

## اثرات سمیت بور بر رشد رویشی، خصوصیات فیزیولوژیکی و توزیع بور در دو ترکیب پایه - پیوندک درخت بادام (*Prunus dulcis* Mill.)

مهدی اورعی<sup>۱\*</sup> - سید جلال طباطبایی<sup>۲</sup> - اسماعیل فلاحی<sup>۳</sup> - علی ایمانی<sup>۴</sup> - لیلیا سید لر فاطمی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۷

### چکیده

سمیت بور یک عارضه مهم است که می تواند رشد گیاهان را در محیط های خشک و نیمه خشک محدود نماید. استفاده از پایه های متحمل که مانع از جذب یا انتقال بور به قسمت های هوایی گیاهان می شوند، سمیت بور در پیوندک را کاهش داده و به تبع آن تحمل مقادیر بیش از حد بور در منطقه ریشه افزایش می یابد. بدین منظور، جهت ارزیابی اثرات سمیت بور بر رشد رویشی، خصوصیات فیزیولوژیکی و توزیع بور درخت بادام رقم فراگنس، آزمایشی با سه سطح بور (۲۰، ۱۰، ۰/۲۵ mg/L) از اسید بوریک و دو پایه بادام (GF<sub>677</sub>، Tuono) به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در محیط کنترل شده به اجرا درآمد. نتایج نشان داد که سمیت بور اثرات معنی داری بر رشد رویشی، خصوصیات فیزیولوژیکی و توزیع بور در درخت بادام داشت. با افزایش سطوح بور در محلول غذایی، صفات رویشی شامل درصد تولید برگ و رشد طولی شاخه اصلی به صورت معنی داری کاهش یافت. هر چند، ترکیب Fr/Tuono نسبت به Fr/GF<sub>677</sub> کمتر تحت تأثیر قرار گرفت. همچنین، خصوصیات فیزیولوژیکی نظیر درصد نشت الکترولیت، محتوای پرولین و درصد نکرروز برگ به صورت معنی داری در هر دو ترکیب پایه - پیوندک افزایش یافت. بر اساس نتایج حاصله، پایه GF<sub>677</sub> به دلیل عدم کاهش جذب و یا انتقال مقادیر بیش از حد بور از سیستم ریشه به قسمت های هوایی پیوندک، حساسیت بالایی به سمیت بور داشته، در حالی که پایه Tuono از طریق مکانیسم توزیع ترجیحی بور در ریشه ها، مانع افزایش تجمع بور در برگ های جوان و بافت مریستمی شده و تا حدودی این اندام های حساس را در مقابل صدمات ناشی از سمیت بور حفظ کرده است. در نهایت، به نظر می رسد که در شرایط مقادیر بیش از حد بور پایه Tuono تحمل بالاتری نسبت به پایه GF<sub>677</sub> دارد.

واژه های کلیدی: بادام، ترکیبات پایه - پیوندک، توزیع بور، رشد، سمیت بور

### مقدمه

بیش از حد آن در محیط رشد، مسمومیت گیاه را در پی خواهد داشت (۱۱). بر اساس تحقیقات صورت گرفته، کاهش رشد رویشی و عملکرد در شرایط سمیت بور در بسیاری از گیاهان به اثبات رسیده است (۱۲). از کل منابع موجود، آب آبیاری مهم ترین عامل افزایش سطوح بور در خاک بوده و در اکثر موارد غلظت های بالایی از آن در خاک های شور و آب چاه های شور دیده می شود (۱۶). علاوه بر این، زهکشی ضعیف خاک های شور می تواند سبب تجمع مقادیر بیش از حد بور در محلول خاک شود (۱۱). در مناطق شور، کم آب و خشک کشور نظیر استان های کرمان، یزد، قم و نیز جنوب فارس و خراسان که با مشکل شوری مواجه می باشند، مقدار بور در محلول خاک بسیار بالا بوده و در آب های این مناطق نیز به وفور یافت می شود. به دلیل وجود بور در آب آبیاری، غلظت بور در برگ های مرکبات چهارم و جیرفت گاهی تا ۳۰۰ mg/kg Dwt و در برگ های پسته مناطق رفسنجان و اردکان تا ۸۰۰ mg/kg Dwt افزایش یافته

بادام (*Prunus dulcis* [Mill.] D. A. Weeb) یکی از قدیمی ترین محصولات خشکباری بوده، که امروزه بیشترین تولید میوه خشکبار تجاری را به خود اختصاص داده است (۲). زیستگاه اصلی بادام منطقه خاورمیانه (ایران) محسوب می شود (۳). هر چند که بور یک عنصر کم مصرف ضروری محسوب می شود، ولی مقادیر

۱- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران

\*- نویسنده مسئول: (Email: Moraei@yahoo.com)

۲- استاد و دانش آموخته دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳- استاد گروه گیاه، خاک و حشره شناسی، دانشگاه آیداهو، آمریکا

۴- عضو هیئت علمی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، ایران

سه سطح بور (۲۰، ۱۰، ۰/۲۵) و دو پایه بادام (جی اف-۶۷۷، تووانو) با چهار تکرار اجرا شد. شش ماه پس از رشد نهال ها، تیمارهای آزمایشی همراه با محلول غذایی هوکلند تغییر یافته به مدت سه ماه اعمال گردید (۱۳). به منظور کاهش خطای انسانی، محلول دهی به صورت تمام خودکار و با استفاده از پمپ های زیرآبی و زمان سنج دیجیتالی دو مرتبه در روز و هر بار به مدت دو دقیقه انجام شد. pH محلول ها در طول مدت آزمایش در محدوده ۶/۵ تنظیم شد. میزان محلول دهی طوری تنظیم شد که مقداری از محلول از ته گلدان ها خارج گردد. همچنین، هفته ای یک مرتبه شستشوی کامل محیط ریشه گیاهان با آب معمولی انجام شد تا تغییرات EC و pH بستر کاشت در اثر انجام آبشویی به حداقل ممکن برسد. در ابتدای آزمایش تعداد کل برگ های موجود در هر گیاه به طور جداگانه شمارش و طول شاخه اصلی نیز اندازه گیری شد. در پایان آزمایش مجدداً تعداد کل برگ های موجود شمارش و طول شاخه اصلی اندازه گیری شد. برای محاسبه درصد تولید برگ<sup>۵</sup> و درصد رشد طولی شاخه اصلی<sup>۶</sup> از روابط زیر استفاده شد (۱۰).

$$\text{تعداد اولیه برگ ها} - \text{تعداد نهایی برگ ها} = \text{تولید برگ (\%)} \times 100$$

$$\text{طول اولیه شاخه اصلی} - \text{طول نهایی شاخه اصلی} = \text{رشد طولی شاخه اصلی (\%)} \times 100$$

جهت اندازه گیری درصد نشت الکترولیت برگ<sup>۷</sup>، از روش لوتس و همکاران (۱۵)، استفاده شد درصد نشت الکترولیت برگ از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{هدایت الکتریکی اولیه} - \text{هدایت الکتریکی ثانویه} = \text{نشت الکترولیت برگ (\%)} \times 100$$

سطح برگ نکرور نیز با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج (Li-Cor, Model Li-1300, USA) اندازه گیری شد. محتوای پرولین برگ بادام به روش نین هیدرین بیس و همکاران (۷) اندازه گیری شد. غلظت بور ریشه، برگ های پیر، برگ های جوان و شاخه ها با استفاده از روش رنگ سنجی آزومتین-اچ<sup>۸</sup> اندازه گیری شد (۲۴). داده های حاصل از اندازه گیری های فوق توسط نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۰۱ مورد تجزیه آماری قرار گرفته و مقایسه میانگین تیمارها هم با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی دار<sup>۹</sup> و در سطح احتمال ۱

است (۴). غلظت های بدون ضرر بور در آب آبیاری حدود ۰/۳ mg/L برای گیاهان حساس (آوکادو، سیب، لوبیا)، ۱-۲ mg/L برای گیاهان نیمه حساس (یولاف، ذرت، سیب زمینی) و ۲-۴ mg/L برای گیاهان مقاوم به سمیت بور (هویج، یونجه، چغندر قند) ذکر شده است (۱۶). بادام در ردیف درختان میوه حساس به سمیت بور (آستانه تحمل ۰/۵-۰/۷۵ mg/L) بور در محلول خاک بدون کاهش رشد رویشی یا عملکرد محصول) قرار می گیرد (۶). اصلاح خاک های غنی از بور بسیار مشکل بوده و پایه ها می توانند تحمل پیوندک را نسبت به سمیت بور افزایش دهند (۲۱). با استفاده از پایه هایی که قابلیت کاهش جذب یا انتقال بور را دارند، می توان عملکرد درخت را تحت شرایط مقادیر بالای بور در خاک حفظ نمود. پایه های بادام در مقایسه با هلو، تحمل بالاتری نسبت به مقادیر بیش از حد بور در خاک دارند. همچنین تحمل پایه های دورگ هلو- بادام، حد واسطه پایه های بادام و هلو می باشد (۳). بنا براین، هدف از انجام این تحقیق ارزیابی تأثیر سمیت بور بر خصوصیات رویشی و فیزیولوژیکی بادام و نیز بررسی ارتباط بین توزیع بور در ترکیبات پایه- پیوندک با مکانیسم تحمل سمیت بور بوده است.

## مواد و روش ها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی آبکشت دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. بادام رقم فراگنس<sup>۱</sup> (Fr) روی پایه های یکساله شامل پایه رویشی دورگ بین گونه ای هلو- بادام به نام جی اف-۶۷۷<sup>۲</sup> (Fr/GF<sub>677</sub>) و پایه بذری بادام رقم تووانو<sup>۳</sup> (Fr/Tuono) با روش پیوند جوانه سپری (T شکل) در شهریور ماه پیوند زده شدند. لازم به ذکر است که پایه بذری بادام رقم تووانو از تلاقی بادام خودبارور رقم تووانو با بادام خودبارور رقم ژنکو<sup>۴</sup> تحت شرایط گرده افشانی کنترل شده، حاصل شده و این پایه ها در مقایسه با پایه های حاصل از گرده افشانی آزاد، از یکنواختی ژنتیکی بیشتری برخوردار هستند. نهال ها پس از پیوند و تأمین نیاز سرمایی، در مرحله رکود و به صورت ریشه لخت در اسفندماه به گلخانه منتقل شدند. پس از ضدعفونی و هرس ریشه ها، نهال ها به طور جداگانه در بستری از پرلیت و ورمیکولایت به نسبت حجمی (۷/۷) (۱:۱) در گلدان های پلاستیکی ۱۴ لیتری سیاه رنگ در محیط کنترل شده و تحت شرایط نور طبیعی کاشته شدند. بعد از رشد پیوندک ها، نهال هایی که از لحاظ اندازه دارای یکنواختی بیشتری بودند، برای آزمایش انتخاب شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با

5- Leaf production percentage

6- Main shoot elongation percentage

7- Leaf electrolyte leakage percentage

8- Colorimetric method (Azomethine-H method)

9- Least significant difference (LSD)

1- Ferragness

2- GF<sub>677</sub> (Inter-specific hybrid clonal rootstock)

3- Tuono (Seedling rootstock)

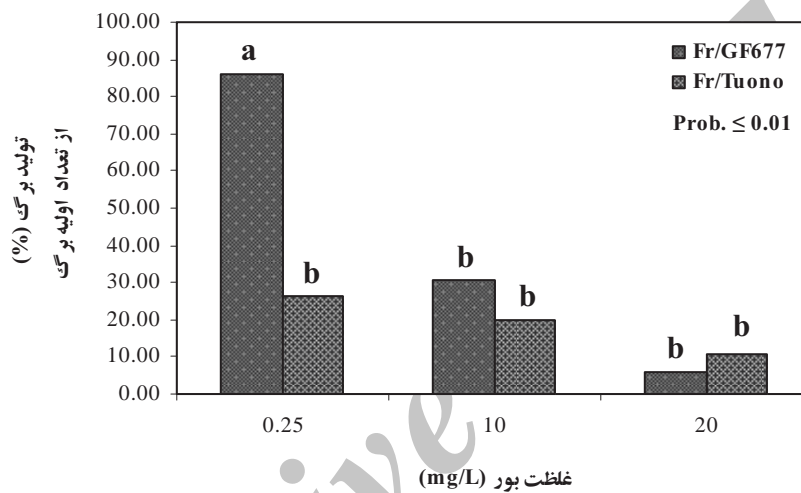
4- Genco

درصد انجام شد. نمودارها نیز با استفاده از برنامه Excel ترسیم شدند.

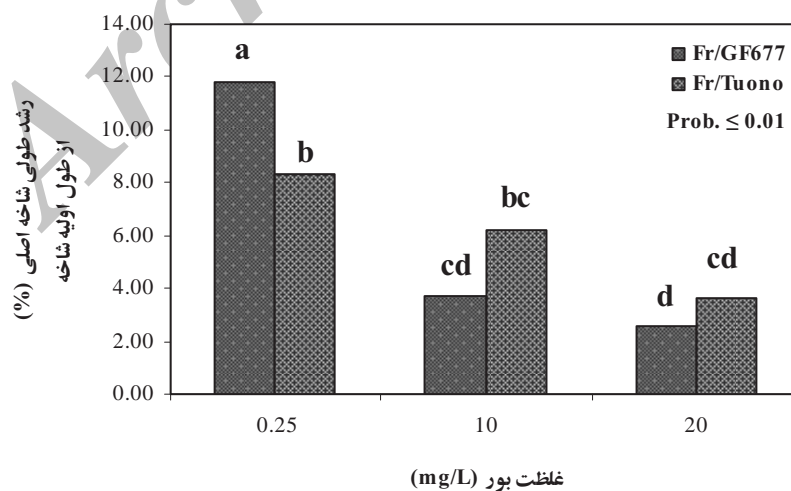
## نتایج و بحث

سمیت بور از طریق کاهش درصد تولید برگ و نیز درصد رشد طولی شاخه اصلی، باعث کاهش رشد رویشی در ترکیبات پایه- پیوندک بادام شده است (شکل‌های ۱ و ۲). هر چند  $Fr/GF_{677}$ ، با شدت بیشتری تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش درصد تولید برگ در این ترکیب معنی دار بوده است. کاهش تعداد برگ‌های بادام در اثر سمیت بور، می‌تواند ناشی از کاهش تولید برگ‌های جدید و نیز ریزش برگ‌ها باشد. در پایه‌های گیلاس CAB-6P و Gisela-5، سمیت

بور باعث کاهش تعداد و وزن تر برگ و نیز طول و وزن تر شاخه در سطح  $2 \text{ mg/L}$  بور شده است (۲۱). همچنین، غلظت بالای بور در سطح  $10 \text{ mg/L}$ ، موجب کاهش سرعت رشد شاخه اصلی، طول شاخه‌های جانبی و تعداد برگ‌های جدید در ترکیبات مختلف پایه- پیوندک زیتون شده است (۱۰). سمیت بور در انگور نیز باعث کاهش معنی دار رشد برگ شده است (۱۲). حساسیت به سمیت بور، ظاهراً مربوط به ایجاد اختلال در برخی فرآیندهای متابولیکی نظیر کاهش توسعه مناطق مرستمی بوده که باعث کاهش تولید برگ و رشد شاخه در گیاهان شده است (۲۲).



شکل ۱- اثر غلظت بور بر درصد تولید برگ ترکیبات پایه- پیوندک بادام



شکل ۲- اثر غلظت بور بر درصد رشد طولی شاخه اصلی ترکیبات پایه- پیوندک بادام

اثرات منفی بر روی رشد خواهد گذاشت (۱۹).

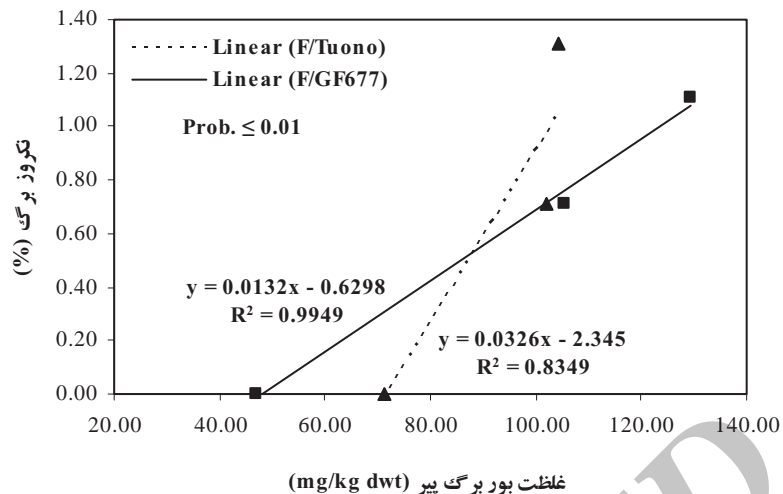
سمیت بور باعث افزایش معنی دار درصد نشت الکترولیت برگ در هر دو ترکیب پایه- پیوندک بادام شده است (شکل ۴). هر چند در ترکیب Fr/GF<sub>677</sub> فقط تا سطح ۱۰ mg/L بور، افزایش معنی دار مشاهده شده است. دلیل ارتباط مثبت بین درصد نشت الکترولیت با تجمع بور، این است که بور به طور مستقیم باعث آسیب سلولی و نکرز می‌گردد (۵). افزایش درصد نشت الکترولیت برگ در اثر سمیت بور، احتمالاً می‌تواند ناشی از آسیب غشاء سلول‌های برگ باشد. در گوجه فرنگی، درصد نشت الکترولیت برگ گیاهانی که در شرایط غلظت‌های بالای بور رشد کرده بودند، تغییر معنی داری نسبت به شاهد نداشته است (۱۴). در کیوی، افزودن کلسیم تا حدودی باعث حفاظت گیاهان در مقابل اثرات زیان بخش مقادیر بیش از حد بور شده و اثرات سودمند کلسیم متناسب با نقش آن در حفظ ثبات و یکپارچگی غشاء سلول بوده است (۲۰).

افزایش غلظت بور در محلول غذایی تا سطح ۱۰ mg/L، باعث افزایش معنی دار محتوای پرولین ترکیبات پایه- پیوندک بادام شده و در غلظت بالاتر، تغییر معنی داری نداشته است (شکل ۵). در گوجه فرنگی و فلفل، تجمع پرولین در بالاترین سطح بور (۵۰ mg/kg)، به صورت معنی داری در مقایسه با شاهد افزایش یافته است (۱۱). با افزایش غلظت بور، غلظت پرولین در انگور با توجه به سطوح مختلف بور، کاهش معنی داری داشته است. گیاهان در شرایط تنش علاوه بر آنتی اکسیدان‌ها، مواد محلول سازگاری نظیر پرولین را نیز تولید نموده که در سیتوزول تجمع یافته و در اصل به عنوان یکی از عوامل اسمزی عمل می‌کنند. به نظر می‌رسد که پرولین علاوه بر تنظیم اسمزی، از طریق بیگانه خواری<sup>۲</sup> انواع اکسیژن فعال، در تثبیت موقعیت طبیعی ماکرو مولکول‌ها نقش موثری دارد (۱۲).

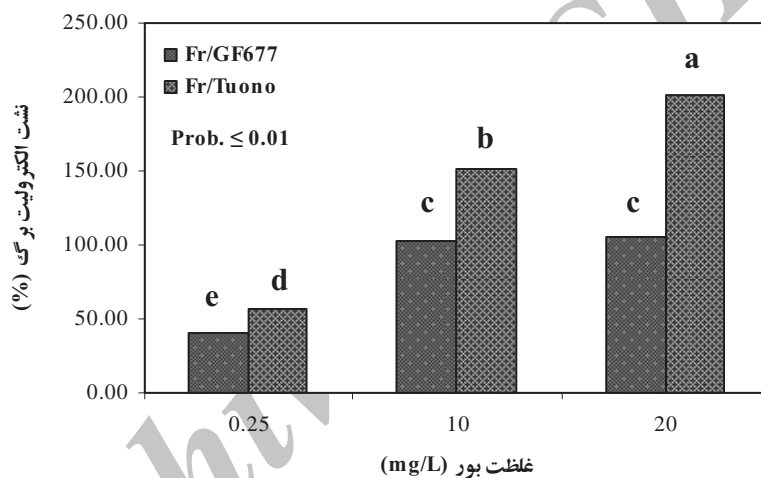
شکل‌های ۶ و ۷، نسبت توزیع بور در اندام‌های مختلف ترکیبات پایه- پیوندک بادام را به طور جداگانه نشان می‌دهند. این شکل‌ها به وضوح نشان می‌دهند که با افزایش غلظت بور در محلول غذایی، تجمع بور در سرشاخه‌ها و برگ‌های جوان ترکیبات پایه- پیوندک بادام، بیشتر شده است. به عبارت دیگر، در شرایط سمیت بور، بیشترین غلظت بور به ترتیب در سرشاخه‌ها و برگ‌های جوان بادام وجود دارد. بنابراین، سرشاخه‌ها به علت تجمع بالاتر بور در آنها در مقایسه با اندام‌های دیگر نظیر برگ‌های جوان، به عنوان شاخص دقیق تری جهت تشخیص سمیت بور در بادام پیشنهاد می‌شود. همچنین، مقایسه نسبت توزیع بور در اندام‌های مختلف ترکیبات پایه- پیوندک بادام نشان می‌دهند که در غلظت‌های بسیار زیاد بور (۲۰ mg/L)، در ترکیب Fr/GF<sub>677</sub>، بیشترین تجمع بور در سرشاخه‌ها و برگ‌های جوان بوده و در ترکیب Fr/Tuono، تجمع بور در ریشه‌ها تا حدودی از میزان تجمع بور در برگ‌های جوان کاسته و این می‌تواند به عنوان مکانیسم تحمل داخلی سمیت بور در پایه Tuono مطرح باشد.

به نظر می‌رسد که بور به صورت محلول، نقش مهمی را در بروز سمیت بور ایفا می‌کند. مقادیر بیش از حد بور در محیط، باعث ورود بور به شکل اسید بوریک به داخل سلول شده و در آنجا به دلیل pH بالاتر، تا حدودی به آنیون بورات تبدیل شده و به احتمال زیاد با انواع مختلفی از لیگاندهای معروف در داخل سیتوپلاسم تشکیل کمپلکس می‌دهد. قدرت اتصال بور به اندازه ای است که می‌تواند به کوآنزیم‌های نوکلئوتیدی پیریدینی (NAD<sup>+</sup>، ATP، RNA و قندهای متعدد متصل گردد. حتی تغییرات ساختاری ناچیز در اثر اتصال بور به این ملکول‌ها، باعث عدم کارایی و ایجاد اختلال در فعالیت‌های آنزیمی شده و اختلالات متابولیکی را به همراه خواهد داشت (۲۳).

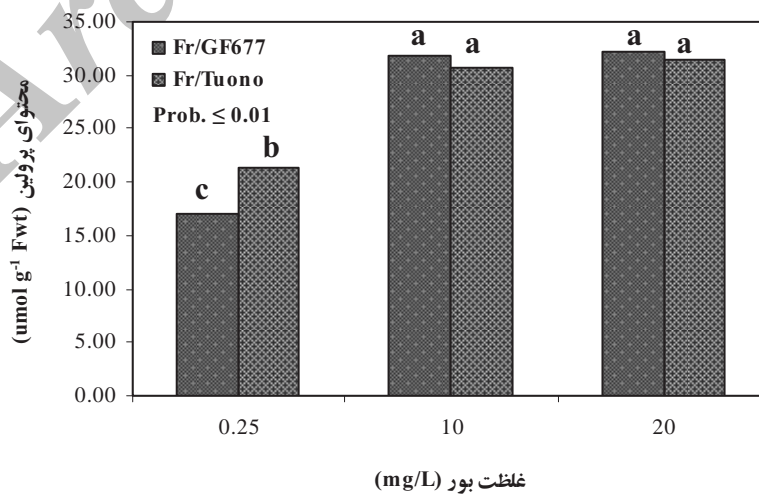
بین غلظت بور برگ و درصد نکرز برگ ترکیبات پایه- پیوندک بادام همبستگی مثبت بالایی وجود دارد (شکل ۳). اگر چه، این همبستگی در ترکیب Fr/GF<sub>677</sub> بیشتر بوده است. علائم ظاهری سمیت<sup>۱</sup> بور در بادام به شکل لکه‌های کلروز و نکرز بین رگبرگی، چین خوردگی لبه‌ها، تاخوردگی به سمت داخل و فنجان شدن برگ‌های جوان و ایجاد لکه‌های نکرز واقع در قسمت انتهایی و قاعده شاخه‌های اصلی و فرعی و پارگی پوست ناشی از ترشح صمغ از نقاط نکرز بوده است. با گذشت زمان علائمی همچون نقاط نکرز در طول رگبرگ اصلی واقع در پشت برگ، شروع ریزش شدید برگ‌ها از بالا به طرف پایین شاخه، نکرزگی و خشکیدگی سر شاخه‌های اصلی و فرعی و گسترش آن به سمت پایین و در نهایت گسترش لکه‌های نکرز و ترشح صمغ در تمام طول شاخه و در قسمت‌هایی از تنه ظاهر گردیده است (۱). در انگور، تجمع بور در برگ‌ها با علائم سمیت بور ارتباط نزدیکی داشته و شامل کلروز و نکرز حاشیه برگ، کاهش اندازه برگ و کاهش فاصله بین میانگره‌ها بوده است. تجمع بور در برگ‌های انگور در اثر افزایش غلظت بور در محلول آبیاری و با گذشت زمان و افزایش سن برگ‌ها، به صورت خطی افزایش پیدا کرده است (۲۵). علائم سمیت بور در برگ‌های بالغ زیتون به صورت کلروز از حاشیه برگ‌ها شروع و به سمت شاخه گسترش یافته و نکرز عمده‌تاً در یک سوم انتهایی سطح شاخه ظاهر شده است. تجمع بور در رقم Manzanillo در مقایسه با Picual، پس از ۱۰۹ روز از شروع آزمایش، بیشتر بوده و رقم Picual، تحمل بیشتری نسبت به مقادیر بالای بور موجود در آب آبیاری نسبت به رقم Manzanillo، از خود نشان داده، که به نظر می‌رسد مربوط به تجمع کمتر بور در برگ‌های آن باشد (۸). تعیین این که کدام فرآیند علت اصلی کاهش رشد گیاه در شرایط سمیت بور می‌باشد، مشکل است. حتی اگر فتوسنتز به خودی خود به صورت جدی تحت تأثیر قرار نگیرد، افت سطح برگ ناشی از کاهش توسعه مناطق مرستمی همراه با نکرز بافت‌های بالغ می‌تواند علت کاهش چشمگیر ظرفیت فتوسنتز بوده و



شکل ۳- ارتباط بین غلظت بور برگ و درصد نکرور برگ ترکیبات پایه- پیوندک بادام



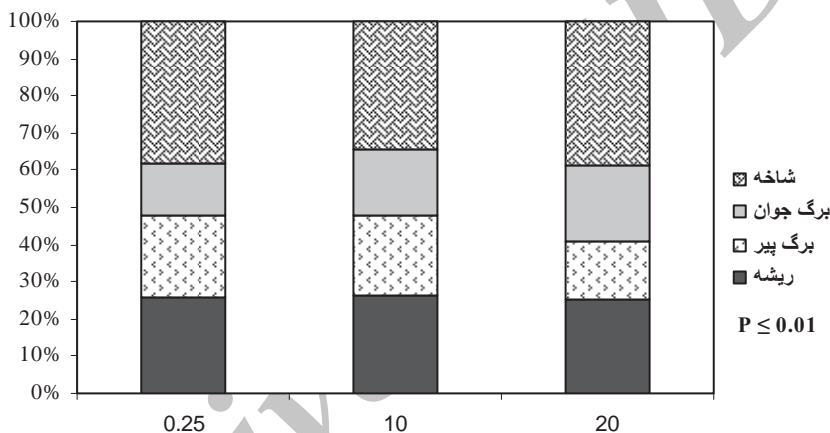
شکل ۴- اثر غلظت بور بر درصد نشت الکتروولیت برگ ترکیبات پایه- پیوندک بادام



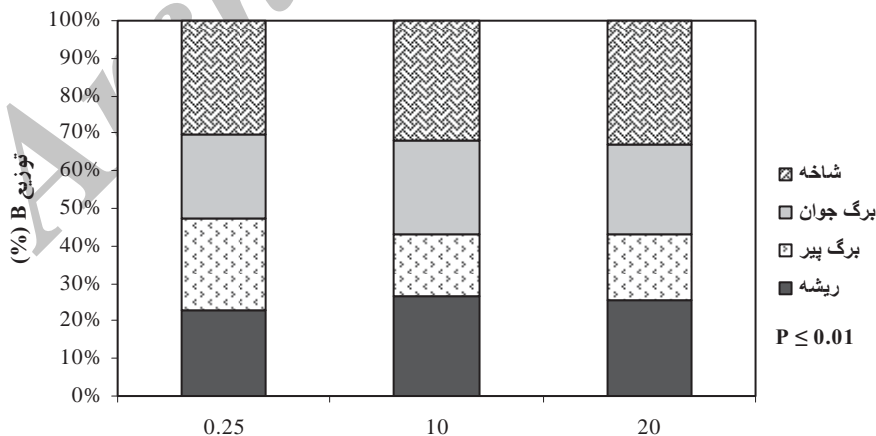
شکل ۵- اثر غلظت بور بر محتوای پرولین برگ ترکیبات پایه- پیوندک بادام

پایه مورد استفاده قرار گیرد (۱۰). همچنین، نتایج حاصل گویای آن است که عنصر بور در درخت بادام قابلیت تحرک بالایی داشته، چرا که با افزایش سطوح بور در محلول غذایی، بیشترین غلظت آن در سرشاخه ها و برگ‌های جوان مشاهده است. این یافته با نتایج مطالعات محققانی نظیر براون و هو (۹)، کاملاً مطابقت دارد. بور در میان عناصر ضروری منحصر به فرد می‌باشد، چرا که در برخی گونه‌ها تحرک محدودی داشته و در گونه‌های دیگر آزادانه حرکت می‌کند. بور در گونه‌هایی که در برگ‌هایشان مقادیر قابل ملاحظه‌ای از پلی اول‌ها مانند سوربیتول، مانیتول و دالسیتول<sup>۱</sup> تولید نموده و در نتیجه تشکیل کمپلکس بور- پلی اول می‌دهند، به راحتی جابجا می‌شود.

این پایه به دلیل داشتن این قابلیت، مانع از افزایش غلظت بور در اندام‌های حساسی نظیر برگ‌های جوان و مناطق مریستمی شده است. بنابراین حتی در شرایط سمیت بور، پیوندک تا حدودی قادر به انجام فتوسنتز و تولید برگ بوده است. در زیتون رقم Kalamon، غلظت بور برگ‌ها در سطح پایینی بوده و در مقابل، در ساقه‌ها و چوب بالاتر بوده است. این مشاهدات همراه با فقدان علائم سمیت بور، نشان دهنده آن است که این رقم هم توانایی ایجاد محدودیت در انتقال بور به برگ‌ها را دارد و هم می‌تواند میزان آن را محدود نماید در این تحقیق، غلظت بور در برگ‌های زیتون وحشی نیز در حد پایینی بوده و در مقابل، بیشترین غلظت بور در ریشه و چوب آن دیده شده است. قابلیت پایین نگه داشتن سطوح بور در قسمت‌های هوایی باعث شده که در شرایط سمیت بور، زیتون وحشی اغلب به عنوان



شکل ۶- نسبت توزیع بور در ترکیب پایه - پیوندک Fr/GF<sub>677</sub>



غلظت B (mg/L)

شکل ۷- نسبت توزیع بور در ترکیب پایه - پیوندک Fr/Tuono

1- Polyols (Sorbitol, Mannitol and Dulcitol)



بالتر بور در آنها در مقایسه با اندام‌های دیگر نظیر برگ‌های جوان، به عنوان شاخص دقیق تری جهت تشخیص سمیت بور در درخت بادام پیشنهاد می‌شود. به دلیل آن که بادام جزو درختان میوه حساس به سمیت بور قرار می‌گیرد، بنابراین ضرورت استفاده از پایه‌های نسبتاً متحمل به سمیت بور محسوس می‌باشد. بر اساس نتایج به دست آمده، پایه GF<sub>677</sub>، به دلیل فقدان مکانیسمی که مانع از جذب و یا انتقال مقادیر بالای بور به قسمت‌های هوایی شود، حساسیت بالایی به سمیت بور داشته، در حالی که پایه Tuono از طریق مکانیسم توزیع ترجیحی<sup>۷</sup> بور در ریشه‌ها، مانع افزایش غلظت بور در برگ‌های جوان و بافت‌های مریستمی شده و تا حدودی این اندام‌های حساس را در مقابل صدمات ناشی از سمیت بور حفظ کرده است. با توجه به نتایج این آزمایش، به نظر می‌رسد که در شرایط سمیت بور پایه Tuono تحمل بالاتری نسبت به پایه GF<sub>677</sub> دارد.

چنین گونه‌هایی متعلق به تیره‌های روزاسه<sup>۱</sup> (هلو، بادام، گلابی)، اپیاسه<sup>۲</sup> (هویج، کرفس)، روبیاسه<sup>۳</sup> (قهوه) و اولئاسه<sup>۴</sup> (زیتون) می‌باشند. این گونه‌ها چنانچه در مقادیر بیش از حد بور رشد نمایند، بور را نه در برگ‌های خود، بلکه عمدتاً در ساقه‌هایشان (مکان‌هایی که علائم ظاهری سمیت مشاهده می‌شود) انباشته می‌کنند. در مقابل، گونه‌هایی که بور در آنها متحرک محدودی دارد، تجمع بور در بافت‌های برگ (عمدتاً در حواشی برگ‌ها) مشاهده می‌شود (۱۷). در جنس‌هایی نظیر پرونوس، پیروس و مالوس<sup>۵</sup> که بور در آوند آبکش آنها متحرک می‌باشد، بور به جای تجمع در انتهای مسیر تعرق (برگ‌های پیر) در مناطق در حال رشد گیاه (برگ‌های جوان و سرشاخه‌ها) تجمع می‌یابد (۱۶). هنگامی که بادام، هلو یا آلو در معرض سطوح بالایی از بور در محیط ریشه قرار گرفتند، مکان‌های عمده تجمع بور در میوه، شاخه‌های جوان و قسمت‌های انتهایی شاخساره بوده است. در صورتی که، اولین علائم سمیت بور در شاخه‌های جوان و میوه‌ها مشاهده شد. تحرک بالای بور در این جنس‌ها می‌تواند به این دلیل باشد، که سوربیتول عمده‌ترین کربوهیدرات موجود در گونه‌های این جنس‌ها می‌باشد، بنابراین تحرک بور در زیر خانواده‌های مالوئیده و پرونوئیده<sup>۶</sup> به دلیل تشکیل و انتقال کمپلکس بور- سوربیتول می‌باشد (۹).

## نتیجه‌گیری

سمیت بور از طرق مختلف بر خصوصیات رویشی و فیزیولوژیکی درخت بادام اثر گذاشته و کاهش رشد ترکیبات پایه- پیوندک را به همراه داشته است. هر چند، ترکیبات پایه- پیوندک بادام واکنش‌های متفاوتی را نشان دادند. به گونه‌ای که Fr/GF<sub>677</sub>، بیشتر تحت تأثیر قرار گرفت. سمیت بور باعث افزایش معنی‌دار محتوای پرولین، درصد نشت الکتروولیت، درصد نکرور برگ و غلظت بور در تمام اندام‌های ترکیبات پایه- پیوندک بادام شده است. افزایش محتوای پرولین، نشان می‌دهد که سمیت بور از طریق اثرات اسمزی نیز بر رشد ترکیبات پایه- پیوندک تأثیر گذاشته است. افزایش درصد نشت الکتروولیت، آسیب‌گشاء سلولی ناشی از سمیت بور را تأیید می‌کند. در شرایط سمیت بور، بیشترین غلظت بور به ترتیب در سرشاخه‌ها و برگ‌های جوان وجود داشته است. بنابراین، سرشاخه‌ها به علت تجمع

- 1- Rosaceae
- 2- Apiaceae
- 3- Rubiaceae
- 4- Oleaceae
- 5- Prunus, Pyrus, Malus
- 6- Maloideae, Prunuideae

7- Preferential distribution

## منابع

- ۱- اورعی م.، طباطبایی. س.ج.، ایمانی ع.، و فلاحی ا. ۱۳۸۹. اثر متقابل سمیت بور و پایه بر رشد، شدت فتوستتزر و غلظت عناصر غذایی درخت بادام. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد ۲/۲۰، شماره دوم، ۴۹-۶۳.
- ۲- ایمانی ع. ۱۳۷۹. اصلاح بادام (ترجمه). چاپ اول. نشر آموزش کشاورزی، کرج.
- ۳- رادنیاج. ۱۳۷۵. پایه های درختان میوه (ترجمه). چاپ اول. نشر آموزش کشاورزی، کرج.
- ۴- ملکوتی م.ج.، و طباطبایی س.ج. ۱۳۸۰. مدیریت تغذیه بهینه در باغ های میوه کشور (مجموعه مقالات). معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی. انتشارات سنا.
- 5- Apostol K.G., and Zwiazek J.J. 2004. Boron and water uptake in jack pine (*Pinus banksiana*) seedlings. Environmental and Experimental of Botany, 51: 145- 153.
- 6- Ayers R.S., and Westcot D.W. 1985. Water quality for agriculture. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. FAO irrigation and drainage, Paper 29.
- 7- Bates L.S., Waldern R.P., and Teare D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39:205-207.
- 8- Benlloch M., Arboleda F., Barranco D., and Fernandez-Escobar R. 1991. Response of young olive trees to sodium and boron excess in irrigation water. HortScience, 26: 867- 870.
- 9- Brown P.H., and Hu H. 1996. Phloem mobility of boron is species dependent: evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. Annals of Botany, 77: 497- 505.
- 10- Chatzissavvidis C., Therios I., Antonopoulou C.H., and Dimassi K. 2008. Effects of high boron concentration and scion-rootstock combination on growth and nutritional status of olive plants. Journal of Plant Nutrition, 31: 638- 658.
- 11- Eraslan F., Gunes A.I., and Alpaslam M. 2007. Boron toxicity alters nitrate reductase activity, proline accumulation, membrane permeability, and mineral constituents of tomato and pepper plants. Journal of Plant Nutrition, 30: 981- 994.
- 12- Gunes A., Soylemezoglu G., Inal A., Bagci E.J., Coban S., and Sahin O. 2006. Antioxidant and stomatal responses of grapevines (*Vitis vinifera* L.) to boron toxicity. Scientia Horticulturae, 110: 279- 284.
- 13- Hogland D.R., and Arnon D.S. 1950. The water culture method for growing plants without soil. California Agriculture Experimental Station, 374: 1- 32.
- 14- Kaya C., Tuna A.L., Dikilitas M., Ashraf M., Koskeroglu S., and Guneri M. 2009. Supplementary phosphorus can alleviate boron toxicity in tomato. Scientia Horticulturae, 121: 284- 288.
- 15- Lutts S., Kinet J.M., and Bouharmont J. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice cultivar differing in salinity resistance. Annals of Botany, 78: 389-398.
- 16- Nable R.O., Banuelos G.S., and Paull J.G. 1997. Boron toxicity. Plant and Soil, 193: 181-198.
- 17- Papadakis E.I., Dimassi K.N., Bosabalidis A.M., Therios I.N., Patakas A., and Giannakoula A. 2004. Boron toxicity in 'Clementine' mandarin plants grafted on two rootstocks. Plant Science, 166: 539- 547.
- 18- Papadakis E.I., Dimassi K.N., Bosabalidis A.M., Therios I.N., Patakas A., and Giannakoula A. 2004. Effects of B excess on some physiological and anatomical parameters of 'Navelina' plants grafted on two rootstocks. Environmental and Experimental of Botany, 51: 247- 257.
- 19- Reid R.J., Hayes J.E., Post A., Stangoulis J.C.R., and Graham R.D. 2004. A critical analysis of the cause of boron toxicity in plants. Plant, Cell and Environment, 25: 1405- 1414.
- 20- Sotiropoulos T.E., Therios I.N., and Dimassi K.N. 1999. Calcium application as a means to improve tolerance of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* L.) to boron toxicity. Scientia Horticulturae, 81: 443-449.
- 21- Sotiropoulos T.E., Therios I.N., Almaliotis D., Papadakis I., and Dimassi K.N. 2006. Response of cherry rootstocks to boron and salinity. Journal of Plant Nutrition, 29: 1691-1698.
- 22- Tripler E., Ben-Gal A., and Shani U. 2007. Consequence of salinity and excess boron on growth, evapotranspiration and ion uptake in date palm (*Phoenix dactylifera* L., cv. Medjool). Plant Soil, 297: 147- 155.
- 23- Wimmer M.A., Muhling K.H., Lauchli A., Brown P.H., and Goldbach H.E. 2003. The interaction between salinity and boron toxicity affects the subcellular distribution of ions and proteins in wheat leaves. Plant, Cell and Environment, 26: 1267- 1274.
- 24- Wolf B. 1974. Improvement in the azomethine-H method for the determination of boron. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 5: 39- 44.
- 25- Yermiyahu U., and Ben-Gal A. 2006. Boron toxicity in grapevine. HortScience, 41: 1698- 1703.