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*، ۲ و ۴] 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

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کمبود عناصر معدنی برشاخص‌های 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 معنی‌دار میزان F_0 در بادام تلخ و بادام کوهی شد. همچنین در اثر کمبود منیزیوم و آهن میزان F_m در دانهال‌های بادام تلخ و بادام کوهی به‌ترتیب به‌طور معنی‌داری افزایش و کاهش نشان داد. کمبود عناصر منیزیم، آهن و پتاسیم در مقایسه با شاهد، باعث افزایش معنی‌دار 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 به طور معنی‌داری بالاتر بود که نشان می‌دهد الوک یا بادام کوهی نسبت به شرایط کمبود فسفر و آهن به لحاظ تغییر در وضعیت عملکرد کوانتومی فتوسیستم ۲ (Fv/Fm) تحمل بالاتری دارد.

واژه‌های کلیدی: بادام تلخ، بادام کوهی، فلورسانس کلروفیل، کمبود عناصر معدنی

مقدمه

یکی از عوامل تولید موفق در درختان میوه علاوه بر توجه به مسائل گرده‌افشانی، ارقام بازارپسند، مسائل تغذیه‌ای و پرورش صحیح درخت، انتخاب و استفاده از پایه‌های مناسب است. 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 با توجه به شرایط آب و هوایی، یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین مناطق پیدایش و تنوع گونه‌های بادام وحشی در جهان و یکی از ثروتمندترین ژرم‌پلاسم‌های بادام دنیا است (Gholami *et al.*, 2010). برخلاف سایر کشورهای تولید کننده بادام در دنیا، سیستم منظم به‌نژادی و تولید پایه متناسب با شرایط محیطی در کشور ما وجود ندارد. بنابراین،

به‌نظر می‌رسد که 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 بنابراین می‌توان انتظار داشت که به خشکی و شوری مقاوم باشد (Shibli *et al.*, 1999).

امروزه اندازه‌گیری شاخص فلورسانس کلروفیل به‌عنوان یک معیار سنجش برای تعیین تأثیر تنش‌های محیطی بر گیاهان و میزان تحمل آن‌ها به تنش پیشنهاد شده است (Moffatt *et al.*, 1990). 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). مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل شامل F_0 (فلورسانس کمینه)، F_m (فلورسانس بیشینه)، Fv (فلورسانس متغیر) و F_v/F_m می‌باشند که به ویژه مولفه آخر بیانگر بیشینه کارایی یا عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو در شرایط سازگار شده با تاریکی است (Maxwell and Johnson, 2000). تنش‌های محیطی از جمله تنش کمبود عناصر معدنی باعث کاهش عملکرد کوانتومی فتوسیستم 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 به‌عنوان 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 روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل 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 ۱۳۹۷و ۱۳۹۸ انجام شد.

فاکتور اول شامل دو نوع پایه بادام تلخ (*Amygdalus communis* L.) و بادام کوهی (الوک) (*Prunus scoparia* L) 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. بذرهای 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 نیم‌غلظت (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 جوان‌ترین برگ توسعه یافته اندازه‌گیری شد.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) با کمک رویه GLM و مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. و رسم نمودارها نیز با برنامه Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر نوع پایه، تیمارهای کمبود عناصر معدنی، و اثر متقابل نوع پایه در تیمارهای کمبود عناصر معدنی بر صفات F_0، F_m، F_v، نسبت F_v/F_m و سبزینگی برگ معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای کمبود عناصر معدنی در نوع پایه مربوط به فلورسانس کمینه (F_0) نشان داد که در تیمار شاهد و همه تیمارها، میزان F_0 در برگ دانهال‌های بادام تلخ به شکل معنی‌داری بالاتر از بادام کوهی بود. کمبود عناصر فسفر، پتاسیم، منیزیم و آهن باعث افزایش معنی‌دار 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 معنی‌دار و کمبود عناصر فسفر، نیتروژن و مس کاهش معنی‌داری 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 به شکل معنی‌داری بالاتر از بادام کوهی بود. کمبود عناصر منیزیم و آهن باعث افزایش معنی‌دار F_m برگ دانهال‌های 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.

		میانگین مربعات				
منابع تغییر	درجه آزادی	F_0	F_m	F_v	F_v/F_m	سبزینگی برگ (SPAD)
نوع پایه	1	48298.32**	918053.15**	513390.13**	0.03**	470.48**
تیمار	8	383.19**	14783.99**	8974.99**	0.01*	289.92**
نوع پایه × تیمار	8	327.56**	16299.21**	9332.98**	0.01**	381.92**
خطا	54	61.75	1710.71	829.96	0.002	10.43
ضریب تغییرات	-	7.91	7.21	6.05	5.76	6.86

* و** به ترتیب معنی‌دار (α=٪۵) و بسیار معنی‌دار (α=٪۱).

طبق نتایج مشاهده شده، اگرچه کمبود دو عنصر پتاسیم و روی تأثیر معنی‌داری بر تغییرات F_m در برگ دانهال‌های بادام کوهی نداشت اما کمبود سایر عناصر باعث کاهش F_m برگ این دانهال‌ها نسبت به شاهد شد. (جدول ۲).

طبق نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای کمبود عناصر معدنی در نوع پایه مربوط به فلورسانس متغیر (F_v)، میزان این صفت در تیمار شاهد و همه تیمارهای کمبود عناصر معدنی در برگ دانهال‌های بادام تلخ در مقایسه با بادام کوهی به شکل معنی‌داری بالاتر بود. کمبود عناصر منیزیم، آهن و پتاسیم باعث افزایش معنی‌دار F_v برگ دانهال‌های

بادام تلخ نسبت به شاهد شد، اما کمبود نیتروژن، فسفر، روی، منگنز و مس در محلول غذایی تأثیر معنی‌دار بر F_v برگ بادام تلخ نسبت به تیمار شاهد نداشت. همچنین کمبود همه عناصر به جز روی باعث کاهش معنی‌دار F_v برگ دانهال‌های بادام کوهی نسبت به شاهد شد (جدول ۲).

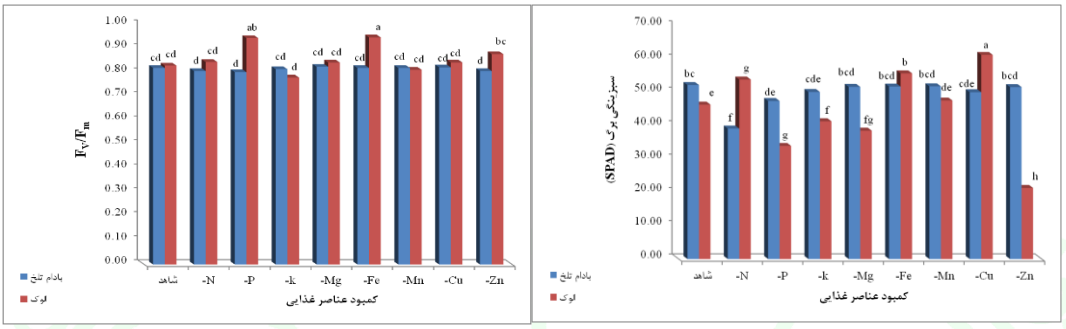
مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای کمبود عناصر معدنی در نوع پایه مربوط به مقدار نسبت فلورسانس متغیر به بیشینه نشان داد (شکل ۱) که دو نوع پایه از نظر میزان F_v/F_m در تیمار شاهد، اختلاف معنی‌داری نسبت به یکدیگر نداشتند. همچنین در دانهال‌های بادام تلخ از نظر میزان F_v/F_m اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف کمبود عناصر معدنی و شاهد مشاهده نشد. در دانهال‌های بادام کوهی، کمبود عناصر فسفر و آهن در محلول غذایی باعث افزایش معنی‌دار F_v/F_m در برگ این دانهال‌ها نسبت به شاهد شد، در صورتی که کمبود عناصر نیتروژن، پتاسیم، منیزیم، منگنز، مس و روی اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان ندادند. همچنین در تیمارهای کمبود فسفر و آهن، میزان F_v/F_m در برگ دانهال‌های بادام کوهی در مقایسه با بادام تلخ به طور معنی‌داری بالاتر بود.

مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای کمبود عناصر معدنی در نوع پایه مربوط به سبزینگی برگ نشان داد (شکل ۱) که در تیمار شاهد سبزینگی برگ دانهالهای بادام تلخ بالاتر از الوک بود. در دانهال‌های بادام تلخ کمبود عناصر نیتروژن و فسفر باعث کاهش معنی‌دار سبزینگی برگ نسبت به تیمار شاهد شد و کمبود سایر عناصر تاثیری بر این صفت نداشتند. در دانهال‌های الوک کمبود عناصر فسفر، پتاسیم، منیزیوم و روی باعث کاهش و کمبود عناصر نیتروژن، آهن و مس باعث افزایش سبزینگی برگ نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۱). افزایش فلورسانس کمینه (F_0) می‌تواند نشان‌دهنده تخریب مرکز واکنش در فتوسیستم ۲ و تخریب ساختار و رنگدانه‌های این فتوسیستم در شرایط تنش یا کمبود عناصر معدنی باشد. آسیب به زنجیره انتقال الکترون در فتوسیستم ۲ می‌تواند در اثر کاهش ظرفیت کوئینون آ (Q_A) و عدم اکسیداسیون کامل آن به‌دلیل جریان کند انتقال الکترون در طول مسیر فتوسیستم ۲ و در مجموع غیر فعال شدن فتوسیستم ۲ باشد (Maxwell and Johnson, 2000). هرگاه پذیرنده الکترون در فتوسیستم ۲ در حالت احیاء 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 فتوسیستم ۲ می‌شود. از آن‌جا که فلورسانس متغیر نشان‌دهنده احیای 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 فتوسیستم 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^{ij}
-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 (α=٪۵) 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 LSD مقایسه شده‌اند (α=٪۵) و تفاوت میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک معنی‌دار نیست).

البته تفاوت روند تغییرات فلورسانس کمینه، بیشینه و متغیر در پاسخ به کمبود عناصر معدنی بین دو ژنوتیپ نشان‌دهنده تفاوت کارکرد مراکز واکنش نوری در کلروپلاست برگ آن‌ها است و همین روند باعث شده تا تغییرات نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس بیشینه نیز تفاوت معنی‌داری نشان ندهند. نسبت F_v/F_m اصلی‌ترین شاخص برای بررسی آسیب به فتوسیستم ۲ می‌باشد (Li *et al.*, 2011)، اما در این تحقیق با توجه به روند تقریباً مشابه تغییرات دو شاخص F_v و F_m در برگ هر دو پایه، اختلاف معنی‌داری بین پایه‌ها و تیمارها از لحاظ این صفت مشاهده نشد. در پژوهشی مقایسه پایه‌های حساس و متحمل مرکبات به شرایط کمبود عناصر معدنی نیز نشان داد که در پایه‌های مقاوم و تاحدودی متحمل نسبت F_v/F_m بالاتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس وجود دارد که نشان می‌دهد در ژنوتیپ‌های متحمل کمبود عناصر معدنی اختلال کمتری در فرآیند فتوسنتزی این پایه‌ها ایجاد کرده‌اند (Oustric *et al.*, 2019). نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص‌های فلورسانس کلروفیل برگ دانهال‌های بادام تلخ و بادام کوهی تحت تاثیر تنش کمبود عناصر معدنی قرار گرفتند. میزان تمام شاخص‌های مورد مطالعه به‌جز F_v/F_m، در دانهال‌های بادام تلخ به شکل معنی‌داری بالاتر از بادام کوهی بود. از نظر میزان F_0، کمبود پتاسیم در هر دو پایه افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد، در حالی که کمبود فسفر به‌ترتیب باعث افزایش و کاهش معنی‌دار میزان F_0 نسبت به شاهد در بادام تلخ و بادام کوهی شد. همچنین میزان F_m در اثر کمبود عناصر منیزیم و آهن نسبت به شاهد در دانهال‌های بادام تلخ و بادام کوهی به‌ترتیب به‌طور معنی‌داری افزایش و کاهش پیدا کرد. کمبود عناصر منیزیم، آهن و پتاسیم در مقایسه با شاهد، باعث افزایش معنی‌دار 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 به طور معنی‌داری بالاتر بود که نشان می‌دهد الوک یا بادام کوهی نسبت به شرایط کمبود فسفر و آهن به لحاظ تغییر در وضعیت عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) تحمل بالاتری دارد.

منابع

Gharaghani, A., Eshghi, S., 2014. Prunus scoparia, a potentially multi-purpose wild almond species in Iran. Acta Horticulturae, 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, C.H., Sun, H.Y., Sun, J., Li, X.T., Du, Y.X., Cao, M.J., 2011. Difference of tolerance to low potassium in soybean varieties (lines). Journal of Shenyang Agricultrual University, 42: 649–653.

Maxwell, K., Johnson, G.N., 2000. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. Journal of Experimental Botany, 51: 659-668.

Moffatt, J., Sears, M.R.G., Paulsen, G., 1990. Wheat height temperature tolerance during reproductive growth. Evaluation by chlorophyll fluorescence. Crop Science, 112: 881-885.

Oustric, J., Morillon, R., Luro, F., Herbette, 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. Temprature acclimation of photosynthesis and related changes in photosystem II electron transport in winter wheat. Plant Physiology. 128: 1087-1097.

The effect of mineral nutrient deficiency on chlorophyll fluorescence indices and leaf greenness of two almond rootstocks

Abbas Mirsoleimani[1*], Hossein Heidary[2], Mahdi Najafi-Ghiri[2], Sara Farokhzadeh[4]
[1*, 2, 4] Department of plant production, Shiraz university, College of agriculture and natural resources of Darab, Darab, Iran.
[3] Department of soil science, Shiraz university, College of agriculture and natural resources of Darab, Darab, Iran.
[*]*Corresponding Author: Soleiman@shirazu.ac.ir*

Abstract

This study was carried out to investigate the effect of mineral nutrient deficiency on chlorophyll fluorescence indices and leaf greenness of two almond rootstocks in the greenhouse and research laboratory of College of Agriculture and Natural Resources of Darab. This study was performed as a factorial experiment based on a completely randomized design with four replications hydroponically. The two rootstocks used include bitter almond and Alook and treatments also included control (Half strength Hoagland solution), macronutrient deficiency including -N, -P, -K, -Mg and microelement deficiency including -Fe, -Mn, -Zn and -Cu. The studied traits included F_0 (minimum fluorescence), F_m (maximum fluorescence), F_v (variable fluorescence) and variable to maximum fluorescence ratio (F_v/F_m) and leaf greenness (SPAD). The results showed that the main effects of rootstock type and nutrient deficiency treatments and their interactions were significant on all studied traits. The results of mean comparison showed that in the control and nutrient deficiency conditions, the amount of all studied indices except F_v/F_m in bitter almond seedlings was significantly higher than Alook. In both rootstocks, K deficiency increased F_0 significantly compared to the control, while P deficiency significantly increased and decreased F_0 in bitter almonds and Alook, respectively. Also, due to the lack of Mg and Fe, the amount of F_m in bitter almond and Alook seedlings increased and decreased significantly, respectively. Deficiency of Mg, Fe and K in comparison with the control caused a significant increase in F_v in bitter almonds and a significant decrease in this trait in Alook. The amount of F_v/F_m in P and Fe deficiency treatments was significantly higher in Alook compared to bitter almond, which indicates that Alook in relation to P and Fe deficiency conditions in terms of changes in the quantum performance of the photosystem II (F_v/F_m) has a higher tolerance.

***Keywords*:** Bitter Almond, Chlorophyll fluorescence, Mineral deficiency, *Prunus scoparia* L.