



تأثیر کمبود عناصر معدنی بر شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و سبزینگی برگ دو پایه بادام

عباس میرسلیمانی^{۱*}، حسین حیدری^۲، مهدی نجفی قیری^۳، سارا فرخ‌زاده^۴

^{۱*} و ^۲ بخش تولیدات گیاهی، دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب

^۳ بخش علوم خاک، دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب

*نویسنده مسئول: Soleiman@shirazu.ac.ir



نتایج و بحث

تأثیر نوع پایه، کمبود عناصر معدنی، و اثر آنها بر صفات F_v ، F_m ، F_0 نسبت F_v/F_m و سبزینگی برگ معنی‌دار بود (جدول ۱). در تیمار شاهد و همه تیمارها، میزان F_0 در برگ دانهال‌های بادام تلخ بالاتر از بادام کوهی بود. کمبود عناصر فسفر، پتاسیم، منیزیم و آهن باعث افزایش F_0 در برگ دانهال‌های بادام تلخ نسبت به تیمار شاهد شد. در دانهال‌های بادام کوهی برای صفت F_0 ، کمبود عناصر آهن و پتاسیم افزایش و کمبود عناصر فسفر، نیتروژن و مس کاهش را نسبت به تیمار شاهد نشان دادند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای کمبود عناصر معدنی در نوع پایه مربوط به مقدار فلورسانس بیشینه (F_m) نشان داد که میزان این صفت در برگ دانهال‌های بادام تلخ در همه تیمارها از جمله شاهد بالاتر از بادام کوهی بود. کمبود عناصر منیزیم و آهن باعث افزایش F_m برگ بادام تلخ نسبت به شاهد شد.

جدول ۱: تجزیه واریانس پارامترهای فلورسانس کلروفیل و سبزینگی برگ دو پایه بادام در تیمارهای مختلف کمبود عناصر معدنی

منابع تغییر	DF	میانگین مربعات			
		F_v/F_m	F_v	F_m	F_0
پایه	1	0.03**	513390.13**	918053.15**	48298.32**
تیمار	8	0.01*	8974.99**	14783.99**	383.19**
پایه × تیمار	8	0.01**	9332.98**	16299.21**	327.56**
خطا	54	0.002	829.96	1710.71	61.75
CV	-	5.76	6.05	7.21	7.91

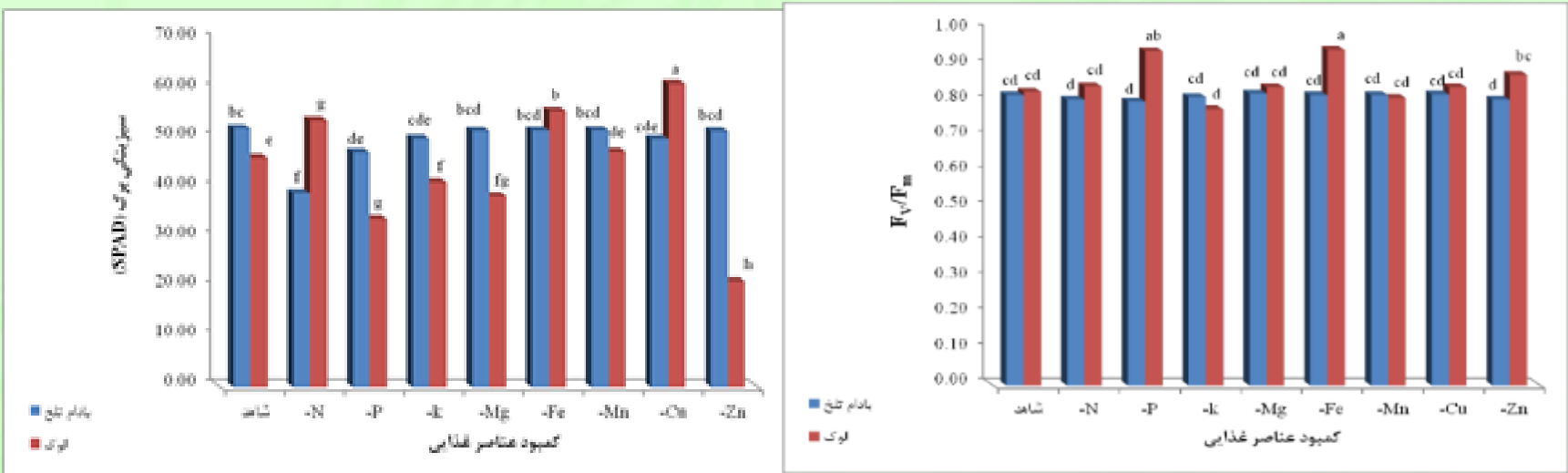
* و ** به ترتیب معنی‌دار ($\alpha=5\%$) و بسیار معنی‌دار ($\alpha=1\%$).

افزایش فلورسانس کمینه (F_0) نشان‌دهنده تخریب مرکز واکنش در فتوسیسستم ۲ و تخریب ساختار و رنگدانه‌های این فتوسیسستم در شرایط تنش یا کمبود عناصر معدنی باشد. هرگاه پذیرنده الکترون در فتوسیسستم ۲ در حالت احياء باشد عملکرد فلورسانس کلروفیل زیاد است و به همین علت مقدار فلورسانس متغیر نیز زیاد می‌باشد. اما زمانی که پذیرنده الکترون در حالت اکسیداسیون باشد مقدار فلورسانس کلروفیل پایین بوده و در این حالت مقدار فلورسانس متغیر (F_v) کاهش می‌یابد (Maxwell and Johnson, 2000). هر گونه تنش محیطی از جمله کمبود عناصر معدنی می‌تواند سبب کاهش فلورسانس متغیر شود چرا که تنش باعث ممانعت از اکسیداسیون نوری در فتوسیسستم ۲ می‌شود. از آن‌جا که فلورسانس متغیر نشان‌دهنده احيای کامل پذیرنده الکترون می‌باشد لذا می‌توان استنباط کرد که کاهش غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دانهال‌های بادام کوهی در جریان انتقال الکترون به فتوسیسستم ۲ اختلال ایجاد کرده و باعث پاسخ شده است.

جدول ۲: مقایسه میانگین اثر متقابل نوع پایه × تیمار کمبود عناصر معدنی بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل برگ دو پایه بادام

تیمار	F_0		F_m		F_v	
	بادام تلخ	بادام کوهی	بادام تلخ	بادام کوهی	بادام تلخ	بادام کوهی
شاهد	115.32 ^d	77.92 ^{fg}	658.13 ^{bc}	569.55 ^{de}	540.82 ^{cde}	471.78 ^{fg}
-N	120.29 ^{cd}	65.00 ^{hi}	628.88 ^c	404.92 ^f	508.24 ^{ef}	342.49 ^{kl}
-P	130.50 ^{abc}	54.78 ⁱ	663.25 ^{bc}	331.56 ^g	532.79 ^{de}	309.74 ^l
-K	128.59 ^{abc}	89.25 ^e	713.83 ^{ab}	548.58 ^e	583.70 ^{ab}	426.04 ^{hi}
-Mg	133.25 ^{ab}	67.88 ^{gh}	752.50 ^a	435.16 ^f	618.99 ^a	367.33 ^{jk}
-Fe	133.27 ^a	89.89 ^e	752.48 ^a	434.44 ^f	618.23 ^a	404.43 ^l
-Mn	121.45 ^{cd}	70.11 ^{fgh}	690.58 ^b	450.25 ^f	565.26 ^{bcd}	366.19 ^{jk}
-Cu	122.13 ^{bcd}	66.08 ^h	696.56 ^{ab}	455.98 ^f	574.14 ^{bc}	384.44 ^j
-Zn	122.19 ^{abcd}	79.88 ^{ef}	624.86 ^{cd}	518.08 ^e	503.25 ^{ef}	453.02 ^{gh}

میانگین‌ها با آزمون LSD مقایسه شده‌اند ($\alpha=5\%$) و تفاوت میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک معنی‌دار نیست.



شکل ۱: مقایسه میانگین نسبت فلورسانس متغیر به بیشینه (F_v/F_m) و سبزینگی برگ در تیمارهای کمبود عناصر معدنی (میانگین‌ها با آزمون

منابع

- Gharaghani A., Eshghi S., 2014. Prunus scoparia, a potentially multi-purpose wild almond species in Iran. Acta Horticulturæ, 1074: 67-72.
- Gholami M., Rahemi M., Kholdebarin, B., 2010. Effect of drought stress induced by polyethylene glycol on seed germination of four wild almond species. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 4: 785-791.
- Li CH., Sun HY., Sun J., Li XT., Du YX., Cao MJ., 2011. Difference of tolerance to low potassium in soybean varieties (lines). Journal of Shenyang Agricultural University, 42: 649-653.
- Maxwell K., Johnson G.N., 2000. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. Journal of Experimental Botany, 51: 659-668.
- Oustric J., Morillon R., Luro F., Herbertte S., Martin P., Giannettini, J., 2019. Nutrient deficiency tolerance in citrus is dependent on genotype or ploidy level. Frontiers in Plant Science, 10: 127.
- Shibli R.A., Shatnawi M.A., Ajlouni M.M., Jaradat A., Adham, Y., 1999. Slow growth *in vitro* conservation of the bitter almond (*Amygdalus communis* L.). Advances in Horticultural Sciences, 13: 133-134.
- Yamasaki T., Yamakawa T., Yamane Y., Koike H., Satoh K., Katoh S., 2002. Temperature acclimation of photosynthesis and related changes in photosystem II electron transport in winter wheat. Plant Physiology, 128: 1087-1097.

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کمبود عناصر معدنی بر شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و سبزینگی برگ دو پایه بادام در گلخانه و آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب اجرا گردید. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار به‌صورت هیدروپونیک انجام شد. دو پایه مورد استفاده شامل بادام تلخ و بادام کوهی (الوک) و تیمارهای غذایی نیز شامل شاهد (محلول غذایی نیم غلظت هوگلند)، کمبود عناصر ماکرو شامل کمبود نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و کمبود عناصر میکرو شامل کمبود آهن، منگنز، مس و روی بودند. صفات مورد مطالعه شامل F_0 (فلورسانس کمینه)، F_m (فلورسانس بیشینه)، F_v (فلورسانس متغیر) و نسبت فلورسانس متغیر به بیشینه (F_v/F_m) و سبزینگی برگ (SPAD) بود. نتایج نشان داد که اثرات اصلی نوع پایه و تیمارهای کمبود عناصر معدنی و اثرات متقابل آنها، بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در شرایط کمبود عناصر معدنی و شاهد، میزان تمام شاخص‌های مورد مطالعه به‌جز F_v/F_m ، در دانهال‌های بادام تلخ به شکل معنی‌داری بالاتر از بادام کوهی بود. در هر دو پایه کمبود پتاسیم باعث افزایش معنی‌داری F_0 نسبت به شاهد شد، در حالی که کمبود فسفر بترتیب باعث افزایش و کاهش میزان F_0 در بادام تلخ و بادام کوهی شد. همچنین در اثر کمبود منیزیم و آهن میزان F_m در دانهال‌های بادام تلخ و بادام کوهی به‌ترتیب افزایش و کاهش نشان داد. کمبود عناصر منیزیم، آهن و پتاسیم در مقایسه با شاهد، باعث افزایش F_v در بادام تلخ و کاهش معنی‌دار این صفت در بادام کوهی شد. میزان F_v/F_m در تیمارهای کمبود فسفر و آهن، در بادام کوهی در مقایسه با بادام تلخ بالاتر بود که نشان می‌دهد بادام کوهی نسبت به شرایط کمبود فسفر و آهن به لحاظ تغییر در وضعیت عملکرد کوانتومی فتوسیسستم ۲ (F_v/F_m) تحمل بالاتری دارد.

مقدمه

پایه می‌تواند بر کیفیت و کمیت میوه، زودرسی یا دیررسی آن، اندازه و قدرت رشد درخت، جذب عناصر و مقاومت به آفات و بیماری‌های خاک و همچنین مشکلات شوری، خشکی یا غرقابی خاک و در نهایت عملکرد یک باغ نقش بسزایی داشته باشد. بنابراین انتخاب یک پایه مناسب قبل از احداث یک باغ ضرورت دارد (Gholami *et al.*, 2010). ایران یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین مناطق پیدایش و تنوع گونه‌های بادام وحشی در جهان و یکی از ثروتمندترین ژرم‌پلاسماهای بادام دنیا است (Gholami *et al.*, 2010). برخلاف سایر کشورهای تولیدکننده بادام در دنیا، سیستم منظم به‌نژادی و تولید پایه متناسب با شرایط محیطی در کشور ما وجود ندارد. بنابراین، لازم است ابتدا پتانسیل گونه‌های بومی بادام در ایران مشخص گردد و سپس، بسته به نیاز، از این پتانسیل‌ها در برنامه‌های به‌نژادی و تولید پایه استفاده شود. بادام کوهی یا الوک (*Prunus scoparia* L.) یکی از گونه‌های بادام وحشی بومی ایران است که دانهال‌های این درختچه به‌عنوان پایه برای ارقام مختلف بادام استفاده می‌شود و به‌دلیل تحمل بالا نسبت به تنش‌های غیرزنده نظیر خشکی، شوری، حاصل‌خیزی کم خاک و دمای پایین زمستان به‌عنوان یک منبع مهم در برنامه‌های اصلاحی بادام مطرح است (Gharaghani and Eshghi, 2014). بادام تلخ (*Amygdalus communis* L.) به صورت وحشی در بسیاری از نقاط ایران می‌روید و می‌تواند به عنوان پایه برای برخی هسته‌دارها به ویژه بادام و هلو استفاده شود. این ژنوتیپ در نواحی مرزی و خشک رشد می‌کند و می‌توان انتظار داشت که به خشکی و شوری مقاوم باشد (Shibli *et al.*, 1999). اگرچه بخشی از انرژی نورانی جذب شده توسط مولکول کلروفیل در فرآیند فتوسنتز به مصرف می‌رسد اما بخشی از این انرژی به صورت گرما تلف شده و بخش کوچکی از آن نیز به صورت امواج فلورسانس دوباره بازتاب می‌شوند. از آنجا که هر گونه افزایش در کارایی یکی از این قسمت‌ها می‌تواند موجب کاهش عملکرد دو بخش دیگر شود می‌توان با اندازه‌گیری عملکرد طیف فلورسانس بازتاب شده اطلاعاتی راجع به تغییر در کارایی فتوشیمیایی فتوسنتز بدست آورد (Maxwell and Johnson, 2000). مؤلفه های فلورسانس کلروفیل شامل F_0 (فلورسانس کمینه)، F_m (فلورسانس بیشینه)، F_v (فلورسانس متغیر) و F_v/F_m می‌باشند که به ویژه مؤلفه آخر بیانگر بیشینه کارایی یا عملکرد کوانتومی فتوسیسستم دو در شرایط سازگار شده با تاریکی است (Maxwell and Johnson, 2000). تنش‌های محیطی از جمله تنش کمبود عناصر معدنی باعث کاهش عملکرد کوانتومی فتوسیسستم II (F_v/F_m) در شرایط سازگار شده با تاریکی در گیاهان مختلف می‌شوند. از این رو در نژادگان مختلف مقدار کاهش عملکرد کوانتومی به-عنوان معیاری از درجه تحمل به تنش مورد استفاده قرار گرفته است (Yamasaki *et al.*, 2002). بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کمبود عناصر معدنی بر شاخص‌های فلورسانس کلروفیل در دو پایه بادام انجام گرفت.

مواد و روش ها

این پژوهش به صورت اکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار (هر تکرار شامل یک گلدان و هر گلدان حاوی ۳ دانهال) به‌صورت هیدروپونیک در محیط کشت پرلیت در گلخانه تحقیقاتی و آزمایشگاه بخش تولیدات گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ انجام شد. فاکتور اول شامل دو نوع پایه بادام تلخ و بادام کوهی (الوک) و فاکتور دوم شامل ۹ تیمار شاهد (محلول غذایی نیم غلظت هوگلند دارای تمامی عناصر معدنی ماکرو و میکرو)، کمبود عناصر ماکرو شامل کمبود نیتروژن (-N)، کمبود فسفر (-P)، کمبود پتاسیم (-K)، کمبود منیزیم (-Mg) و کمبود عناصر میکرو شامل کمبود آهن (-Fe)، کمبود منگنز (-Mn)، کمبود مس (-Cu) و کمبود روی (-Zn) بود. بذره‌های سرمادیده در گلدانهای حاوی پرلیت کاشته شده و ابتدا همه گلدان‌ها به مدت سه هفته با آب مقطر آبیاری شدند، سپس به منظور استقرار ریشه‌ها، تمامی گیاهان به مدت ۱۰ روز و ۳ مرتبه با محلول غذایی هوگلند نیم غلظت (شاهد) حاوی تمامی عناصر غذایی آبیاری شدند. پس از آن اعمال تیمارها به صورت سه نوبت در هفته و در هر نوبت با افزودن ۲۰۰ میلی لیتر محلول غذایی مورد نظر به هر گلدان به مدت سه ماه انجام شد. برای اندازه‌گیری میزان فلورسانس کلروفیل، ابتدا سطح جوان‌ترین برگ توسعه‌یافته گیاهان، با قرار دادن گیره بر روی آن‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در شرایط تاریکی قرار گرفت، سپس با استفاده از دستگاه فلورومتر قابل حمل پارامترهای فلورسانس شامل F_0 ، F_m ، F_v و نسبت فلورسانس متغیر به بیشینه (F_v/F_m) یادداشت‌برداری شدند. شاخص سبزینگی برگ پس از طی دوره رشد و تیمار مورد نظر در پایان آزمایش با دستگاه کلروفیل سنج (SPAD) از برگ توسعه یافته اندازه‌گیری شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. و رسم نمودارها نیز با برنامه Excel انجام شد.