نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، ص. ۲۶-۱۸
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 27, No. 1, Spring 2013, P. 18-26
ISSN: 2008 - 4730

اثرات غلظت‌های مختلف بور (B) بر بعضی خصوصیات رویشی و فیزیولوژیکی زیتون

حجت اله رستمی[1*]- سید جلال طباطبایی[2]- فریبرز زارع نهندی[3]- جعفر حاجی‌لو[4]

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۲۵
تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۵

چکیده

سمیت بور از مهم‌ترین اختلالاتی است که می‌تواند رشد گیاه را در خاک‌های نواحی خشک و نیمه خشک در سراسر جهان محدود سازد. تجمع بور معمولاً در لایه‌های عمیق‌تر خاک به علت آب شویی آن اتفاق می‌افتد و اصلاح خاک در این شرایط مشکل می‌باشد. بنابراین، انتخاب محصولاتی با درجه تحمل بیش‌تر یک راه حل پیشنهادی عملی برای مسئله سمیت می‌باشد. بدین منظور و جهت ارزیابی اثرات غلظت‌های مختلف بور بر خصوصیات رویشی و فیزیولوژیکی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش سطح بور (۰/۲، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و دو رقم (کنسروالیا و آمیگدالولیا) همراه با چهار تکرار به اجرا درآمد. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح بور وزن‌تر و خشک برگ، ساقه و ریشه در مقایسه با شاهد در هر دو رقم کاهش یافت. رقم آمیگدالولیا در غلظت‌های بالای بور دیگر قادر به رشد نبود و کاهش چشمگیری در تولید برگ‌های جدید داشت اما رقم کنسروالیا در غلظت‌های بالا نیز رشد نمود، هر چند که رشد این رقم نیز به مقدار قابل توجهی کاهش پیدا نمود. کارایی فتوسیستم II (Fv/Fm) نیز در هر دو رقم با افزایش سطوح بور کاهش یافت، اما رقم آمیگدالولیا نسبت به کنسروالیا کاهش بیش‌تری نشان داد. علائم ظاهری سمیت بور ۴۵ روز بعد از شروع آزمایش در رقم آمیگدالولیا در غلظت‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اتفاق افتاد، ولی در رقم کنسروالیا ۷۵ روز بعد از شروع آزمایش در غلظت‌های ۴۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر این علائم مشاهده گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که زیتون می‌تواند مقاومت خوبی نسبت به سمیت بور داشته باشد، گرچه مقدار این مقاومت به مقدار زیادی به رقم وابسته است.

واژه‌های کلیدی: زیتون، سمیت، بور، کارایی فتوسنتز

مقدمه

زیتون (*Olea europaea* L.) گونه‌ای سازگار به شرایط نیمه خشک مدیترانه‌ای بوده که قابلیت رشد در مناطق خشک را نیز دارد و کشت و کار آن به طور مداوم در این نواحی در حال افزایش است (۷). سمیت بور یکی از مهم‌ترین اختلالاتی است که می‌تواند رشد گیاه را در خاک‌های نواحی خشک و نیمه خشک در سراسر جهان محدود سازد (۱۷). هر چند که بور یک عنصر کم مصرف ضروری محسوب می‌شود اما کمبود آن در گیاهان منجر به جلوگیری از توسعه ریشه از طریق محدود کردن تقسیم سلولی در نواحی رشد در نوک ریشه شده و همچنین کاهش توسعه برگ به علت کاهش ظرفیت فتوسنتز می‌گردد (۱۲)، با این حال مقادیر بیش از حد آن در محدوده ریشه‌ها، مسمومیت گیاه را در پی خواهد داشت (۱۱). به منظور مطالعه و بررسی سمیت بور، شناخت منابع و عوامل موثر در افزایش این عنصر در خاک و راه‌های تشخیص این عارضه در خاک و گیاه ضروری است. غلظت‌های بالای بور ممکن است به طور طبیعی در خاک‌ها و در آب‌های زیرزمینی وجود داشته باشد یا اینکه ممکن است توسط آب آبیاری و کودهای شیمیایی به خاک‌ها اضافه گردد. از بین تمامی منابع آلوده‌کننده، آب آبیاری مهم‌ترین عامل افزایش بور در خاک است (۹). چاتزیساودیس و همکاران (۸) در سال ۲۰۰۵ گزارش کردند که ۱۸ ماه آبیاری با غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر بور در زیتون هیچ‌گونه علائم سمیتی را ایجاد نکرد. معمولاً سمیت بور همراه با خاک و آب شور مشاهده می‌گردد. آبیاری با آبی که مقدار بور آن متوسط است هیچ‌گونه علائم سمیتی را در گیاه موجب نمی‌گردد اما مدتی بعد به دلیل جذب اندک بور توسط گیاه و همچنین آب شویی اندک آن و افزایش غلظت بور در محلول خاک می‌تواند مسمومیت گیاه را در پی داشته باشد. این مسئله در مناطقی که بارندگی اندک بوده و میزان آب شویی بور در خاک کم است و مخصوصاً در مواقع خشکسالی حادتر

۱، ۲، ۳ و ٤- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و استادیاران گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: Email: Hojatrostami@gmail.com)

است (۲۳). بنابراین، وقوع آن در مناطق کویری و حاشیه‌ی کویری نظیر اردکان، جهرم و جیرفت محتمل است (۱). زیتون نسبت به سایر درختان میوه گونه‌ای نیمه مقاوم به بور قلمداد می‌شود (۲۴). تجمع بور معمولاً در لایه‌های عمیق‌تر خاک به علت آب شویی آن اتفاق می‌افتد و اصلاح خاک در این شرایط مشکل می‌باشد. بنابراین، انتخاب محصولاتی با درجه تحمل بیش‌تر یک راه حل پیشنهادی عملی برای مسئله سمیت بور می‌باشد (۱۷). تحقیقات متعدد نشان داده است که ارقام نقش مهمی در مقاومت به غلظت‌های بالای بور دارند. به عنوان مثال درختان زیتون واکنش متفاوتی به افزایش بور در غلظت‌های ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر در دو رقم مانزالینا[1] و پیکوال[2] نشان دادند، به طوری که ارقام مانزالینا که با سطح بور (۴۰ میلی‌گرم در لیتر) تیمار شده بودند ۱۱۰ روز بعد از آغاز تیمار از بین رفتند، ولی رقم پیکوال مقاومت خوبی به سمیت بور نشان داد و تا آخر آزمایش مقاومت نمود (۳). همچنین در کیوی و پرتقال ارقام نقش مهمی در مقاومت به سمیت بور دارند (۲۱ و ۲۲). در پسته نیز غلظت‌های بالای بور تا ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باعث کاهش معنی‌داری در خصوصیات رویشی گردید (۱۴). از طرف دیگر فیزیولوژی پویایی بور به طور چشمگیری بین گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت است، به طوری که بور در برخی از گیاهان به عنوان عنصری متحرک و در برخی دیگر به عنوان عنصری غیرمتحرک شناخته می‌شود (۴). بنابراین اطلاعات کافی در مورد واکنش ارقام مختلف زیتون به افزایش بور وجود ندارد و لازم است که ما واکنش درختان زیتون به غلظت‌های مختلف بور تحت شرایط کنترل شده بررسی نماییم. لذا هدف از انجام این آزمایش بررسی اثرات غلظت‌های مختلف بور بر بعضی خصوصیات رویشی و فیزیولوژیکی درخت زیتون و نیز بررسی میزان تحمل نسبی ارقام مختلف به افزایش بور و همچنین بررسی علائم ظهور سمیت بور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی آبکشت دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. قیمه‌های ریشه‌دار دو رقم زیتون کنسروالیا[3] و آمیگدالولیا[4] در تابستان ۱۳۸۹ به این گلخانه منتقل گردید. نهال‌ها حدود دو ساله بودند و در حدود یک متر ارتفاع داشتند و از لحاظ تعداد شاخساره‌ها تقریباً برابر بودند. نهال‌ها در بستری از پرلایت و ورمیکولایت به نسبت حجمی (۳ به ۱) در گلدان‌های ۱۷ لیتری کاشته شد و مراقبت‌های لازم تا زمان اعمال تیمار انجام گردید.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش سطح بور[5] (۰/۲، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) و دو رقم (کنسروالیا و آمیگدالولیا) در چهار تکرار به اجرا درآمد. پس از شروع رشد نهال‌ها، تیمارهای آزمایشی همراه با محلول غذایی (هوگلند) به مدت چهار ماه اعمال گردید. برای افزایش جذب عناصر غذایی pH محلول‌ها با استفاده از اسید کلریدریک نرمال روی ۶/۵ تنظیم گردید. میزان محلول‌دهی طوری بود که مقداری از محلول از ته گلدان خارج گردد، همچنین هفته‌ای یک بار شستشوی کامل محیط ریشه گیاهان با آب معمولی انجام گرفت تا تغییرات EC و pH ناشی از تجمع نمک‌ها در بستر کاشت در اثر انجام آب شویی به حداقل برسد. شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502, Minolta, Japan) در برگ‌های کاملاً توسعه یافته سه ماه بعد از اعمال تیمارها اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری کارایی فتوسنتز نیز از دستگاه کلروفیل فلورسنس‌متر (Hand pea , Hansatech, UK fluorescence chlorophyll meter) استفاده شد. به محض بروز علائم ظاهری سمیت بور (نکروزه شدن نوک برگ‌ها، پیچ‌خوردگی و فنجانی شدن برگ‌های جوان و ریزش برگ) تاریخ ظهور این علائم در تیمارهای مختلف ثبت و کلیه علائم ناشی از مسمومیت به دقت یادداشت گردید.

در پایان آزمایش کل برگ‌های گیاه شمارش، سطح برگ و سطح نکروزه برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Li-Cor, Model Li-1300, USA) مورد اندازه‌گیری و درصد نکروزه شدن برگ از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

۱۰۰ × (کل سطح برگ / سطح برگ) = درصد نکروزه شدن برگ

ارتفاع گیاه، مجموع طول شاخه‌های جانبی و تعداد شاخه‌های جانبی اندازه‌گیری گردید. وزن‌تر برگ‌ها، ریشه‌ها و ساقه‌ها بلافاصله بعد از برداشت با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. برای محاسبه وزن خشک، نمونه‌ها به طور جداگانه در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۸۰°C قرار داده شد و سپس توزین شدند. در مورد نمونه‌های ریشه ابتدا نمونه ها با دقت و احتیاط از بستر خارج شدند، به نحوی که باقیمانده‌ای از ریشه در بستر بستر باقی نماند. پس از شستشوی باقیمانده پرلایت اطراف ریشه، اندازه‌گیری وزن خشک با همان روش قبلی انجام شد. برای اندازه‌گیری بور از روش آزومتین-اچ[6] استفاده شد. نمونه‌های خشک و آسیاب شده در کوره الکتریکی به مدت ۶ ساعت قرار داده شد و سپس خاکستر حاصل با اسید سولفوریک ۰/۳۶ نرمال مخلوط و غلظت بور با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Motic, Cl-45240-00. China) در طول موج ۴۲۰ نانومتر تعیین گردید (۲۴). نتایج به دست آمده به کمک نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ تجزیه واریانس گردیده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده

1- Manzanillo
2- Picual
3- Koservolia
4- Amygdalolia

۵- مقدار بور در سطح اول مقدار مرسوم در محلول غذایی هوگلند می باشد.
6- Azomethine-H

روش آزمون چند مشاهده‌ای دانکن و در سطح احتمال خطای یک درصد انجام شد. ترسیم نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از این آزمایش نشان می‌دهد که عکس العمل رشدی زیتون نسبت به غلظت‌های مختلف بور به سطوح بور و نوع رقم بستگی دارد (جدول ۱). با افزایش سطوح بور وزن‌تر و خشک برگ، ساقه و ریشه در مقایسه با شاهد در هر دو رقم کاهش یافت. این در حالی بود که رقم کنسروالیا مقاومت بهتری نسبت به رقم آمیگدالولیا در برابر افزایش غلظت بور نشان داد و تا ۳۰ میلی‌گرم در لیتر وزن‌تر و خشک آن به طور چشمگیری کاهش نیافت، اما رقم آمیگدالولیا در این غلظت از وزن تر و خشک آن به طور قابل توجهی کاسته شد. این کاهش در وزن‌تر و خشک برگ‌ها بارزتر بود که این امر می‌تواند به دلیل ریزش شدید برگ‌های رقم آمیگدالولیا باشد. به طوری‌که وزن‌تر برگ در رقم آمیگدالولیا تا ۸۳ درصد کاهش در مقایسه با شاهد را نشان داد. مطالعات قبلی در مورد زیتون نشان داده بود کاهش رشد شاخه و ریزش برگ‌ها در غلظت‌های ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده می‌شود. همچنین این نتایج این تحقیق نشان داد علائم سمیت بور در غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده می‌گردد (۳). اطلاعات موجود در رابطه با تأثیر سمیت بور روی خصوصیات رویشی نشان داده است که غلظت‌های بالای بور در انگور باعث کاهش معنی‌داری در وزن‌تر و خشک در غلظت‌های ۳۰ میلی‌گرم در لیتر شده است (۱۳). با افزایش سطوح بور همچنین در فلفل و گوجه‌فرنگی وزن‌تر و خشک را کاهش یافت (۱۱). در پسته سطوح بالای بور باعث کاهش معنی‌داری در وزن خشک ریشه، ساقه و برگ گردید، برای مثال در سطح بالای بور کاهش وزن خشک برگ، ساقه و ریشه به ترتیب به میزان ۵۲، ۵۳ و ۶۵ درصد در مقایسه با شاهد ایجاد گردید (۱۴). سمیت بور می‌تواند مانع از رشد طولی ریشه گردد، زیرا این عنصر یکی از اجزای تشکیل دهنده دیواره سلولی اولیه بوده و مقادیر بیش از حد آن باعث اختلال در فرآیند ساخت دیواره سلولی می‌شود و در مجموع سمیت بور می‌تواند باعث کاهش تقسیم سلولی شده و رشد ریشه را کاهش دهد (۲، ۶ و ۱۲).

شاخص کلروفیل نیز به شدت تحت تأثیر سمیت بور قرار گرفت (شکل ۱). شاخص کلروفیل در هر دو رقم مورد بررسی در غلظت‌های بالای بور کاهش معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد. در غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر نیز تا حدود ۳۹ درصد کاهش در محتوای کلروفیل در رقم آمیگدالولیا در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده گردید. در رقم آمیگدالولیا در سطوح (۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) محتوای کلروفیل کاهش معنی‌داری نشان داد. لی و همکاران (۱۵) در سال ۲۰۰۶ دریافتند که محتوای کلروفیل با افزایش ترکیب غلظت بور در مقایسه با شاهد کاهش می‌یابد، همچنین پاپاداکیس و همکاران (۱۸) در سال ۲۰۰۴ پی بردند که در گیاهان نارنگی پیوند شده بر روی پایه نارنج غلظت کلروفیل کاهش معنی‌داری یافته بود ولی در نارنگی‌های پیوند شده بر روی پایه سیترومیلو این کاهش معنی‌دار نبود.

جدول ۱- اثر سطوح مختلف بور و رقم بر خصوصیات رویشی

رقم	غلظت بور (mg/l)	وزن‌تر برگ (g/plant)	وزن‌تر ساقه (g/plant)	وزن‌تر ریشه (g/plant)
کنسروالیا	۰/۲	۵۰/۵۲ a	۴۲/۳۱ a	۳۵/۶۱ a
	۱۰	۴۶/۶۷ ab	۳۳/۵۲ b	۱۷/۹۲ bc
	۲۰	۴۶/۰۷ ab	۳۰/۵۹ b	۱۷/۷۴ bc
	۳۰	۲۸/۷۳ de	۲۱/۲۳ cde	۱۱/۳۲ cd
	۴۰	۳۳/۰۰ cd	۲۴/۲۷ cd	۹/۵۶ d
	۵۰	۲۴/۰۶ def	۱۷/۹۳ def	۷/۵۷ d
آمیگدالولیا	۰/۲	۴۶/۰۴ ab	۲۴/۵۲ c	۲۲/۲۱ b
	۱۰	۳۹/۸۶ bc	۲۱/۰۳ cde	۱۶/۹۵ bc
	۲۰	۲۷/۷۰ de	۱۷/۶۲ ef	۱۳/۵۱ cd
	۳۰	۲۱/۱۰ ef	۱۹/۴۵ cde	۱۰/۲۰ d
	۴۰	۱۷/۶۹ f	۱۲/۴۵ fy	۹/۵۴ d
	۵۰	۸/۵۹ y	۱۳/۶۳ y	۷/۹۲ d
تیمار		معنی‌داری		
غلظت بور		**	**	**
رقم		**	**	*
رقم× بور		*	**	*

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

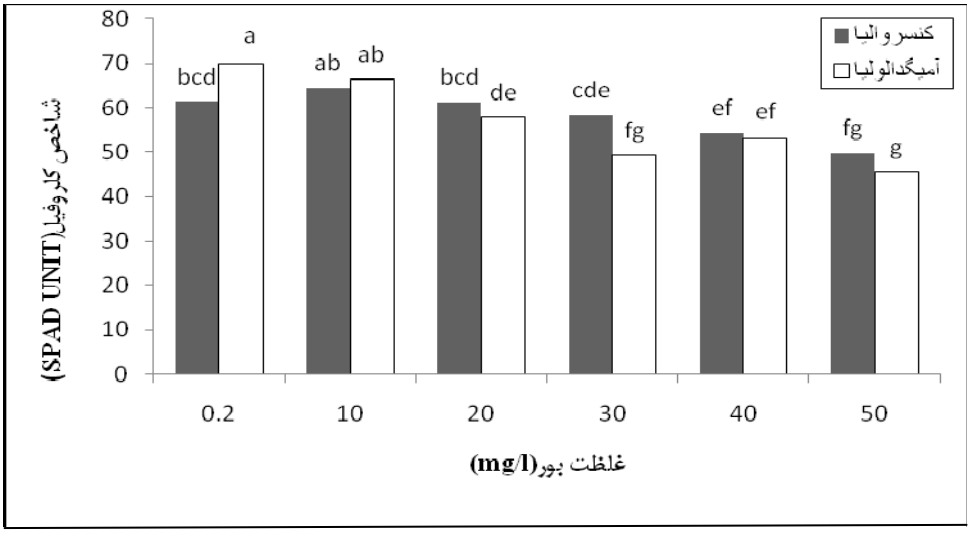
** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار

جدول ۲- اثر سطوح مختلف بور و رقم بر خصوصیات رویشی

رقم	غلظت بور (mg/l)	وزن خشک برگ (g/plant)	وزن خشک ساقه (g/plant)	وزن خشک ریشه (g/plant)
کنسروالیا	۰/۲	۲۷/۲۴ a	۱۸/۵۵ a	۸/۸۷ a
	۱۰	۲۲/۴۸ b	۱۴/۹۵ b	۶/۱۹ b
	۲۰	۲۰/۶۴ b	۱۴/۴۷ b	۵/۹۱ b
	۳۰	۱۶/۴۱ c	۱۰/۱۱ cd	۳/۷۲ cd
	۴۰	۱۴/۱۰ cd	۱۱/۲۱ c	۳/۵۶ cd
	۵۰	۱۰/۹۴ d	۷/۱۲ ef	۲/۲۶ d
آمیگدالولیا	۰/۲	۲۱/۵۶ a	۱۱/۶۲ c	۶/۰۶ b
	۱۰	۱۸/۷۴ a	۱۰/۴۴ cd	۳/۵۰ cd
	۲۰	۱۰/۸۲ b	۸/۴۱ de	۴/۸۸ bc
	۳۰	۱۱/۵۱ b	۶/۴۱ ef	۳/۳۵ d
	۴۰	۸/۲۱ b	۵/۵۳ f	۳/۳۰ d
	۵۰	۵/۶۶ b	۵/۲۴ f	۲/۸۱ d
تیمار		معنی‌داری		
غلظت بور		**	**	**
رقم		**	**	**
رقم× بور		ns	*	**

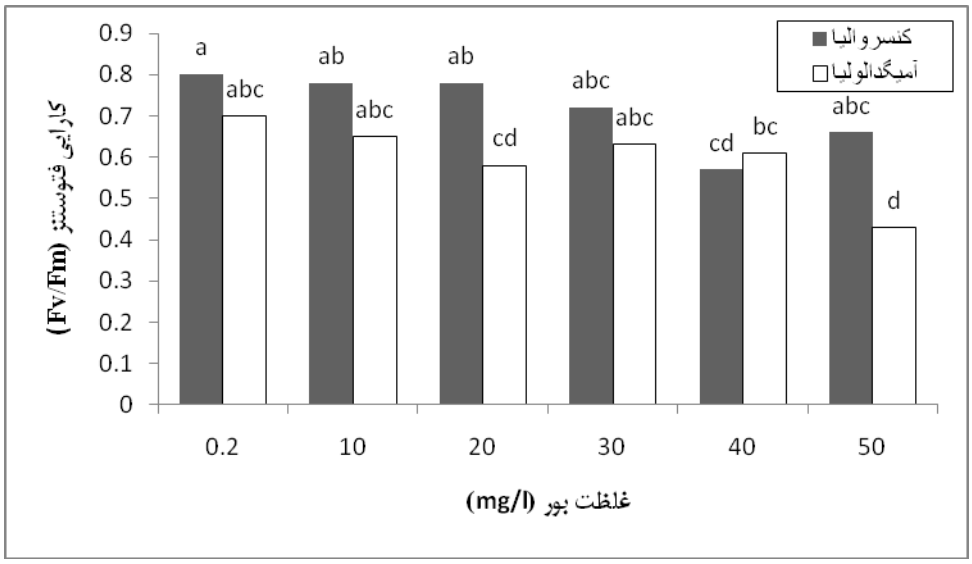
حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار



شکل ۱- اثر سطوح مختلف بور و رقم بر شاخص کلروفیل برگ

کارایی فتوسنتز (Fv/Fm) نیز در هر دو رقم با افزایش سطوح بور کاهش یافت، اما رقم آمیگدالولیا نسبت به کنسروالیا کاهش بیش‌تری نشان داد به طوری که در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر رقم آمیگدالولیا ۳۵ درصد کاهش بیشتری در مقایسه با رقم دیگر داشت (شکل ۲). به نظر می‌رسد که در این آزمایش سمیت بور موجب آسیب به ساختار تیلاکوئید شده و موجب کاهش کارایی فتوسنتز گردیده است، گرچه برای قضاوت صحیح‌تر در این مورد انجام آزمایش‌های جداگانه ضروری است. پاپاداکیس و همکاران (۱۸) در سال ۲۰۰۴ نشان دادند که در نارنگی‌های پیوند شده بر روی دو پایه مختلف با افزایش سطوح بور از مقدار کارایی فتوسنتز کاسته می‌شود که به نظر می‌رسد این کاهش به عوامل غیر روزنه‌ای مانند کاهش کارائی فتوشیمیایی، کاهش غلظت کلروفیل و کم شدن فعالیت آنزیمهای فتوسنتزی مرتبط باشد.



شکل ۲- اثر سطوح مختلف بور و رقم بر کارایی فتوسنتز (Fv/Fm)

در کیوی وجود غلظت بور بالا در محلول غذایی موجب کاهش معنی‌داری در مقدار فتوسنتز خالص شده در حالی که غلظت‌های دی‌اکسیدکربن بین سلولی و هدایت روزنه‌ای ثابت ماند. این اطلاعات نشان می‌دهد که کاهش فتوسنتز خالص در کیوی به دلیل عوامل روزنه‌ای نبوده است ولی می‌تواند به دلایل غیر روزنه‌ای از قبیل کارایی فتوشیمیایی PSII، غلظت کلروفیل و فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی باشد (۲۲). پریرا و همکاران (۱۹) گزارش کردند که یکی از دلایل کاهش فتوسنتز تحت شرایط استرس آسیب به ساختار تیلاکوئیدها بوده که بر انتقال الکترون‌ها اثر گذاشته و باعث کاهش(Fv/F0) می‌گردد. پاپاداکیس و همکاران (۱۸) گزارش کردند که کاهش (Fv/Fm) به این معنی است که در گیاهان آبیاری شده با غلظت‌های بالای بور تحت شرایط استرس مولکول‌های اکسیژن پذیرنده الکترون‌های اضافی حاصل از انرژی نورانی شده و منجر به تولید گونه‌های فعال اکسیژنی (ROS)[1] می‌شوند که این اکسیژن‌های فعال باعث آسیب فتواکسیداتیو به مولکول‌های آلی شده و باعث آسیب رساندن به ساختار کلروپلاست و در نتیجه موجب کاهش کلروفیل می‌گردند.

در هر دو رقم با افزایش مقدار بور تعداد برگ و ارتفاع گیاه کاهش معنی‌داری ($p<0.01$) یافت. در رقم آمیگدالولیا تا ۶۴ درصد کاهش در تعداد برگ در مقایسه با شاهد مشاهده شد. همچنین ارتفاع گیاه نیز در بالاترین سطح بور در رقم آمیگدالولیا به میزان ۲۵ درصد در مقایسه با رقم کنسروالیا کاهش یافت (جدول ۲). رقم آمیگدالولیا در غلظت‌های بالای بور دیگر قادر به رشد نبود و کاهش چشمگیری در تولید برگ‌های جدید داشت ولی رقم کنسروالیا در غلظت‌های بالا نیز قادر به رشد بود هر چند که رشد این رقم نیز به مقدار قابل توجهی کاهش پیدا نمود. با وجودی که در رقم آمیگدالولیا نسبت به رقم کنسروالیا درصد نکروزه شدن برگ‌ها بیش‌تر بود اما درصد نکروزه شدن برگ‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، که دلیل آن می‌تواند به خاطر ریزش برگ‌های جوان در رقم آمیگدالولیا باشد.

افزایش غلظت بور باعث کاهش معنی‌داری در سطح برگ گردید و رقم آمیگدالولیا بیشتر از رقم دیگر تحت تأثیر قرار گرفت (شکل ۳). کاهش سطح برگ می‌تواند دلایل مختلفی داشته باشد. کاهش تولید برگ‌های جدید، ریزش برگ‌ها و کاهش اندازه تک تک برگ‌ها از جمله این موارد می‌باشد. رقم آمیگدالولیا که ریزش برگ شدیدی داشت مقدار کاهش سطح برگ در آن بیشتر بود. تعداد برگ نیز در هر دو رقم کاهش پیدا نمود. حساسیت نسبت به سمیت بور ظاهراً مربوط به ایجاد اختلال در برخی فرآیندهای متابولیکی نظیر کاهش توسعه مناطق مریستمی بوده که باعث کاهش سطح برگ در گیاهان می‌شود (۲۵). کاهش سطح برگ تحت شرایط تنش، یا در نتیجه کاهش تعداد برگ در اثر کاهش مقدار فتوسنتز رخ می‌دهد و در اثر کاهش اندازه برگ در اثر کاهش فشار تورژسانس ایجاد می‌گردد (۸ و ۱۸).

علائم ظاهری سمیت بور ۴۵ روز بعد از شروع آزمایش ابتدا در رقم آمیگدالولیا اتفاق افتاد. در این رقم علائم در غلظت‌های (۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) مشاهده گردید، ۷۵ روز بعد از آزمایش علائم در رقم کنسروالیا هم مشاهده شد. این در حالی بود که رقم کنسروالیا در تیمارهای ۴۰ و۵۰ میلی‌گرم بر لیتر علائم مسمومیت را نشان دادند. این علائم در دو رقم کاملاً متفاوت بود.

1- Reactive oxygen species

جدول ۳- اثر سطوح مختلف بور و رقم بر ارتفاع گیاه

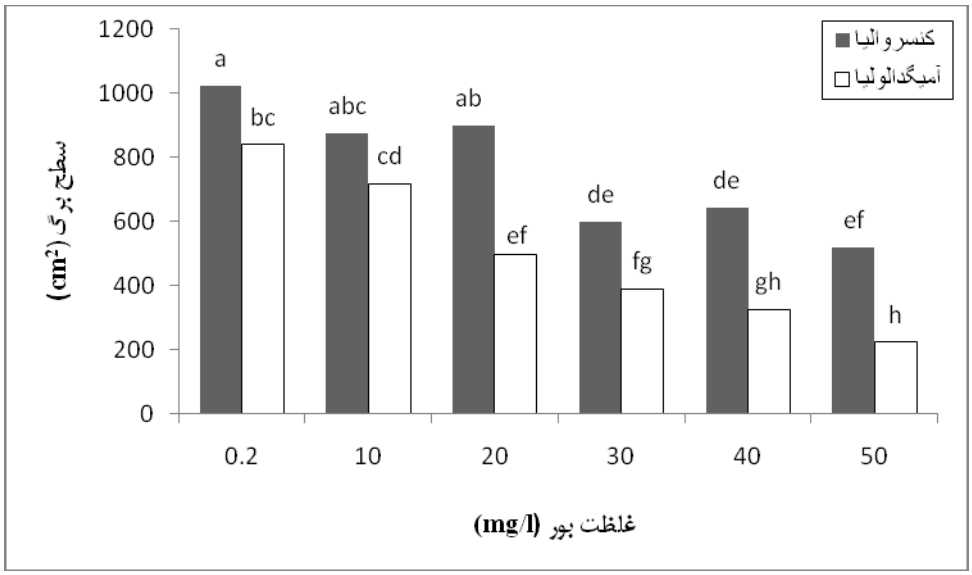
رقم	غلظت بور (mg/l)	ارتفاع گیاه (cm)	مجموع طول شاخه جانبی (cm)	تعداد شاخه جانبی
کنسروالیا	۰/۲	۱۱۳/۳۵ a	۱۵۳/۱۰ a	۷/۷۵ abc
	۱۰	۹۸/۴۰ b	۱۱۳/۰۵ b	۷/۷۵ abc
	۲۰	۹۶/۶۲ b	۱۱۰/۴۰ b	۷/۷۵ abc
	۳۰	۸۶/۸۲ b	۸۰/۵۳ bc	۷/۰۰ abcd
	۴۰	۹۳/۷۵ bc	۸۴/۱۵ bc	۷/۰۰ abcd
	۵۰	۷۹/۲۵ c	۶۳/۷۰ c	۶/۲۵ bcd
آمیگدالولیا	۰/۲	۸۴/۷۷ a	۱۴۷/۰۰ a	۹/۲۵ a
	۱۰	۷۸/۳۵ ab	۱۱۱/۷۳ b	۸/۰۰ abc
	۲۰	۶۸/۵۵ bc	۱۰۸/۴۳ b	۸/۵۰ ab
	۳۰	۶۳/۳۲ c	۶۱/۱۸ c	۵/۲۵ cde
	۴۰	۶۰/۵۰ c	۴۴/۷۵ c	۴/۲۵ de
	۵۰	۵۹/۰۷ c	۳۸/۰۰ c	۳/۰۰ e
تیمار				
غلظت بور		**	**	**
رقم		**	*	ns
رقم× بور		Ns	Ns	*

**معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، *معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار

جدول ٤- اثر سطوح مختلف بور و رقم بر تعداد برگ و درصد نکروزه شدن برگ

رقم	غلظت بور (mg/l)	تعداد برگ در گیاه	نکروزه شدن برگ (٪)
کنسروالیا	۰/۲	۲۰۵/۷۵ a	۰/۰۰
	۱۰	۱۸۳/۵۰ ab	۰/۰۰
	۲۰	۱۹۱/۰۰ ab	۰/۰۰
	۳۰	۱۵۲/۵۰ bc	۰/۰۰
	۴۰	۱۶۵/۵۰ c	۰/۷۲
	۵۰	۱۱۴/۲۵ d	۱/۶۲
آمیگدالولیا	۰/۲	۱۷۱/۲۵ a	۰/۰۰
	۱۰	۱۶۲/۵۰ a	۰/۰۰
	۲۰	۱۴۸/۷۵ a	۰/۰۰
	۳۰	۱۰۱/۵۰ b	۳/۱۸
	۴۰	۱۰۲/۰۰ b	۴/۶۴
	۵۰	۶۲/۲۵ c	۱۷/۰۶
تیمار		معنی‌داری	
غلظت بور		**	ns
رقم		**	ns
رقم× بور		ns	ns

**معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، *معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار



شکل ۳- اثر سطوح مختلف بور و رقم بر سطح برگ

در رقم آمیگدالولیا علائم به صورت سوختگی نوک و سوختگی حاشیه‌ی برگ‌های جوان شروع شده و سپس علائم در برگ‌های پیر نیز مشاهده گردید. پس از مدتی برگ‌ها شروع به ریزش کرده و تنها تعداد کمی از برگ‌ها در این رقم باقی ماند، در حالی که رقم کنسروالیا علائم بیشتر به صورت پیچ‌خوردگی برگ و فنجانی شدن برگ‌های جوان اتفاق افتاده و علائم کمتری را نسبت به رقم آمیگدالولیا نشان داد و در انتها سوختگی مختصری در انتهای برگ‌ها رخ داد. لازم به ذکر است که علائم در هر دو رقم ابتدا از برگ‌های جوان شروع شده و سپس به برگ‌های پیر انتقال یافت. تحقیقات نشان داده است که علائم ظاهری سمیت بور بسته به گونه متفاوت می‌باشد. و ارقام نیز نقش مهمی در ظهور این علائم بازی می‌کنند(۳، ۹، ۱۰، ۲۷). در جنس‌هایی مانند: *Malus. Pyrus. Prunus* 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 (۴ و ۵). ثابت شده است که زیتون حاوی مقدار زیادی مانیتول است و بور به عنوان عنصری متحرک در زیتون مطرح است (۵ و ۱۰)، چرا که بور در برگ‌های جوان بیشتر از برگ‌های پیر در شرایط سمیت بور تجمع می‌یابد (۱۰). لیاکوپولوس و همکاران (۱۶) در سال ۲۰۰۵ دریافتند که در زیتون مقادیر بالایی از کمپلکس بور–مانیتول تشکیل شده و در آوند آبکش حرکت می‌کند بنابراین تحرک بور در زیتون به دلیل تشکیل و انتقال کمپلکس بور–مانیتول می‌باشد.

گیاه به روش‌های مختلفی سمیت بور را تحمل می‌کند، گرچه فیزیولوژی تحمل سمیت بور در گیاهان شامل دو مکانیسم عمده است که یکی مربوط به ساز و کار دفع[1] و دیگری مربوط به تحمل داخلی[2] می‌باشد (۱۷). به طوری که اکثر گونه‌های که بور را از طریق آوند آبکش منتقل می‌کنند نسبت به بور حساس بوده و عدم تحرک در آوند آبکش می‌تواند به عنوان مکانیسم داخلی مطرح باشد. همان طور که گفته شد فیزیولوژی پویایی بور به طور چشمگیری بین گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت است، برای مثال در درختان پسته و گردو، بالاترین غلظت بور در برگ‌های بالغ و کم‌ترین آن در بافت میوه و بذر وجود دارد. در مقابل در درختان بادام و سیب در همان شرایط بالاترین غلظت بور در بافت میوه و کم‌ترین آن‌ها در برگ‌ها دیده می‌شود (۴). در حال حاضر بور به عنوان عنصری متحرک در آوند آبکش گیاهانی که از قندهای ساده به عنوان متابولیت اولیه چرخه نوری استفاده می‌کنند مطرح است. در این گیاهان کمپلکس پلی‌یول –بور–پلی‌یول[3] در بافت‌های فتوسنتز کننده تشکیل می‌شود و با حرکت در آوند آبکش به مناطق فعال محل مصرف، مثل مریستم‌های رویشی و زایشی انتقال می‌یابد (۴).

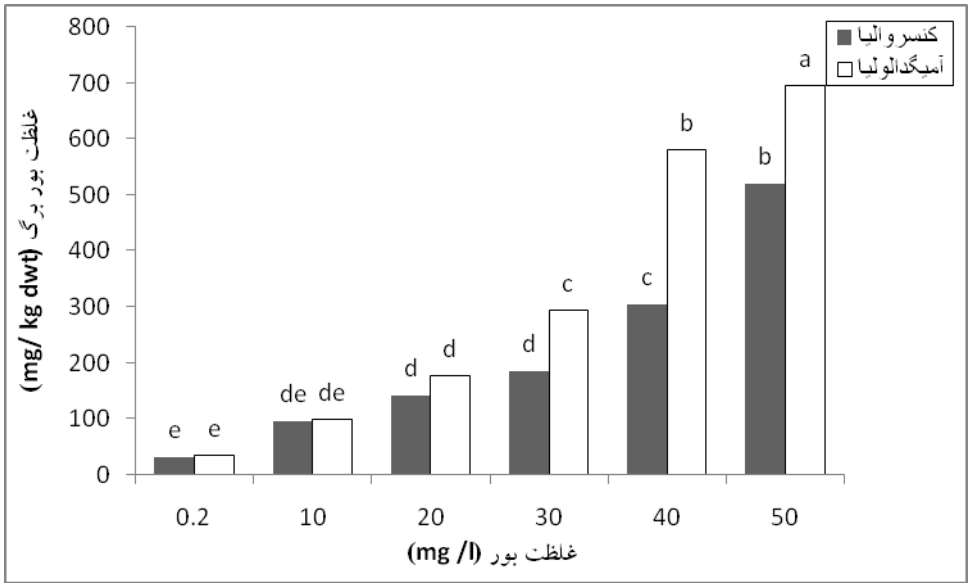
یافته‌های حاصل از این آزمایش نشان داد که غلظت بور برگ با توجه به سطوح مختلف بور و نوع رقم متفاوت است (شکل ۴). در رقم آمیگدالولیا مقدار بور از ۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک در شاهد به ۶۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار ۵۰ میلی‌لیتر افزایش یافت. با افزایش سطح بور غلظت بور به طور معنی‌داری در سطح یک درصد برگ افزایش یافت. رقم کنسروالیا غلظت کمتری از بور را در برگ انباشته کرده است، در حالی که رقم آمیگدالولیا غلظت زیادی از بور را

1- Exclusion mechanism
2- Internal tolerance mechanism
3- Polyol-B-Polyol

در برگ دارد. به نظر می‌رسد که رقم کنسروالیا از طریق مکانیسم تدافعی توانسته است که بور را در ریشه خود انباشته و از انتقال آن به برگ جلوگیری نماید. بسیاری از ارقام متحمل به بور قادرند غلظت بور موجود در برگ را در سطح پایینی نگه داشته و از این طریق نسبت به سمیت بور مقاومت نشان دهند (۱۷).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که زیتون می‌تواند مقاومت خوبی نسبت سمیت بور داشته باشد که این مقاومت به مقدار زیادی به رقم وابسته است و رقم کنسروالیا نسبت به رقم آمیگدالولیا به سمیت بور متحمل‌تر بوده و می‌توان این رقم را به عنوان یک رقم مقاوم به بور توصیه کرد. علائم سمیت بور ابتدا از برگ‌های جوان شروع شده و سپس به برگ‌های پیر انتقال می‌یابد بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده بور می‌تواند به عنوان عنصری متحرک در درخت زیتون تلقی شود.



شکل ٤- غلظت بور برگ در سطوح مختلف تیماری بور در دو رقم

منابع

۱- ملکوتی م.ج. و کشاورز پ. ۱۳۸۲. جایگاه بور در تغذیه بهینه گیاهان. وزارت جهاد کشاورزی معاونت باغبانی. انتشارات سنا. ۱۳۵ صفحه.

2- Ardic M., Sekmen A.H., Turkan I., Tokur S. and Ozdemir F. 2009. The effects of boron toxicity on root antioxidant systems of two chickpea (*Cicer arientinum* L.) cultivars. Plant and Soil, 314: 99-108.

3- Benlloch M., Arboleda F., Barranco D. and Fernandez-Escobar R. 1991. Response of young olive trees to sodium and boron excess in irrigation water. Journal of Horticulturae Science, 26: 867–870.

4- Brown H.P. and Hu H. 1998. Boron mobility and consequent management in different crops. Better Crops, 2: 28-31.

5- Brown H.P., and Shelp B.J. 1997. Boron mobility in plants. Plant and Soil, 193: 85–101.

6- Camacho-Cristóbal J.J., Rexach J. and González-Fontes A. 2008. Boron in plants deficiency and toxicity. Plant Biology, 50: 1247-1255.

7- Chartzoulakis K., Loupassaki M., Bertaki M. and Androulakis I. 2002. Effect of NaCl salinity on growth, ion content, and CO_2 assimilation rate of six olive cultivars. Scientia Horticulturae, 96: 235-247.

8- Chatzissavvidis C.A., Therios I.N. and Molassiotis A.N. 2005. Seasonal variation of nutritional status of olive plants as affected by boron concentrationin nutrient solution. Journal of Plant Nutrition, 28: 309-321.

9- Chatzissavvidis C., Therios I., Antonopoulou C. and Dimassi K. 2008. Effect of high boron concentration and scion-rootstock combination on growth and nutritional status of olive plants. Journal of Plant Nutrition, 31: 638-658.

10- Chatzissavvidis C. and Therios I. 2010. Response of four olive (*Olea europaea* L.) cultivars to six B concentrations: Growth performance, nutrient status and gas exchange parameters. Scientia Horticulturae, 127: 29-38.

11- Eraslan F., Inal A., Gunes A. and Alpaslam M. 2007. Boron toxicity alters nitrate redoctase activity, proline accumulation membrance permeability and mineral constituents of tomato and pepper plants. Journal of Plant

Nutrition, 30: 981-994.
12- Guidong L., Cuncang J. and Yunhua W. 2011. Distribution of boron and its forms in young ‘‘Newhall’’ navel orange (*Citrus sinensis* Osb.) plants grafted on two rootstocks in response to deficient and excessive boron. Soil Science Plant Nutrition, 57: 93-104.
13- Gunes A., Soylemezoglu G., Inal A., Bagci E.G., Coban S. and Sahin O. 2006. Antioxidant and stomatal responses of grapevine (*Vitis vinifera* L.) to boron toxicity. Scientia Horticulturae, 110: 279-284.
14- Kord M., Derakhshan L., Memarian H. and Tajabadipour A. 2010. Effect of high boron concentration on boron uptake and growth of pistachio seellings. World Congress of Soil Science, 25: 150-153.
15- Lee S.K.D. 2006. Hot pepper response to interactive effects of salinity and boron. Plant Soil Environment, 52: 227-233.
16- Liakopoulos G., Stavrianokou S., Filippou M., Fasseas C., Tsadilas Ch., Drossopoulos I. and Karabourniotis G. 2005. Boron remobilization at low boron supply in olive (*Olea europaea*) in relation to leaf and phloem mannitol concentrations. Tree Physiology, 25: 157-166
17- Nable R.O., Banuelos G.S. and Paull J.G. 1997. Boron toxicity. Plant and Soil, 198: 181-198.
18- Papadakis I.E., Dimassi K.N., Bosabadilis A.M., Therios I.N., Patakas A. and Giannakoula A. 2004. Boron toxicity in ‘Clementine’ mandarin plants grafted on two rootstock. Plant Science, 166: 539-547.
19- Pereira W.E., Siqueira D.L., Mart´ınez C.A. and Puiatti M. 2000. Gas exchange and chlorophyll fluorescence in four citrus rootstocks under aluminum stress. Journal of Plant Physiology, 157:513-520.
20- Reid R.J., Hayes J.E., Post A., Stangoulis J.C.R. and Graham R.D**.** 2004. A critical analysis of the causes of boron toxicity in plants. Plant Cell Environment, 25: 1405-1414.
21- Sheng O., Song S.W., Chen Y.J., Peng S.A. and Deng X.X. 2008. Effects of exogenous B supply on growth. B accumulation and distribution of two navel orange cultivars. Trees, 23: 59-68.
22- Sotiropoulos T.E., Therios I.N., Dimassi K.N., Bosabalidis A. and Kofidis G. 2002. Nutritional status, growth, CO_2 assimilation, and leaf anatomical responses in two kiwifruit species under boron toxicity. Journal of Plant Nutrition, 25: 1249-1261.
23- Tanaka M. and Toru F. 2008. Physiological roles and transport mechanisms of boron perspectives from plants. Journal of Plant Physiology, 456: 671-677.
24- Therios I.N. 2009. Olives crop production science in horticulture. series no 18. CABI publishing, Wallingford, UK.
25- 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 and Soil, 297:147-155.
26- Wolf B. 1974. Improvement in the azomethine-H method for the determination of boron. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 5: 39-44.
27- Yermiyahu U. and Ben- Gal A. 2006. Boron toxicity in grapevine. Hortscience, 7: 1698-1703.