اثرات فیزیولوژیکی رطوبت نسبی گلخانه بر رفتار روزنه‌های هوایی گیاه برگ بیدی در واکنش به تنش خشکی

عبدالحسین رضایی‌نژاد [1*]، اولکه ون‌میترن [2]

1- استادیار گروه تولیدات گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان.2- دانشیار گروه باغبانی دانشگاه واخنینگن هلند.

* نویسنده مسئول

چکیده

روزنه‌های هوایی نقشی اساسی در روابط آبی و فتوسنتز گیاه دارند و عکس‌العمل آن‌ها به شرایط مختلف محیطی از عوامل اساسی موثر در رشد، نمو و عملکرد محصولات باغبانی می‌باشد. روزنه‌های هوایی برای واکنش مناسب، عوامل مختلف محیطی را حس کرده و قادر به تلفیق دقیق آن‌ها با علائم درونی گیاه می‌باشند. یکی از مهمترین عوامل محیطی که در طی رشد و نمو بر تکامل و رفتار روزنه‌های هوایی موثر می‌باشد رطوبت نسبی هواست. در این تحقیق با استفاده از روش نوین اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیلی تحت اکسیژن پایین، تاثیر رطوبت نسبی هوا بر رفتار روزنه‌های هوایی در عکس‌العمل به تنش خشکی و نقش احتمالی اسید آبسیزیک بررسی شده است. نتایج نشان‌دهنده تاثیر بسیار معنی‌دار رطوبت نسبی در زمان رشد و نمو بر عکس‌العمل روزنه‌های هوایی در مقابل تنش خشکی می‌باشد. در عکس‌العمل به تنش خشکی، روزنه‌های گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت متوسط (55%) بسته شده ولی در گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت بالا (90%) عکس‌العمل روزنه‌ها به تنش ناقص بوده و به‌طور کامل بسته نشدند. در برگ گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت بالا در عکس‌العمل به تنش خشکی سرعت تعرق بالاتر بوده و حساسیت کمتری به کاهش محتوای نسبی آب نشان داد. علاوه براین عکس‌العمل روزنه‌ها به کاهش پتانسیل آب در برگ گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت بالا در مقایسه با گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت متوسط کمتر بود. افزایش رطوبت هوا در اطراف یک برگ از یک گیاه در حال رشد در رطوبت متوسط باعث تغییر در رفتار روزنه ها در این برگ در مقایسه با برگ‌های دیگر این گیاه شد. روزنه‌ها در این برگ قادر به بسته‌شدن کامل در واکنش به تنش خشکی نبودند. در حالی‌که میزان هورمون اسید آبسیزیک بیان شده در وزن خشک این برگ با برگ‌های دیگر این گیاه تفاوتی نداشت میزان این هورمون در وزن تر این برگ به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود. کاربرد هورمون اسید آبسیزیک به‌طور روزانه به‌مدت سه هفته بر روی برگ گیاهان طی رشد در رطوبت بالا باعث شد تا روزنه‌ها در این برگ‌ها رفتاری مشابه رفتار روزنه ها درگیاهان تولید شده در رطوبت متوسط از خود نشان دادند. از این نتایج می‌توان نتیجه گرفت: (1) غلظت پایین هورمون اسید آبسیزیک در طی رشد گیاه در رطوبت بالا می‌تواند عامل مهمی در اختلال رفتار روزنه‌ها در واکنش به خشکی باشد. (2) غلظت هورمون اسید آبسیزیک در وزن تر گیاه بهتر از وزن خشک می‌تواند تغییر رفتار روزنه‌ها را توجیه کند و به همین علت تغییر در میزان آب برگ می‌تواند در تغییر رفتار روزنه‌ها موثر باشد.

کلمات کلیدی: روزنه‌های هوایی، رطوبت نسبی، برگ بیدی

مقدمه

روزنه‌های هوایی در کنترل تبادلات گازی بین گیاه و اتمسفر اطراف گیاه نقشی اساسی ایفا می‌کنند به‌طوری‌که به دی‌اکسیدکربن مورد نیاز برای فتوسنتز اجازه ورود به گیاه می‌دهند در حالی‌که از هدر رفتن آب زیادی از گیاه از طریق تعرق جلوگیری به عمل می‌آورند. به این منظور روزنه های هوایی به طیف وسیعی از فاکتورهای محیطی و هورمونی واکنش نشان می‌دهند. امروزه در نتیجه عملیات باغبانی عمل عادی روزنه ها گاهی از حالت تعادل خارج شده و در مواقع لازم بسته نمی‌شوند. این اتفاق به‌خصوص زمانی اتفاق می‌افتد که گیاهان در رطوبت‌های بالای هوا رشد داده شده و سپس در شرایط تنش رطوبتی (رطوبت نسبی پایین هوا و یا کمبود رطوبت خاک) قرار بگیرند. اختلال در رفتار روزنه های هوایی باعث عدم تعادل آبی گیاه و ازدست رفتن آب زیاد شده و در نتیجه پژمردگی گیاه

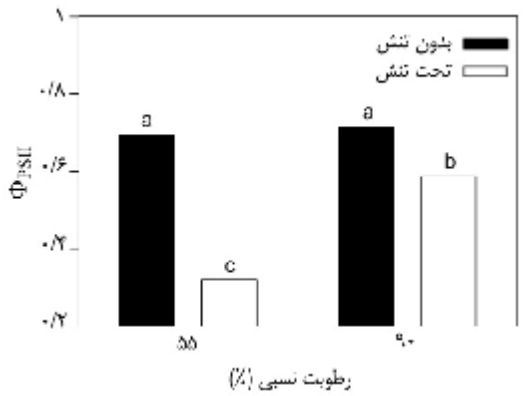
می‌شود. تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که گیاهان تولید شده از طریق کشت بافت و قلمه های برگ دار ریشه دار شده در رطوبت نسبی بالا در حین انتقال با تلفات فراوانی همراه هستند (2، 8). در سال‌های اخیر مشخص گردیده است که درصورت بالابودن رطوبت نسبی هوای گلخانه در طی پرورش گل‌های بریده مهمی چون رز و سوسن، عمر گل بریده آن‌ها پایین می‌آید (4، 10). این موضوع به عملکرد روزنه‌های هوایی نسبت داده شده به‌طوری‌که روزنه‌های هوایی گیاهان پرورش‌یافته در شرایط رطوبت بالا قادر به بسته‌شدن در رطوبت‌های نسبی پایین‌تر و شرایط تنش خشکی نیستند (2، 5). حد بحرانی رطوبت نسبی هوا برای تولید روزنه‌های هوایی با عکس‌العمل ضعیف در مقابل تنش خشکی 85 درصد گزارش شده است (3). با توجه به فعالیت‌هایی که امروزه در راستای کاهش مصرف انرژی و یا ایزوله کردن گلخانه‌ها انجام می شود مانند کاهش تهویه یا گلخانه‌های با سیستم کاملا" بسته پیش‌بینی می‌شود که رطوبت بالا در گلخانه های تجاری بیش از پیش معمول گردد. بنابراین درک فیزیولوژیکی رفتار روزنه های هوایی در گیاهان تولید شده در رطوبت بالای هوا اهمیت ویژه ای دارد. در این مقاله تاثیر رطوبت نسبی هوا بر رفتار روزنه‌های هوایی در عکس‌العمل به تنش خشکی و نقش احتمالی اسید آبسیزیک در این مورد بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق بر روی گیاه زینتی برگ‌بیدی (*Tradescantia virginiana*) انجام گردید. گیاه برگ‌بیدی با دارا بودن روزنه‌های درشت و امکان تکثیر و رشد سریع به عنوان یک گیاه مدل در تحقیقات مربوط به روزنه‌های هوایی استفاده می‌شود. گیاه مذکور به روش تقسیم بوته و به صورت گلدانی در اتاقک‌های رشدی با دمای پیوسته 0/5 ± 21 درجه سانتی‌گراد، رطوبت 5 ± 55 یا 5 ± 90 درصد و شدت نور 10 ± 120 میکرومول بر مترمربع بر ثانیه پرورش داده شد. برای بررسی عملکرد روزنه‌ها از سیستم عکس‌برداری فلورسانس کلروفیلی در شرایط اکسیژن پایین استفاده گردید. در این روش نوین با اندازه‌گیری عملکرد نسبی کوانتومی انتقال الکترون در فتوسیستم II فتوسنتز (Φ_{PSII}) بدون تخریب برگ وضعیت باز یا بسته بودن روزنه‌ها مشخص می‌شود (1، 6). سرعت تعرق از طریق وزنی (5) و پتانسیل آب دیسک‌های برگی به‌وسیله Wescor Vapro 5520 اندازه‌گیری شد (6). برای اندازه‌گیری هورمون اسید آبسیزیک برگ‌های تازه بالغ جوان از گیاهان در صبح زود برداشت، وزن تر آن‌ها یادداشت گردیده و بلافاصله درون نیتروژن مایع قرار گرفتند. سپس توسط فریزدرایر خشک شده و پس از اندازه‌گیری وزن خشک آسیاب گردیدند. سه میلی‌لیتر آب مقطر به 50 میلی‌گرم از نمونه پودر شده اضافه شده و پس از مخلوط شدن درون دستگاه شیکر در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در طول شب قرار گرفتند و روز بعد ابتدا به‌مدت ده دقیقه با دور 8000 دور در دقیقه سانتریفیوژ شده و رسوب آن‌ها جدا گردید و سپس با استفاده از روش الایزای غیرمستقیم میزان هورمون اندازه‌گیری گردید (7).آنالیز داده‌ها و رسم نمودارها توسط برنامه‌های Prism 4، Excel و MSTAT-C انجام شدند.

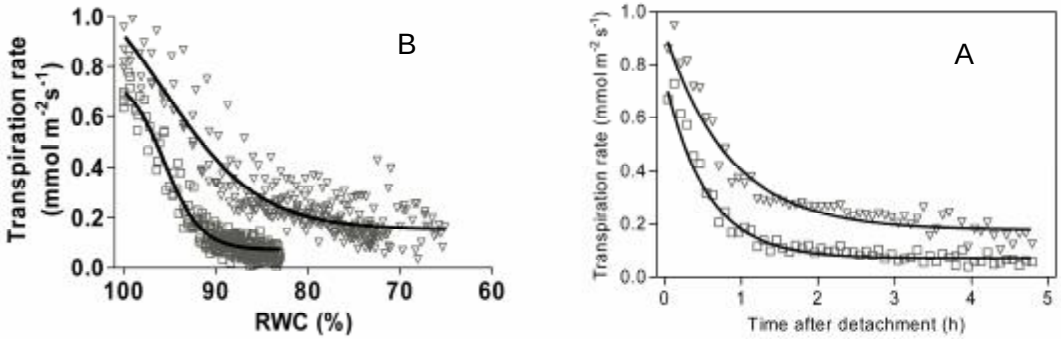
نتایج و بحث

نتایج نشان‌دهنده تاثیر بسیار معنی‌دار رطوبت نسبی در زمان رشد و نمو بر عکس‌العمل روزنه‌های هوایی در مقابل تنش خشکی می‌باشد. در حالت شاهد که هیچ‌گونه تنشی بر گیاه وارد نشده روزنه‌ها در همه گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت متوسط و بالا به‌طور کامل باز بوده و در نتیجه میزان Φ_{PSII} بالا بوده و تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اما در عکس‌العمل به تنش خشکی، روزنه‌های گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت 55% بسته شده و در نتیجه میزان Φ_{PSII} بسیار پایین بود ولی در گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت 90% عکس‌العمل روزنه‌ها به تنش ناقص بوده و به‌طور کامل بسته نشده، در نتیجه میزان Φ_{PSII} بسیار بالاتر از گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت متوسط بود (نمودار 1).



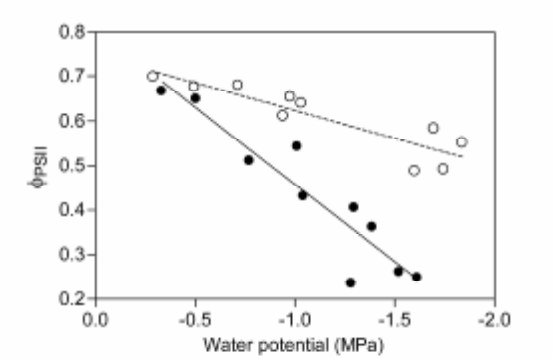
نمودار (1) میانگین Φ_{PSII} (اندازه‌گیری شده در شرایط اکسیژن پایین) در برگ گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت‌های 55 و 90 درصد تحت شرایط شاهد (بدون تنش خشکی) و دو ساعت بعد از تنش خشکی. میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد می‌باشند.

سرعت تعرق در هردو گروه از گیاهان در عکس‌العمل به تنش خشکی با زمان کاهش یافت ولی در برگ گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت بالا بالاتر بود (نمودار 2A). همچنین سرعت تعرق گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت بالا حساسیت کمتری به کاهش محتوای نسبی آب نشان داد (نمودار 2B).



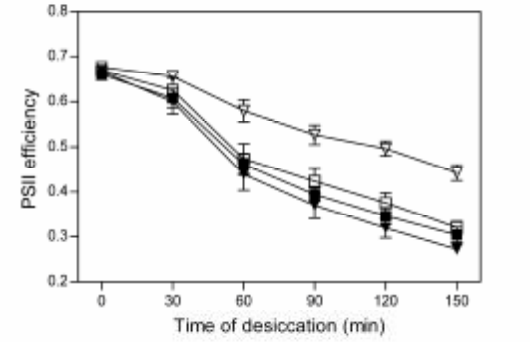
نمودار (2) تغییرات سرعت تعرق در برگ گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت‌های 55% (علامت‌های مربع) و 90% (علامت‌های مثلث) طی پنج ساعت تنش خشکی (A) و رابطه بین سرعت تعرق و محتوای نسبی آب در این تیمارها (B).

علاوه براین عکس‌العمل روزنه‌ها به کاهش پتانسیل آب در برگ گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت بالا در مقایسه با گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت متوسط کمتر بود (نمودار 3).



نمودار (3) رابطه بین پتانسیل آب و Φ_{PSII} در برگ گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت‌های 55% (علامت‌های توپر) و 90% (علامت‌های توخالی).

افزایش رطوبت هوا در اطراف یک برگ از یک گیاه در حال رشد در رطوبت متوسط باعث تغییر در رفتار روزنه ها در این برگ در مقایسه با برگ‌های دیگر این گیاه شد. روزنه‌ها در این برگ قادر به بسته‌شدن کامل در واکنش به استرس خشکی نبودند (نمودار 4).

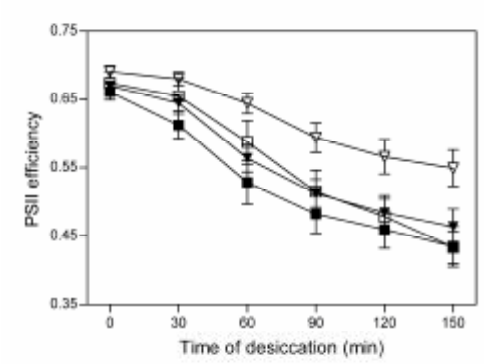


نمودار (4) تغییرات Φ_{PSII} طی دو ونیم ساعت تنش خشکی. علامت‌های مثلث مربوط به گیاهانی است که خود گیاه در رطوبت متوسط رشدکرده ولی یکی از برگهای آن (مثلث توخالی) در درون یک لوله شیشه‌ای در شرایط رطوبت بالا پرورش داده شده. علامت‌های مربع مربوط به گیاهانی است که هم خود گیاه و هم برگ درون لوله شیشه‌ای در رطوبت متوسط رشدکرده‌اند. اندازه‌گیری بر روی برگ درون لوله و برگ مجاور آن انجام شده است.

در حالی‌که میزان هورمون اسید آبسیزیک بیان شده در وزن خشک این برگ با برگ‌های دیگر این گیاه تفاوتی نداشت میزان این هورمون در وزن تر این برگ به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود (جدول 1). با استعمال محلول 20 میکرومولار هورمون اسید آبسیزیک به‌طور روزانه به‌مدت سه هفته بر روی برگ گیاهان طی رشد در رطوبت بالا، روزنه‌ها در این برگ‌ها رفتاری مشابه رفتار روزنه ها درگیاهان تولید شده در رطوبت متوسط از خود نشان دادند. مثلا" این روزنه‌ها به‌سرعت در واکنش به استرس خشکی قادر به بسته‌شدن بودند (نمودار 5). در کشت بافت شرایطی که باعث افزایش میزان اسید آبسیزیک اسید درونی گیاه شود منجر به تولید روزنه‌های هوایی کوچک‌تر می‌شود که در بهبود تعادل آبی موثرند (9). از این نتایج می‌توان نتیجه گرفت: (1) غلظت پایین هورمون اسید آبسیزیک در طی رشد گیاه در رطوبت بالا می‌تواند عامل مهمی در اختلال رفتار روزنه‌ها در واکنش به خشکی باشد. (2) غلظت هورمون اسید آبسیزیک در وزن تر گیاه بهتر از وزن خشک می‌تواند تغییر رفتار روزنه‌ها را توجیه کند و به همین علت تغییر در میزان آب برگ می‌تواند در تغییر رفتار روزنه‌ها موثر باشد.

جدول (1) میزان اسید آبسیزیک و درصد آب برگ گیاه برگ بیدی پرورش یافته در رطوبت متوسط که یک برگ آن درون لوله شیشه‌ای با شرایط رطوبت بالا یا متوسط رشد یافته است.

	ABA concentration		Water content (%)
	pmol g^{-1} DW	pmol g^{-1} FW	
Leaf from plant (1) outside the tube under 55% RH	2265 ± 155	243 ± 12	89.2 ± 0.3
Leaf from plant (1) inside the tube under 90% RH	2084 ± 93	161 ± 8	92.3 ± 0.2
Leaf from plant (2) outside the tube under 55% RH	2077 ± 95	223 ± 13	89.3 ± 0.4
Leaf from plant (2) inside the tube under 55% RH	1974 ± 114	204 ± 17	89.8 ± 0.5



نمودار (5) تغییرات Φ_{PSII} در برگ گیاهان پرورش‌یافته در رطوبت‌های 55% (علامت‌های مربع) و 90% (علامت‌های مثلث) طی دو ونیم ساعت تنش خشکی. علامت‌های باز و بسته نشان‌دهنده Φ_{PSII} در برگ‌هایی است که به ترتیب با صفر یا 20 میکرومولار اسید آبسیزیک به‌مدت سه هفته تیمار شده بودند.

منابع علمی

1- رضایی‌نژاد، عبدالحسین، هربینسن، جرمی و ون میترن، اولکه. 1389 . بررسی امکان استفاده از فلورسانس کلروفیلی برای مطالعه رفتار روزنه‌های هوایی در گیاهان تحت تنش خشکی. فصلنامه رستنیها، جلد 11، شماره 1. صفحات 41-35.

2- Fordham MC, Harrison-Murray RS, Knight L and Evered CE. 2001. Effects of leaf wetting and high humidity on stomatal function in leafy cuttings and intact plants of *Corylus maxima*. Physiologia Plantarum, 113: 233-40.

3- Mortensen LM and Fjeld T. 1998. Effects of air humidity, lighting period and lamp type on growth and vase life of roses. Scientia Horticulturae, 73: 229-237.

4- Pettersen RI, Moe R and Gislerød HR. 2007. Growth of pot roses and post-harvest rate of water loss as affected by air humidity and temperature variations during growth under continuous light. Scientia Horticulturae, 114: 207-213.

5- Rezaei Nejad A and van Meeteren U. 2005. Stomatal response characteristics of *Tradescantia virginiana* grown at high relative air humidity. Physiologia Plantarum 125, 324-332.

6- Rezaei Nejad A**,** Harbinson J and van Meeteren U**.** 2006. Dynamics of spatial heterogeneity of stomatal closure in *Tradescantia virginiana* altered by growth at high relative air humidity. Journal of Experimental Botany 57, 3669-3678.

7- Rezaei Nejad A and van Meeteren U. 2007. The role of abscisic acid in disturbed stomatal response characteristics of *Tradescantia virginiana* during growth at high relative air humidity. Journal of Experimental Botany *58*, 627-636.

8- Santamaria JM, Davies WJ and Atkinson, CJ. 1993. Stomata of micropropagated *Delphinium* plants respond to ABA, CO_2, light and water potential, but fail to close fully. Journal of Experimental Botany, 44: 99-107.
9- Talavera CR, Espadas FL, Aguilar ML, Maust BE, Oropeza CM, Santamaria JM. 2001. The control of leaf water loss by coconut plants cultured *in vitro* depends on the type of membrane used for ventilation. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 76, 569-74.
10- Torre S, Fjeld T and Gislerød HR. 2001. Effects of air humidity and K/Ca ratio in the nutrient supply on growth and postharvest characteristics of cut roses. Scientia Horticulturae, 90: 291-304.

Physiological effects of air relative humidity on stomatal behavior of *Tradescantia virginiana* in response to desiccation

A Rezaei Nejad [1*] and U van Meeteren[2]

1. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
2. Associate Professor, Horticultural Supply Chains Group, Plant Sciences, Wageningen University, Droevendaalsesteeg 1, 6708 PD, Wageningen, The Netherlands.

*Corresponding author

Abstract

Stomata play a dominant role in the control of plant water balance and photosynthesis. Stomatal response to environmental conditions is a crucial factor affecting growth, development and yield of horticultural crops. Stomatal behavior is the result of interactions between physiological factors and environmental conditions. One of the most important growing conditions affecting stomatal response is relative air humidity (RH). In this research, we aimed to elucidate the physiological effects of air relative humidity on stomatal behavior of *Tradescantia virginiana* in response to desiccation and the possible role of abscisic acid, using a new method of chlorophyll fluorescence measurement under low oxygen concentration. Results showed that RH had a significant effect on stomatal response to desiccation. Stomata of high RH (90%) grown plants failed to close fully in response to desiccation compared with moderate RH (55%) grown plants. High RH grown plants showed a higher transpiration rate in response to desiccation and a lower sensitivity to decrease of relative water content. Also, stomata of high RH grown plants showed a diminished response to decrease of leaf water potential compared with moderate RH grown plants. Providing a high RH around a single leaf of a plant during growth at moderate RH changed the stomatal responses of this leaf. The stomata in this high RH grown leaf did not close completely in response to desiccation in contrast to the stomata of the other leaves from the same plant. While there was no significant difference in ABA concentration on a dry weight basis between this leaf and other leaves, the ABA concentration on a fresh weight basis of this leaf was significantly lower than the others. As a result of a daily application ABA to leaves for three weeks during growth at high RH, the stomata of ABA-treated leaves grown at high RH showed the same behavior as did the stomata of leaves grown at moderate RH. It can be concluded from the results that: (1) a long-term low ABA concentration in well-watered plants during growth at high RH could be a reason for altered functioning of stomata in response to desiccation; (2) ABA concentration on a fresh weight basis rather than on a dry weight basis could be responsible for structural or physiological changes in stomata during leaf growth and therefore, leaf water content could be important.

Keywords: Stomata, Realtive humidity, *Tradescantia virginiana*.