تغییرات عملکرد فلورسنس کلروفیل در برخی ارقام بالغ فندق تحت شرایط تنش کم آبی

علی شاهی قره لر[*1]، محمدرضا فتاحی مقدم[1]، ذبیح اله زمانی[1]، رضا معالی امیری[2]

[*1] گروه علوم و مهندسی باغبانی و فضای سبز، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج.

[2] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج.

نویسنده مسئول: ashahi.gh@gmail.com; shahia@ut.ac.ir

چکیده

فندق (*Corylus avellana* L.) یکی از مهمترین درختان میوه خشکبار به شمار می آید. تنش کم آبی یکی از مؤثرترین تنش های غیرزیستی محیطی است که به طور منفی، زندگی اکثر گیاهان را تحت تأثیر قرار می دهد. فلئورومتر به عنوان دستگاهی مفید برای بررسی شدت تنش خشکی در گیاهان به کار می رود. این تحقیق با هدف بررسی تغییرات فلورسنس کلروفیل در ارقام فندق در شرایط تنش خشکی انجام شد. شش رقم بالغ فندق (فرتیل، مرویل، روند، سقورب، لانگ و نگرت) در شرایط مزرعه تحت تیمارهای تنش خشکی (شاهد: آبیاری هر پنج روز یکبار؛ تنش ملایم: قطع آبیاری به مدت ۱۲ روز؛ تنش شدید: قطع آبیاری به مدت ۱۹ روز) و آبیاری مجدد (آبیاری مجدد پس از ۱۲ و ۱۹ روز قطع آبیاری) قرار گرفتند. نتایج تجزیه آماری نشان داد که تنش خشکی شدید سبب کاهش معنی دار حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم دو (Fv/Fm) و شاخص سبزینگی برگ (SPAD) و سبب افزایش نشت یونی غشاء سلولی (EL) شد. بیشترین کاهش مقدار Fv/Fm در تنش خشکی شدید در ارقام روند، سقورب و لانگ مشاهده شد. مقدار کاهش SPAD در رقم سقورب بیشتر از ارقام دیگر بود. می توان از فلئورومتر برای شناسایی ارقام فندق متحمل به تنش خشکی شدید استفاده نمود.

کلمات کلیدی: تنش های محیطی، فیزیولوژی تنش، آبیاری، نشت یونی، کلروفیل.

مقدمه

یکی از مهم ترین تنش‌های غیرزنده، تنش کم آبی است که رشد و تولید گیاهان را تحت تأثیر قرار می دهد. تنش خشکی شاخص های مختلف فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد و سبب کاهش رشد و همچنین تغییر پارامترهای مختلف فلورسنس کلروفیل می شود (Yang *et al.*, 2006). در شرایط تنش خشکی روزنه ها بسته می شوند در نتیجه ورود دی اکسید کربن به درون روزنه ها مسدود شده و از خروج اکسیژن (O_2) جلوگیری می شود، این امر منجر به تجمع اکسیژن و تولید گونه های فعال اکسیژن (ROS) می شود. گونه های فعال اکسیژن پایداری غشاء سلولی را کاهش داده و سبب نشت آنها می شوند. علاوه بر آن مقدار کلروفیل نیز کاهش یافته و فتوسنتز و تنفس دچار تغییرات می شوند (Waraich *et al.*, 2011). تنش خشکی موجب کاهش عملکرد سیستم فتوسنتزی در استفاده از فوتون ها شده و سبب بروز بازدارندگی نوری فتوسنتز می شود. بازدارندگی نوری فتوسنتز با تقلیل در کارآیی کوآنتومی فتوشیمی (فتوسیستم II) و کاهش در فلورسنس کلروفیل مشخص می شود. ارزیابی فلورسنس کلروفیل روشی غیر تخریبی است که بطور وسیعی برای مطالعه تغییرات در عملکرد فتوسنتز در اندامک ها و بافت های فتوسنتزی مورد استفاده قرار می گیرد (Weng *et al.*, 2006). فلورسنس کلروفیل اطلاعات ارزشمندی از عملکرد فتوسنتزی برگ اکثر گیاهان تحت تنش خشکی فراهم می کند (Baker and Rosenqvist, 2004). Faraloni و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از دستگاه فلئورومتر تغییرات فلورسنس کلروفیل ارقام زیتون را تحت شرایط کاهش آب در دسترس مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که مقدار فلورسنس کلروفیل *a* (Fv/Fm) با افزایش تنش خشکی کاهش معنی داری داشت. ایشان پیشنهاد کردند که کاربرد این روش می تواند در تفکیک ارقام زیتون و تعیین مقدار تحمل آنها نسبت به تنش خشکی استفاده گردد. مطالعه حاضر با هدف بررسی تغییرات فلورسنس

IrHC2019

کلروفیل و مقدار سبزینه برگی با استفاده از دستگاه های فلئورومتر و SPAD به عنوان روش های غیر تخریبی در مطالعه ارقام فندق در شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

درختان بالغ شش رقم فندق (فرتیل، روند، لونگ، سقورب، نگرت و مرویل) موجود در باغ تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه تهران واقع در کرج مورد ارزیابی قرار گرفتند. درختان دور از حاشیه باغ انتخاب و سعی شد تا تمامی ارقام از لحاظ اندازه و شرایط محیطی یکسان باشند. آبیاری درختان به صورت قطره ای بود و به طور معمول هر پنج روز یکبار آبیاری می شدند. آزمایش در اواخر مرداد تا اواسط شهریور ماه صورت گرفت. پس از انتخاب درختان تیمارهای آبیاری به این صورت انجام گرفتند: شاهد: آبیاری معمول (هر پنج روز یکبار)، تنش خشکی ملایم: قطع آبیاری به مدت ۱۲ روز و تنش شدید: قطع آبیاری به مدت ۱۹ روز. در شاهد ارزیابی ها و نمونه برداری ها دو روز بعد از آبیاری انجام گرفت. در تیمارهای دیگر ارزیابی ها و نمونه برداری ها روز قبل از آبیاری در هر سطح صورت گرفت. پس از آبیاری مجدد درختان، وضعیت فیزیولوژیکی آنها پس از ۱۰ روز دوباره مورد ارزیابی قرار گرفت. در آنالیز آماری به منظور مقایسه واکنش ارقام فندق به تنش خشکی و آبیاری مجدد، به صورت پنج تیمار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. صفات مورد ارزیابی در این آزمایش شامل اندازه گیری فلورسنس کلروفیل *a* (حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم II) با استفاده از دستگاه فلئورومتر (Hansatech Instruments, Handy PEA, Norfolk, UK)، شاخص سبزینگی برگ با استفاده از دستگاه سبزینه سنج (SPAD 502, Minolta, Osaka, Japan) و نشت یونی غشاء سلولی (AsadiSanam *et al.*, 2015) بود.

برای تجزیه داده ها و مقایسه میانگین ها از نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۴) استفاده شد. مقایسه میانگین ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن انجام شد. حروف همسان روی ستون های مختلف نشان دهندهٔ عدم معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۵ آزمون چند دامنه ای دانکن می باشد. بارها روی ستون ها نشان دهندهٔ خطای معیار (SE) از میانگین ها می باشد.

نتایج و بحث

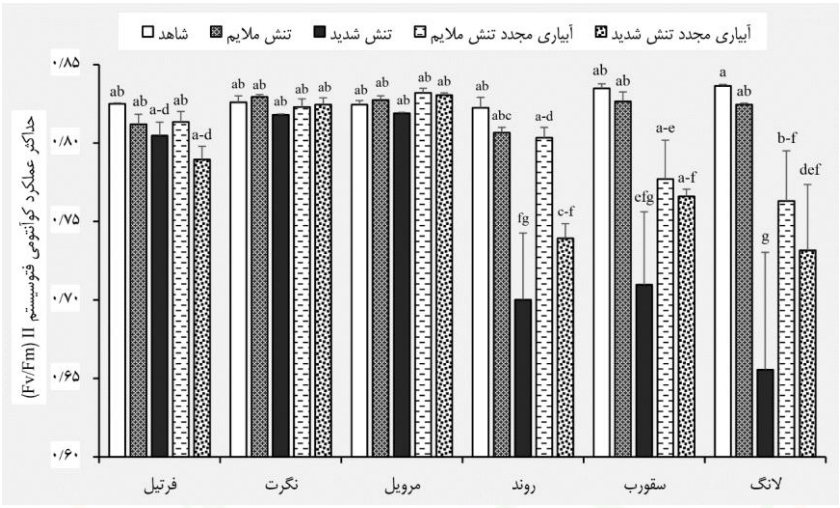
بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) مشخص شد که حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) تحت شرایط تنش کم آبی و ارقام فندق به طور معنی داری دچار تغییرات می شود. اثرات متقابل تیمارها نیز روی فلورسنس کلروفیل اثر معنی داری داشتند. اثر تنش آبی ملایم (۱۲ روز) روی حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) معنی دار نبود (شکل ۱) با این حال مقدار کاهش این پارامتر در تنش آبی شدید (۱۹ روز) مشخص بود. بیشترین کاهش این پارامتر در ارقام روند، سقورب و لانگ مشاهده شد. در ارقام مذکور به ویژه رقم روند، قدرت برگشت پذیری پس از آبیاری مجدد (بعد از تنش ۱۹ روز بدون آبیاری) پایین بود. در ارقام فرتیل، نگرت و مرویل تغییرات معنی داری در تیمارهای مختلف آبی مشاهده نشد. شاخص سبزینگی (کلروفیل) ارقام مختلف فندق تحت تأثیر سطوح تنش کم آبی قرار گرفت (جدول ۱). در تنش ملایم مقدار این شاخص در ارقام فرتیل، مرویل، روند، سقورب و لانگ نسبت به شاهد تغییرات معنی داری نشان نداد (شکل ۲). افزایش شدت تنش سبب کاهش در سبزینگی برگ شد. کاهش سبزینگی برگ ها در تنش شدید نسبت به شاهد در ارقام لانگ، روند، مرویل و فرتیل معنی دار نبود. مقدار کاهش سبزینگی برگ در رقم سقورب بیشتر از ارقام دیگر بود و نسبت به شاهد حدود ۲۳٪ کاهش نشان داد. همچنین این رقم برگشت پذیری ضعیفی بعد از آبیاری مجدد نشان داد. در ارقام فندق، تنش خشکی سبب افزایش مقدار نشت یونی شد. با افزایش شدت تنش خشکی افزایش معنی داری در همهٔ ارقام فندق مشاهده شد. تقریباً واکنش تمامی ارقام یکسان بود (شکل ۳). شاخص کلروفیل (سبزینگی) پارامتری اساسی در فرآیند فتوسنتز می باشد و فاکتوری کلیدی برای انعکاس وضعیت رشدی گیاه می باشد (Meng *et al.*, 2016).

IrHC2019

جدول ۱- نتایج تجزیهٔ واریانس اثر تیمارهای آبیاری و ارقام فندق بر برخی شاخص های فیزیولوژیکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم II (Fv/Fm)	شاخص سبزینگی برگ (SPAD)	نشت یونی (درصد)
بلوک	۲	۰/۰۰۲ ns	۴/۴۱ ns	۰/۸۵ ns
تیمار آبیاری	۴	۰/۰۲ **	۷۶/۴۸ **	۲۲۴/۶۹ **
رقم	۵	۰/۰۱ **	۹۱/۲۹ **	۱۲/۰۳ **
آبیاری×رقم	۲۰	۰/۰۰۳ *	۲۰/۸۸ **	۹/۲۸ **
خطا	۵۸	۰/۰۰۱	۳/۹۴	۲/۰۱
٪ ضریب تغییرات	-	۴/۶۶	۵/۷۰	۴/۳۴

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی دار؛ معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۱ آماری.

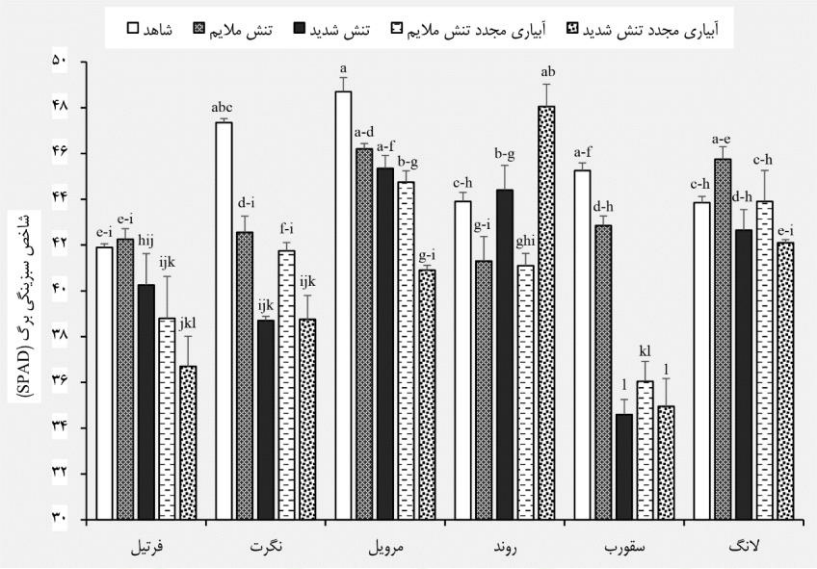


شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل ارقام فندق و تیمارهای تنش کم آبی برای صفت حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم II.

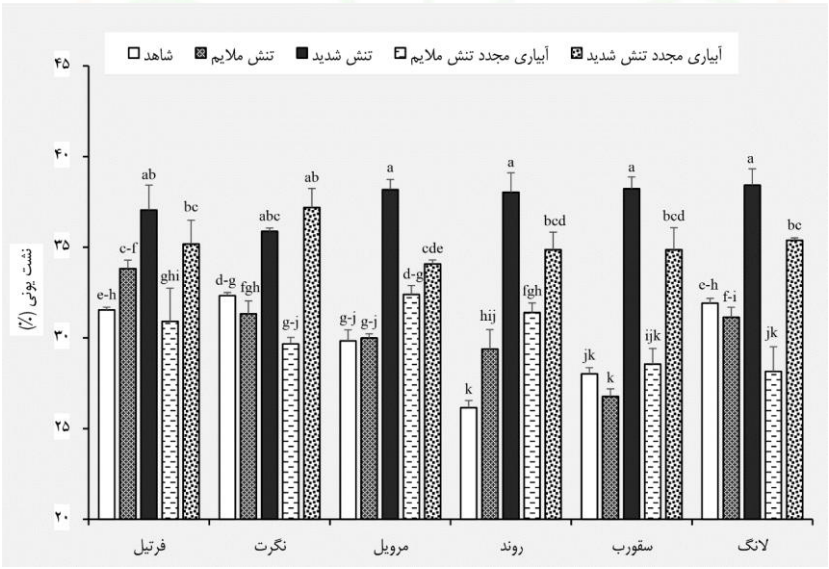
Zulini و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که مقدار حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم II و شاخص سبزینگی برگ در انگور تحت شرایط تنش ملایم تحت تأثیر قرار نمی گیرند و این پارامترها تنها در شرایط تنش شدید کاهش می یابند. نتایج پژوهش حاضر با گزارش ایشان مطابقت دارد و نشان می دهد که برای تعیین تنش های خشکی شدید در فندق می توان از فلئورومتر و SPAD استفاده نمود. کاهش مقدار سبزینگی در اثر تنش خشکی می تواند در اثر تخریب کلروفیل به خاطر تسریع در پیری و افزایش گونه های واکنش پذیر اکسیژن باشد. از مطالعه حاضر می توان چنین نتیجه گیری کرد که می توان تنش خشکی (خصوصاً تنش شدید) در باغات فندق را با شاخص های کم هزینه و نیز مطالعات بدون تخریب (فلئورومتر وSPAD) مورد بررسی قرار داد و در برنامه های مدیریت آبیاری از آنها استفاده نمود. همچنین بین ارقام فندق، تفاوت در مقدار تحمل تنش خشکی وجود دارد و با مطالعات ارقام بیشتر می توان به ژنوتیپ های با پتانسیل بالاتر برای تحمل به خشکی دست یافت. در بین ارقام فندق، ارقام سقورب و روند نسبت به ارقام دیگر نسبت به تنش خشکی حساس تر بودند. Koç و همکاران (۲۰۱۷) گزارش نمودند که تنش خشکی در انگور سبب کاهش پایداری غشاء سلولی (افزایش نشت یونی) شده و در نتیجه پراکسیداسیون لیپیدهای سلولی افزایش می یابد. مقدار خسارت غشاء سلولی تحت شرایط تنش خشکی را می توان به راحتی از طریق اندازه گیری نشت یونی سلول ها ارزیابی نمود. این تست مقدار خسارت تنش ها به غشاء سلولی را بر اساس مقدار نشت یونی مشخص می کند. در مطالعه حاضر، افزایش سطح تنش کم آبی سبب افزایش نشت یونی سلولی شد. نتایج آزمایش حاضر با نتایج رستمی و راحمی (۲۰۱۳) روی ژنوتیپ های انجیر بَر مطابقت دارد. تولید گونه های واکنش

IrHC2019

پذیر اکسیژن تحت تنش خشکی یکی از دلایل اصلی کاهش پایداری غشاء سلولی و افزایش نشت یونی می باشد (رستمی و راحمی، ۲۰۱۳).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل ارقام فندق و تیمارهای تنش کم آبی برای صفت شاخص سبزینگی برگ (SPAD).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل ارقام فندق و تیمارهای تنش کم آبی برای صفت نشت یونی (٪).

منابع

AsadiSanam, S., Zavareh, M., and Hashempour, A. 2015. Protective effect of exogenousnitric oxide onalleviation ofoxidative damage induced by high salinity in rice (*Oryza sativa* L .) seedlings. Iran Agricultural Research: 34, 63–70.

Baker, N. R., and Rosenqvist, E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: An examination of future possibilities. Journal of Experimental Botany, 55 (403): 1607–1621.

Faraloni, C., Cutino, I., Petruccelli, R., Leva, A. R., Lazzeri, S., and Torzillo, G. 2011. Chlorophyll fluorescence technique as a rapid tool for in vitro screening of olive cultivars (*Olea europaea* L.) tolerant to drought stress. Environmental and Experimental Botany, 73: 49–56.

Koç, M., Gökçen, I. S., Odabaşıoğlu, M. I. and Yildiz, K. 2017. The effects of drought on the level of isoforms of aquaporin in cv. Horozkarasi" grapevine. Scientific Papers. Series B, Horticulture: 61, 225–232.

IrHC2019

Meng, L. L., Song, J. F., Wen, J., Zhang, J., and Wei, J. H. 2016. Effects of drought stress on fluorescence characteristics of photosystem II in leaves of *Plectranthus scutellarioides*. Photosynthetica, 54(3): 414–421.

Rostami, A. A., and Rahemi, M. 2013. Responses of caprifig genotypes to water stress and recovery. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences: 7, 131–139.

Waraich, E. A., Ahmad, R., Yaseen Ashraf, M., Saifullah, S., and Ahmad, M. 2011. Improving agricultural water use efficiency by nutrient management in crop plants. Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science, 61(4): 291–304.

Weng, J. H., Liao, T. S., Hwang, M. Y., Chung, C. C., Lin, C. P., and Chu, C. H. 2006. Seasonal variation in photosystem II efficiency and photochemical reflectance index of evergreen trees and perennial grasses growing at low and high elevations in subtropical Taiwan. Tree Physiology, 26: 1097–1104.

Yang, X., Chen, X., Ge, Q., Li, B., Tong, Y., Zhang, A., Li, Z., Kuang, T. and Lu, C. 2006. Tolerance of photosynthesis to photo-inhibition, high temperature and drought stress in flag leaves of wheat: a comparison between a hybridization line and its parents grown under field conditions. Plant Science, 171: 389–97.

Zulini, L., Rubinigg, M., Zorer, R., and Bertamini, M. 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence and photosynthetic pigments in grapevine leaves (*Vitis vinifera* cv. 'White Riesling' Acta Horticulturae, 754: 289-294.

Changes of chlorophyll fluorescence performance in some mature cultivars of hazelnut under water deficit conditions

Ali Shahi[1]*, Reza Fatahi[1], Zabihollah Zamani[1], Reza Maali-Amiri[2]

[1*] Department of Horticulture Science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

[2] Department of Agronomy and Plant Breeding, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

[*]*Corresponding Author: shahia@ut.ac.ir; ashahi.gh@gmail.com*

Abstract

Hazelnut (*Corylus avellana* L.) is one of the important nut trees. Water deficit stress is one of the effective abiotic environmental stresses that negatively affects the life of most plants. Fluorometer is used as a useful device for investigating severity of drought stress in plants. This research was carried out to assay the change of chlorophyll fluorescence in hazelnut cultivars under drought stress. Six hazelnut cultivars ('Fertil', 'Merville', 'Ronde', 'Segorbe', 'Longue', and 'Negret') were treated with drought stress (control: watering every five days; moderate stress: withholding watering for 12 days; sever stress: withholding watering for 19 days) treatments and rewatering (after 12 and 19 days) under field conditions. The results of statistical analysis showed that severe drought stress significantly decreased maximum quantum yield of photosystem II (Fv/Fm) and leaf greenness index (SPAD) and increased electrolyte leakage of cell membrane (EL). The highest decrease of Fv/Fm were observed under severe drought stress in 'Ronde', 'Segorbe' and 'Longue' cultivars. Decline of SPAD index in 'Segorbe' was higher than other cultivars. Fluorometer is usable tool to determine hazelnut tolerant cultivars to severe drought stress.

***Keywords*:** Environmental stresses, Stress physiology, Irrigation, Electrolyte leakage, Chlorophyll.

IrHC2019