تأثیر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر رنگیزه‌های گیاهی و ریزش برگ بادام (*Prunus dulcis* Miller.)

علی قربانی بیرگانی[1*]، عبدالرحمان محمدخانی[2]، سعدالله هوشمند[3] و غلامرضا ربیعی[4]

[1*] دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

[2] دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

[4،3] استاد گروه اصلاح نباتات، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد

*نویسنده مسئول: alighb55i@gmail.com

چکیده

کم‌آبی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد. برخی از ترکیبات شیمیایی و تنظیم‌کننده‌های رشد ازجمله اسید سالیسیلیک (SA) در افزایش تحمل گیاهان به تنش خشکی مؤثرند. بدین منظور آزمایشی گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سطوح مختلف آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) و همچنین غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) بر نهال‌های یک‌ساله بادام انجام شد. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در فاصله زمانی ۲۰ روز یک‌بار و طی یک دوره رشد دوماهه، روی گیاهان تحت سطوح مختلف آبیاری انجام شد. بعد از گذشت یک ماه از شروع اعمال تیمارهای آبیاری، نمونه‌برداری صورت گرفت. نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری و اسید سالیسیلیک و اثر متقابل آن‌ها بر رنگیزه‌های گیاهی و درصد ریزش برگ معنی‌دار است. با افزایش تنش خشکی از ۱۰۰ به ۷۵ درصد تأمین نیاز آبی، میزان کلروفیل a، b و کل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و سپس با افزایش تنش به ۵۰ درصد، به بیشترین میزان رسید. همچنین با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، میزان کلروفیل a، b و کل افزایش یافت اما این افزایش در غلظت ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار برای کلروفیل a و کل و در غلظت ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار برای کلروفیل b معنی دار نبود. با بررسی اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و اسید سالیسیلیک، بیشترین میزان کاروتنوئید در رژیم آبیاری ۷۵ درصد و در غلظت‌های صفر و ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و کمترین میزان آن در رژیم آبی ۵۰ درصد مشاهده شد. همچنین بیشترین درصد ریزش برگ در رژیم آبی ۵۰ و کمترین آن در رژیم آبی ۱۰۰ درصد اتفاق افتاد. در تیمار رژیم رطوبتی ۷۵ درصد، غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک منجر به کاهش معنی‌دار ریزش برگ گردیده است. به‌طورکلی به‌نظر می‌رسد که اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی، باعث حفظ رنگیزه‌ها و دوام برگ بادام می‌شود.

کلمات کلیدی: **بادام، تنش خشکی، تنظیم‌کننده‌های رشد، کاروتنوئید، کلروفیل.**

مقدمه

درخت بادام با نام علمی *Prunus dulcis* Mill. متعلق به خانواده رزاسه و زیر خانواده پرونوئیده است (Kester and Gradiziel, 1996). تنش خشکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی است که با تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، آثار نامطلوبی بر رشد و نمو گیاهان می‌گذارد (Hoekstra *et al.*, 2001). اولین اثر تنش خشکی کاهش فشار تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد رویشی گیاهان است (Parry *et al.*, 2002). اسیدسالیسیلیک (SA) یک ترکیب فنلی گیاهی است که به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی شناخته شده و نقش آن در ارتباط با مکانیسم‌های دفاعی در برابر عوامل تنش‌زای زیستی و غیر زیستی ازجمله خشکی به‌خوبی مشخص شده است (Hayat and ahmad.

2007). بر اساس گزارش ایساکیدیس و همکاران (۲۰۰۴) تنش خشکی از طریق سنتز ترکیبات سازگارکننده (اسمولیت ها)، سبب تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، تنظیم و تطابق اسمزی در مقابل تنش خشکی شده است. همچنین باعث تغییر در نسبت حجم، وزن تر و خشک ریشه به اندام هوایی، عادت ریشه‌دهی عمقی، افزایش هدایت هیدرولیکی، طول و تراکم ریشه‌ها، ریزش برگ‌ها، کاهش اندازه برگ، تراکم بالای روزنه‌ای و کاهش تعرق روزنه‌ای در بادام شده است. زکائی و همکاران (۱۳۹۲) بیان کردند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار در محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل در گونه‌های بادام شده است. تحقیق حاضر به‌منظور بررسی امکان کاربرد اسیدسالیسیلیک برای کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی، از طریق تأثیر بر رنگیزه‌های گیاهی و درصد ریزش برگ در بادام رقم شاهرود ۱۲ انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۵ در دانشگاه شهرکرد روی بادام رقم شاهرود ۱۲ پیوند شده بر روی پایه‌های یک‌ساله GF-677 به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، به روش کشت گلدانی انجام شد. فاکتور اول شامل سه سطح آبیاری (بدون تنش (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه)، تنش متوسط (۷۵ درصد نیاز آبی گیاه) و تنش شدید (۵۰ درصد نیاز آبی گیاه)) بود. فاکتور دوم شامل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با چهار غلظت (صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌مولار) بود. هر تکرار شامل دو گلدان پلاستیکی ۱۰ لیتری حاوی مخلوط خاک زراعی، پرلایت، ماسه و کود دامی به نسبت (۱:۱:۱:۳) و هرگلدان حاوی یک نهال بود. همزمان با شروع تیمار آبیاری، ۳ بار و با فاصله ۲۰ روز، تیمار سالیسیلیک اسید بر روی نهال‌های پیوندی ذکر شده انجام و شاخص‌های میزان کلروفیل و کاروتنوئید به روش آرنون (۱۹۴۹) توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر و همچنین درصد ریزش برگ محاسبه و در پایان نتایج توسط برنامه نرم‌افزاری SAS تجزیه و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) نشان داد که اثر متقابل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و سطوح مختلف آبیاری بر ریزش برگ و میزان کاروتنوئید آن، در سطح یک درصد معنی‌دار است. همچنین در خصوص میزان کلروفیل، هم اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و هم سطوح مختلف آبیاری، در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک بادام متأثر از غلظت‌های مختلف سالسیلیک اسید و رژیم‌های مختلف آبیاری

منابع تغییر	میانگین مربعات (MS)					
	درجه آزادی	ریزش برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کل کلروفیل	کاروتنوئید
SA	۳	۱۴۶/۳**	۱/۹۳**	۰/۳۲**	۳/۵۵**	۰/۳۷**
رژیم رطوبتی	۲	۶۸۲۸**	۲۸/۰۷**	۲/۹۸**	۵۷/۶۴**	۱/۵۱**
SA ×رژیم رطوبتی	۶	۱۲۱/۱**	۰/۲۲ns	۰/۰۴ns	۰/۵۸ns	۰/۰۹**
خطای آزمایشی	۲۴	۲۴/۲۰	۰/۱۲	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۰۲
ضریب تغییرات (CV)	-	۱۴/۱۱	۵/۱۹	۸/۱۴	۶/۳۲	۲۳/۶۴
ضریب تبیین (R^2)	-	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۸۹	۰/۹۳	۰/۹۰

ns: غیرمعنی‌دار، ** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

نتایج این پژوهش نشان داد که میزان کلروفیل (a، b و کل)، با افزایش تنش خشکی از سطح بدون تنش (۱۰۰ درصد نیاز آبی) به تنش متوسط (۷۵ درصد نیاز آبی)، به‌صورت معنی‌داری کاهش و سپس در شرایط تنش شدید (۵۰ درصد نیاز آبی) به‌صورت معنی‌داری (نسبت به دو سطح آبی دیگر)، افزایش یافته است. همچنین با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک از صفر به ۱/۵ میلی‌مولار میزان کلروفیل a و کل افزایش یافت که این افزایش از غلظت صفر تا ۱ میلی

مولار معنی‌دار بود اما در غلظت ۱ تا ۱/۵ تفاوت معنی‌داری نداشت. کلروفیل b در غلظت ۰/۵ نسبت به غلظت صفر میلی‌مولار افزایش معنی‌داری داشت اما این افزایش در غلظت‌های ۱ و ۱/۵ نسبت به ۰/۵ میلی‌مولار معنی‌دار نبود. با بررسی اثر متقابل تنش خشکی و اسید سالیسیلیک، بیشترین میزان کاروتنوئید در تنش آبی متوسط و در غلظت‌های صفر و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و کمترین آن در تنش شدید مشاهده شد. همچنین بیشترین درصد ریزش برگ در تنش شدید و کمترین آن در وضعیت بدون تنش بود و در تنش متوسط، در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک، درصد ریزش برگ به‌صورت معنی‌دار کاهش پیدا کرد (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر درصد ریزش برگ و میزان رنگیزه‌ها

سطوح آبیاری (درصد)	SA (میلی‌مولار)	ریزش برگ (٪)	کلروفیل a (µg/ml)	کلروفیل b (µg/ml)	کلروفیل کل (µg/ml)	کاروتنوئید (µmol/g)
۱۰۰	۰	۶/۳۸^{e}	۶/۳۷^{d}	۲/۱۶^{c}	۸/۸۵^{cde}	۰/۸۶^{b}
	۰/۵	۱۱/۰۵^{e}	۶/۵۷^{cd}	۲/۲۶^{bc}	۸/۹۶^{cde}	۰/۷۱^{bc}
	۱	۱۱/۲۵^{e}	۷/۰۴^{c}	۲/۳۷^{bc}	۹/۵۵^{cd}	۰/۴۵^{cde}
	۱/۵	۸/۱۴^{e}	۷/۱۶^{c}	۲/۳۸^{bc}	۹/۷۵^{c}	۰/۴۰^{ed}
۷۵	۰	۴۶/۶۷^{bc}	۴/۶۶^{e}	۱/۵۵^{d}	۶/۲۶^{f}	۱/۳۲^{a}
	۰/۵	۲۳/۲۴^{d}	۵/۰۵^{e}	۱/۶۹^{d}	۶/۸۳^{f}	۱/۲۵^{a}
	۱	۴۴/۳۴^{bc}	۵/۹۷^{d}	۲/۰۴^{c}	۸/۱۱^{e}	۰/۶۳^{bcd}
	۱/۵	۴۱/۷۰^{c}	۶/۱۷^{d}	۲/۱۴^{c}	۸/۴۶^{de}	۰/۶۷^{bc}
۵۰	۰	۵۸/۳۳^{a}	۷/۹۸^{b}	۲/۵۲^{b}	۱۰/۹۸^{b}	۰/۳۳^{e}
	۰/۵	۵۲/۲۲^{ab}	۸/۶۶^{a}	۲/۹۶^{a}	۱۲/۰۶^{a}	۰/۲۱^{e}
	۱	۵۵/۸۶^{a}	۸/۷۸^{a}	۲/۹۸^{a}	۱۲/۱۹^{a}	۰/۲۲^{e}
	۱/۵	۵۹/۱۰^{a}	۸/۶۴^{a}	۲/۹۴^{a}	۱۱/۹۲^{ab}	۰/۲۶^{e}

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون LSD می‌باشند.

در میان تنش‌های محیطی، تنش خشکی می‌تواند غلظت کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها را با تولید اکسیژن‌های واکنش‌پذیر در تیلاکوئیدها کاهش دهد(Cornic, 2000). تنش خشکی میزان کلروفیل‌ها را در گیاه پنبه (Massacci *et al.* 2008) و آفتابگردان کاهش داده است (Tahkokorpi *et al.*, 2007). استفاده از اسید سالیسیلیک منجر به افزایش سطوح کلروفیل در گیاهان تحت تنش می‌شود (Delavari *et al.*, 2010). اسید سالیسیلیک معمولاً در غلظت‌های پایین باعث افزایش رشد و مقاومت گیاهان به تنش‌ها می‌گردد (Dat *et al.*, 1998 and Dat *et al.*, 2000). ریزش برگ نیز یکی از مکانیزم‌های گیاه در شرایط کم‌آبی است که برای بقاء خود اقدام به ریزش برگ‌های مسن که عمدتاً مصرف‌کننده هستند می‌کند (Torrecillas *et al.*, 1996). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تنش خشکی موجب کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شود اما تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید با افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی باعث تعدیل اثرات ناشی از تنش خشکی ازجمله درصد ریزش برگ‌ها می‌شود.

منابع

Arnon, D.I. 1949. Copper enzyme in isolated chloroplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology; 24:1-15.

Cornic, G. 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture- not by affecting ATP synthesis. Trends in Plant Science; 5: 187-188.

Delavari, P.M., Baghizadeh, A., Enteshari, S.H., Kalantari, K.H.M., Yazdanpanah, A. and Mousavi, E.A. 2010. The effects of salicylic acid on some of biochemical and morphological

characteristic of *Ocimum basilicum* under salinity stress. Australian Journal of Basic and Applied Sciences; 4(10): 4832 – 4845.

Dat, J.F., Foyer, C.H., and Scott, I.M. 1998. Changes in salicylic acid and antioxidants during induced thermotolerance in mustard seedlings. Plant Physiology; 118: 1455-1461.

Dat, J.F., Lopez-Delgado, H., Foyer, C.H., and Scott, I.M. 2000. Effect of salicylic acid on oxidative stress and thermotolerance in tobacco. Journal of Plant Physiology; 156: 659-665.

Kester, D.E. and Gradiziel, T.M. 1996. Almonds. in: Janick J. Moore J.N. (Eds.), Fruit Breeding; 3: 1-97.

Hayat, S. and Ahmad, A. 2007. Salicylic Acid: A Plant Hormone. Springer, Dordrecht, The Netherlands; 97-99.

Hayat, S., Ali, B. and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid: Biosynthesis, metabolism and physiological role in plants. In: Hayat, S. and A. Ahmad eds. Salicylic acid: A plant hormone. Springer, Netherlands; 1 –14.

Hoekstra, F., Golovina, E. and Buitink, J. 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance, Trendsin Plant Science; 8(9): 431-438.

Isaakidis, A., Sotiropoulos, T., Almaliotis, D., Therios, I. and Stylianidis D. 2004. Response to severe water stress of the almond *Prunus amygdalus*, 'Ferragnes' grafted on eight rootstocks. New Zealand Journal Crop and Horticultural Science; 32: 355-362**.**

Massacci, A., Nabiev, S.M., Pietrosanti, L., 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.

Parry M.A.J. Androjc J. Khan S. Lea P.J. and Keys A.J. 2002. Rubisco activity: effects of drought stress. Annals of Botany; 89: 833-839.

Tahkokorpi, M., Taulavuori, K., Laine, K., and Taulavuori, E. 2007. Aftereffects of drought-related winter stress in previous and current year stems of *Vaccinium myrtillus*. Environmental and Experimental Botany; 61: 85–93.

Torrecillas, A., Alarcon, J.J., Domingo, R., Planes, J. and Sanches, M.J. 1996. Strategies for drought resistance in leaves of two almond cultivars. Plant Science; 118: 135-143.

Zokaee-Khosroshahi, M.R., Esna-Ashari, M., Ershadi, A. and Imani, A. 2014. Physiological Responses of Five Almond Species to PEG-Induced Drought Stress. Plant production technology; 5: 73-88. (in Persian).

The Effect of Drought Stress and Salicylic Acid on Pigments and Leaf Abscission of Almond (*Prunus dulcis* Miller.)

Ali Ghorbani Birgani[1]*, Abdolrahman Mohammadkhani[2], Saadallah Hooshmand[3], Gholamreza Rabiei[4]

[1*] MSc. student of Horticultural science, Shahrekord University, Shahrekord.
[2] Department of Horticultural science, Shahrekord University, Shahrekord
[3,4] Department of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord
*Corresponding Author: alighb55i@gmail.com

Abstract

Drought stress is one of the most important factors affecting agricultural production in arid and semi-arid regions of the world. Some of the chemical compounds and plant growth regulators such as salicylic acid (SA) are effective on increasing the tolerance of plants to drought stress. To do this, a factorial experiment in a completely randomized design with different irrigation levels (100, 75 and 50% water requirement) as well as different concentrations of salicylic acid (0, 0.5, 1 and 1.5 mM) on one year almond seedlings (*Prunus dulcis* Miller.) was performed. In this experiment, salicylic acid spraying within 20 days once and over two-month period of growth on the plants under different levels of irrigation was performed. After 30 days of starting irrigation regimes treatments, sampling was made. The results showed that the effect of irrigation levels and salicylic acid and their interaction on pigments and leaf abscission is significant. With increasing drought stress from 100 to 75 percent, water requirement, chlorophyll a, b and total significantly decreased and then reached the highest rate by increasing stress to 50 percent. It was also observed that chlorophyll a, b and total increased with increasing concentration of salicylic acid, but the increase in concentrations of 1 and 1.5 mM for chlorophyll a and total and in concentrations of 0.5, 1 and 1.5 mM for chlorophyll b was not significant. By investigating the interactions between irrigation regimes treatments and salicylic acid, the highest amount of carotenoids in 75% irrigation regime in concentrations 0 and 1 mM of salicylic acid and the lowest in 50% water regime were observed. The highest percentage of leaf abscission in water regime 50% and the lowest was water regime 100%. In the treatment of irrigation regimes 75%, 0.5 mM concentration of salicylic acid has resulted in significant reduction of leaf abscission. Overall, it seems that salicylic acid under drought stress maintains the pigments and durability of almond leaf.

***Keywords*: Almond, Drought stress, Plant growth regulators, Carotenoids, Chlorophyll.**