده شد.

جدول ۱- اثر پیش تیمارهای تنش شوری بر محتوای آب نسبی (RWC)، پتانسیل آب برگ (Ψ_L)، شاخص پایداری غشاء (MTI) و غلظت کلروفیل‌ها (Chls) در برگ گردو رقم چندلر در شرایط تنش خشکی

Treatments	RWC [%]	Ψ_L [MPa]	MTI [%]	Chls [µg g^{-1} FM]
Irrigated	90.3a	-0.738a	76.96a	848.3c
Na2SO4	84.2ab	-0.979ab	51.10b	1038.5a
CaCl2	86.7ab	-0.915ab	33.83c	877.1bc
KNO3	81.4b	-1.057b	56.50b	1004.3ab
Drought	77.7b	-1.383c	39.67c	704.7d
ANOVA	*	**	**	**

** و *: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد. تفکیک میانگین ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵.

جدول ۲ تغییرات سرعت فتوسنتز (P_N)، هدایت روزنه‌ای (g_s)، سرعت تعرق (E) و کارایی مصرف آب (WUE) در برگ گردو رقم چندلر را در انتهای آزمایش نشان می‌دهد. گیاهان تحت تنش، توسط تنظیم روزنه‌ای از اتلاف زیاد آب از طریق تعرق جلوگیری می‌کنند (Chinnusamy *et al*., 2005). کاهش هدایت روزنه‌ای تحت شرایط کم آبی یک مکانیسم سازگاری در گیاهان برای کاهش از دست رفتن آب می‌باشد. بسته شدن روزنه با کاهش تعرق مانع از خنک شدن برگ می‌شود. تجمع گرما در برگ سبب آسیب به واکنش‌های فتوسنتز می‌شود زیرا فتوسنتز به دماهای بالا خیلی حساس است (Berry and Bjorkman, 1980). طبق نتایج بدست آمده، پیش تیمار تنش شوری موجب افزایش معنی دار میزان فتوسنتز درسطح احتمال ۱ درصد، هدایت روزنه‌ای و میزان تعرق در سطح احتمال ۵ درصد در شرایط تنش خشکی شد. بصورتی که بیشترین میزان این پارامترها در تیمار نیترات پتاسیم مشاهده شد که با تیمار شاهد آبیاری تفاوتی نداشت. حفظ فتوسنتز با کاهش هدایت روزنه‌ای و تعرق در طول تنش خشکی موجب افزایش کارایی مصرف آب شد. Boyer (۱۹۸۲) اظهار داشت که کارایی مصرف آب برای بقا و عملکرد محصولات کشاورزی حیاتی می‌باشد. کارایی مصرف آب بالا تحت تنش خشکی احتمالا نتیجه تنظیم کارآمد سرعت تعرق و حفظ فتوسنتز در این شرایط است. در پژوهش صورت گرفته پیش تیمار تنش شوری موجب افزایش میزان کارایی مصرف آب در سطح احتمال ۵ درصد شد، به طوری که تیمارهای سولفات سدیم (۵/۰۲ فتوسنتز بر تعرق) و نیترات پتاسیم (۴/۱۹ فتوسنتز بر تعرق) دارای بالاترین میزان کارایی مصرف آب بودند.

جدول ۲- اثر پیش تیمارهای تنش شوری بر سرعت فتوسنتز (P_N)، هدایت روزنه ای (g_s)، سرعت تعرق (E) و کارایی مصرف آب (WUE) در برگ گردو رقم چندلر در شرایط تنش خشکی.

Treatments	P_N	g_s	E	WUE
	[µmol(CO_2) m^{-2} s^{-1}]		[µmol H_2O m^{-2} s^{-1}]	[P_N/E]
Irrigated	5.52a	0.132a	1.401a	3.90ab
Na2SO4	4.77ab	0.094b	0.947b	5.02a
CaCl2	2.72bc	0.103b	1.029ab	2.71bc
KNO3	5.53a	0.134a	1.332a	4.19a
Drought	1.83c	0.100b	1.073ab	1.80c
ANOVA	**	*	*	*

** و *: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد. تفکیک میانگین ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵.

در مجموع مشخص شد که تنش شوری کنترل شده می تواند سبب القاء تحمل به خشکی در گردو شود. و از این راهکار می‌توان برای ایجاد آمادگی در نهال، پیش از انتقال به باغ استفاده شود. تنش شوری کنترل شده به حفظ آب گیاه در شرایط تنش خشکی کمک می کند، که این امر ناشی از بهبود پاسخ روزنه‌ها به خشکی و افزایش کارایی مصرف آب در گیاه است.

منابع

Berry, J. and Bjorkman, O. 1980. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. annual Review of Plant Physiology, 31: 491-543.

Bian, S. and Jiang, Y. 2009. Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. Scientia Horticulturae, 120: 264-270.

Chinnusamy, V., Xiong, L. and Zhu, J. 2005. Use of genetic engineering and molecular biology approaches for crop improvement for stress environments. Abiotic stresses*:* plant resistance through breeding and molecular approaches. Food Product Press, New York.

Diaz-Pérez, J., Shackel, K. and Sutter, E. 1995. Relative water content and water potential of tissue 1. Journal of Experimental Botany, 46: 111-118.

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

Karimi, S., Hojati, S., Eshghi, S., Moghaddam, R. N. and Jandoust, S. 2012. Magnetic exposure improves tolerance of fig 'sabz'explants to drought stress induced in vitro. Scientia Horticulturae, 137: 95-99.

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.

Lawlor, D. 1995. The effects of water deficit on photosynthesis. In 'environment and plant metabolism. Flexibility and acclimation'.(ed. N. Smirnoff.) pp. 129− 160. Bios Scientific Publisher: Oxford.

Lawlor, D. and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant, Cell & Environment, 25: 275-294.

Mészáros, I., Veres, S., Szôllôsi, E., Koncz, P., Kanalas, P. and Oláh, V. 2008. Responses of some ecophysiological traits of sessile oak (*quercus petraea*) to drought stress and heat wave in growing season of 2003. Acta Biologica Szegediensis, 52: 107-109.

Reynolds, M., Mujeeb-Kazi, A. and Sawkins, M. 2005. Prospects for utilising plant-adaptive mechanisms to improve wheat and other crops in drought-and salinity-prone environments. Annals of Applied Biology, 146: 239-259.

Sairam, R., Deshmukh, P. and Shukla, D. 1997. Tolerance of drought and temperature stress in relation to increased antioxidant enzyme activity in wheat. Journal of Agronomy and Crop Science, 178: 171-178.

Schmidt, J. W. 1983. Drought resistance and wheat breeding. Agricultural Water Management, 7: 181-194.

water stress under Effect of Pretreatment of salinity control on Gas exchange walnut walnut 'Chandler'

H. Karami[1], S. Karimi[2]*, K. Vahdati[2], and A. M. Bidgoli[3]
Student[1] and faculty members[2] of Department of Horticulture, College of Aburaihan, University of Tehran.
Faculty member[3] of Department of Agronomy, College of Agriculture, Tarbiat Modares University.
** Corresponding author: skarimi@ut.ac.ir*

Abstract

High drought sensitivity of walnut causes death of major portion of young plants after transplantation to orchard. In this study, we tried to induce systemic drought tolerance in one year old walnut 'Chandler' trees grown in soilless medium by imposing controlled salt stress (100 mM Na_2SO_4, $CaCl_2$, or KNO_3) in Hoagland's nutrient solution. The effectiveness of the treatments in inducing drought tolerance was evaluated by determining water relations, chlorophyll content, gas exchanges, cell membrane stability index in the leaves after withholding irrigation for a 30-day. Na_2SO_4, and KNO_3 treatments by increasing relative water content, leaf water potential and improving plant efficiency in limiting stomatal conductance and transpiration rate under drought condition resulted in maintenance of cell membrane health and higher drought tolerance. Moreover, these treatments increased chlorophyll content, photosynthesis rate and water use efficiency under drought stress.

Keywords: leaf relative water content, leaf water potential, transpiration rate, photosynthesis rate, *Juglans regia*.