نشریه علوم باغبانی ایران
دوره ۴۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳ (ص۱۰۱-۹۳)

اثر غلظت‌های مختلف بور بر غلظت و توزیع این عنصر و برخی عناصر غذایی دیگر در دو رقم زیتون در شرایط آبکشت

حجت‌اله رستمی[۱]، سید جلال طباطبایی[۲]، فریبرز زارع نهندی[۳*] و محمدرحمن پورآذر[۴]
۱، ۴. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تبریز
۲، ۳. به‌ترتیب استاد، استادیار دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تبریز
(تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۲۵ - تاریخ تصویب: ۹۱/۲/۲۳)

چکیده

سمیت بور یکی از اختلالاتی است که در خاک‌های شور و مناطق خشک دیده می‌شود. از بین تمامی منابع آلوده‌کننده، آب آبیاری مهم‌ترین عامل افزایش بور در خاک است. اصلاح خاک‌های غنی از بور مشکل است و ارقام می‌توانند نقش مهمی در مقاومت به سمیت بور ایفا کنند. بدین منظور و برای ارزیابی اثر غلظت‌های مختلف بور بر غلظت عناصر و نیز توزیع بور در گیاه زیتون آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش سطح بور (۰/۲، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و دو رقم زیتون (کنسروالیا و آمیگدالولیا) همراه با چهار تکرار در شرایط گلخانه اجرا شد. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح بور میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم در برگ‌ها کاهش معناداری می‌یابد. میزان نیتروژن رقم آمیگدالولیا با افزایش غلظت بور به ۵۰ میلی‌گرم در لیتر ۴۷درصد در مقایسه با شاهد کاهش یافت. غلظت بور در همهٔ قسمت‌های گیاه با افزایش سطوح بور در محلول غذایی افزایش یافت. علائم ظاهری سمیت بور توصیف‌شده در این پژوهش ۴۵ روز بعد از شروع آزمایش ابتدا در رقم آمیگدالولیا در غلظت‌های (۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و در رقم کنسروالیا ۷۵ روز بعد از آزمایش در تیمارهای ۴۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر ظاهر شد.

واژه های کلیدی: **جذب عناصر، زیتون، سمیت بور، علائم ظاهری.**

مقدمه

زیتون (*Olea europaea* L.) گیاهی است که در نواحی مدیترانه‌ای با آب و هوایی معتدل و زمستان‌های ملایم رشد می‌کند و کشت آن در ایران رو به افزایش است. هر چند بور یک عنصر کم‌مصرف ضروری محسوب می‌شود و کمبود آن در گیاهان منجر به جلوگیری از تقسیم و توسعهٔ سلولی و همچنین کاهش توسعهٔ برگ به‌علت کاهش ظرفیت فتوسنتز می‌شود، مقادیر بیش از حد آن در محدودهٔ ریشه‌ها، مسمومیت گیاه را در پی خواهد داشت. از بین تمامی منابع آلوده‌کننده، آب آبیاری مهم‌ترین عامل افزایش بور در خاک است. در مناطق خشکی که کشاورزی می‌شود، بور اغلب در غلظت‌های بالا همراه با خاک‌های شور و آب‌های شور به‌وفور یافت می‌شود (Reid *et al*., 2004). علاوه بر این زهکشی ضعیف خاک‌های شور می‌تواند سبب تجمع مقادیر بیش از حد بور در محلول خاک شود (Eraslan *et al*., 2007). اصلاح خاک‌های غنی از بور مشکل است و ارقام می‌توانند نقش مهمی در مقاومت به سمیت بور ایفا کنند. براساس پژوهش‌های انجام‌شده زیتون هم برای رشد و هم برای میوه‌دهی به مقادیر بالایی از بور نیاز دارد و نسبت به هلو، سیب، آلو و زردآلو مقاومت بیشتری به افزایش بور دارد (Failla *et al*., 2008)، هرچند زیتون به نظر بسیاری از پژوهشگران گیاهی نیمه‌مقاوم به سمیت بور محسوب می‌شود، اما برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد که درختان زیتون تا ۴ میلی‌گرم در لیتر بور در آب آبیاری را نیز می‌توانند تحمل کنند (Chatzissavvidis & Therios, 2010) و مقدار بور در خاک‌های ایران بین ۲۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم

* نویسنده مسئول: فریبرز زارع نهبندی تلفن: ۰۹۱۴۱۰۰۸۷۳۹ E-mail: fzaare@gmail.com

متغیر است (Tabatabaei, 2009). افزایش غلظت بور در آب‌ها، به‌خصوص در آب‌های شور مشکلاتی را برای پرورش درختان میوه به وجود می‌آورد. در مطالعات انجام‌شده در ایران روی دو رقم بادام مشاهده شد که افزایش مقدار بور تا ۲۰ میلی‌گرم در لیتر سبب کاهش معناداری در غلظت عناصر غذایی ازجمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم شد (Oraei *et al*., 2009). در زیتون هیچ‌گونه علائم سمیتی در گیاهان تیمارشده با ۵ـ ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور مشاهده نشد (Chatzissavvidis *et al*., 2005). در پژوهش‌های انجام‌شده مشخص شده است که ارقام نقش مهمی در مقاومت به سمیت بور نشان می‌دهند مثلاً دو رقم زیتون مانزالینا و پیکوال واکنش متفاوتی به سمیت بور نشان دادند به‌طوری‌که رقم مانزالینا که با سطح بور (۴۰ میلی‌گرم در لیتر) تیمار شده بود ۱۱۰ روز بعد از آغاز تیمار از بین رفت، اما رقم دیگر تا آخر آزمایش مقاومت کرد (Benlloch *et al*., 1991). در انگور نیز غلظت‌های بالای بور تا ۳۰ میلی‌گرم در لیتر به‌طور معناداری از رشد گیاه جلوگیری کرده است (Gunes *et al*., 2006). از طرف دیگر فیزیولوژی پویایی بور به‌طور چشمگیری بین گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت است. بور به عنوان عنصری متحرک در آوند آبکش برخی از گیاهان مطرح است. در این گیاهان بور با برخی پلی‌یول‌ها کمپلکسی تشکیل می‌دهد و می‌تواند در آوند آبکش حرکت کند. پلی‌یول‌ها در بسیاری از درختان میوهٔ هسته‌دار و همچنین زیتون یافت شده است (Brown & Shelp, 1997). از آنجا که مقادیر بیش از حد بور می‌تواند سبب ایجاد اختلال در فرایندهای متابولیکی شود، بنابراین بر جذب سایر عناصر غذایی توسط گیاهان تأثیر می‌گذارد. اطلاعات کافی دربارهٔ واکنش ارقام مختلف زیتون به افزایش بور وجود ندارد و لازم است که واکنش درختان زیتون به غلظت‌های مختلف بور تحت شرایط کنترل‌شده بررسی شود؛ لذا هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر سطوح مختلف بور بر میزان جذب و توزیع این عنصر ضروری و همچنین برخی عناصر غذایی در گیاه زیتون و نیز بررسی میزان تحمل نسبی ارقام مختلف به افزایش بور و همچنین بررسی علائم ظهور سمیت بور است.

مواد و روش‌ها

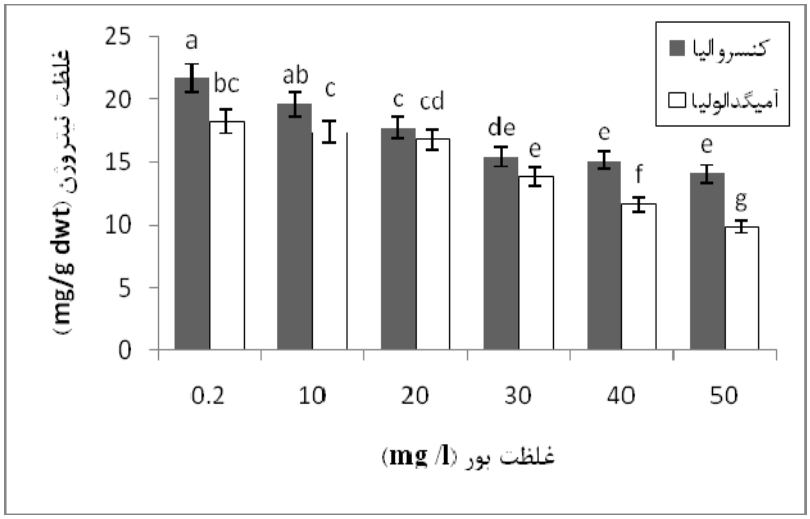
این آزمایش در گلخانهٔ تحقیقاتی آبکشت دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. دو رقم زیتون کنسروالیا[1] و آمیگدالولیا[2] در تابستان ۱۳۸۹ به این گلخانه منتقل شد. نهال‌های یک‌ساله در بستری از پرلیت و ورمیکولیت به نسبت حجمی (۳ به ۱) در گلدان‌های ۱۷ لیتری کاشته شدند و مراقبت‌های لازم تا زمان اعمال تیمار انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش سطح بور با منبع اسیدبوریک (۰/۲، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و دو رقم (کنسروالیا و آمیگدالولیا) در چهار تکرار به اجرا درآمد. پس از رشد نهال‌ها، تیمارهای آزمایشی همراه با آب آبیاری با استفاده از محلول غذایی هوگلند (Hogland & Arnon, 1950) به‌مدت چهار ماه به‌صورت آبیاری دستی اعمال شد. برای افزایش جذب عناصر غذایی pH محلول‌ها روی ۶/۵ تنظیم شد. برای اندازه‌گیری عناصر از برگ‌های تازه توسعه‌یافته در پایان آزمایش نمونه‌برداری شد. نیتروژن موجود در برگ‌ها با استفاده از روش کجلدال اندازه‌گیری شد. نمونهٔ خشک و آسیاب‌شده پس از مراحل هضم در دمای ۳۸۰ سانتی‌گراد در دستگاه تقطیر با استفاده از سود و اسیدبوریک و معرف‌های رنگی تیتر شده و غلظت نیتروژن آن‌ها محاسبه شد (Benton, 2001). برای اندازه‌گیری فسفر، نمونه‌های آسیاب‌شده با اسیدنیتریک مخلوط شد و به‌مدت ۶ ساعت در دمای ۱۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد داخل اجاق هضم قرار گرفت و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۳۰ نانومتر غلظت آن اندازه‌گیری شد (Tabatabaei, 2009). در مورد پتاسیم هضم نمونه‌ها مشابه فسفر انجام گرفت و با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر غلظت پتاسیم محاسبه شد (Benton, 2001). برای اندازه‌گیری کلسیم هضم نمونه‌ها مشابه فسفر و پتاسیم صورت گرفت و با استفاده از دستگاه جذب اتمی غلظت کلسیم قرائت شد. برای اندازه‌گیری غلظت بور نیز از روش آزومتین- اچ[3] استفاده شد (Wolf, 1974). نتایج به‌دست‌آمده به کمک نرم‌افزار

1. Konservalia
2. Amygdalolia
3. Azomethine-H

آماری SPSS نسخهٔ ۱۶ تجزیهٔ واریانس شده و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال خطای ۱درصد انجام شد. ترسیم نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که افزایش غلظت بور می‌تواند به مقدار زیادی جذب سایر عناصر را تحت‌تأثیر قرار دهد. مقدار نیتروژن با افزایش سطوح بور کاهش معناداری در هر دو رقم نشان داد (شکل۱). نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که با افزایش بور مقدار نیتروژن به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد. واکنش دو رقم نسبت به کاهش مقدار نیتروژن کاملاً متفاوت بود. کاهش شدید مقدار نیتروژن در رقم آمیگدالولیا سبب کاهش شدید مقدار رشد رویشی شد، به‌طوری‌که در این رقم با افزایش غلظت بور به ۵۰ میلی‌گرم در لیتر میزان نیتروژن آن به مقدار ۴۷درصد در مقایسه با شاهد کاهش یافت، درحالی‌که در رقم کنسروالیا این کاهش ۳۰درصد بود. سمیت بور به‌واسطهٔ رابطهٔ آنتاگونیسمی بین بور و مولیبدن، موجب جلوگیری از فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در گیاهان می‌شود. از سوی دیگر مطالعات بر روابط میان سمیت بور و کاهش نیترات متمرکز شده است. نتایج مطالعات روی گوجه‌فرنگی نشان داده است که سمیت بور سبب بازدارندگی کاهش نیترات و درنتیجه موجب کاهش غلظت نیتروژن آلی می‌شود (Cervilla *et al*., 2009). سایر یافته‌ها نشان داده است که غلظت‌های بالای بور موجب کاهش مقدار نیتروژن در گیاه شده و وابستگی مثبتی میان کارایی مصرف نیتروژن و غلظت بور در محلول غذایی وجود دارد (Chatzissavvidis & Therios, 2010).



شکل۱. اثر سطوح مختلف بور بر میزان نیتروژن در دو رقم زیتون

مقدار فسفر در تیمارها اختلاف معناداری را نشان داد ($p\leq$۰/۰۱) ولی ارقام از این نظر تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشتند (جدول۱). نتایج نشان داد که با افزایش مقدار بور از مقدار فسفر کاسته می‌شود و این در حالی بود که دو رقم بررسی‌شده هیچ‌گونه تفاوتی از این نظر نداشتند. براساس پژوهش‌های متعدد، اثرات متقابل بین فسفر و بور در محصولات کشاورزی درخور توجه است و مقادیر بالای هر کدام از این دو عنصر در محیط رشد، سبب کاهش محتوای دیگری در داخل بافت گیاه شده است (Kaya *et al*., 2009). در برخی مطالعات مشخص شده است که با افزایش مقدار بور مقدار فسفر تغییری پیدا نمی‌کند (Chatzissavvidis & Therios, 2010). گزارش Kaya و همکاران (2009) نشان داد که با افزایش بور میزان فسفر برگ کاهش یافت و استفاده از فسفر مکمل در محیط رشد سبب کاهش غلظت بور شود. سایر گزارش‌ها در رابطه با فسفر در غلظت‌های بالای بور، در گندم (Singh *et al*., 1990) نشان داد که مقدار فسفر با افزایش بور کاهش می‌یابد، اما Mouhtaridou و همکاران

(2004) دریافتند که غلظت بالای بور در کشت بافت سبب افزایش مقدار فسفر در پایه‌های سیب شد و این در حالی بود که در سایر گزارش‌ها مقدار فسفر کاهش یافته بود.

جدول۱. اثر سطوح مختلف بور بر فسفر، پتاسیم و کلسیم در دو رقم زیتون

رقم	غلظت بور (mg/l)	فسفر (mg/g dwt)	پتاسیم (mg/g dwt)	کلسیم (mg/g dwt)
کنسروالیا	۰/۲	۹/۳۳	۱۷/۷۸^{a}	۲/۰۰
	۱۰	۸/۳۶	۱۷/۰۰^{a}	۱/۵۴
	۲۰	۸/۶۱	۱۷/۰۲^{a}	۱/۲۲
	۳۰	۷/۷۴	۱۴/۰۹^{b}	۱/۰۶
	۴۰	۸/۲۱	۱۳/۱۲^{bc}	۱/۱۲
	۵۰	۷/۵۲	۱۲/۰۳^{c}	۰/۶۷
آمیگدالولیا	۰/۲	۹/۳۶	۱۷/۱۳^{a}	۱/۸۱
	۱۰	۹/۳۷	۱۶/۷۲^{a}	۱/۲۵
	۲۰	۸/۸۰	۱۴/۱۲^{b}	۱/۱۲
	۳۰	۸/۴۷	۱۲/۷۱^{bc}	۰/۷۴
	۴۰	۸/۲۳	۹/۹۹^{d}	۰/۷۶
	۵۰	۸/۲۶	۹/۵۸^{d}	۰/۶۴
تیمار		معناداری		
غلظت بور		**	**	**
رقم		ns	**	*
رقم× بور		ns	**	ns

**معنادار در سطح احتمال ۱درصد، *معنادار در سطح احتمال ۵درصد و nsغیرمعنادار

مقدار پتاسیم در هر دو رقم و تیمارهای مختلف تفاوت معناداری را نشان داد، به‌طوری‌که با افزایش مقدار بور از میزان پتاسیم به مقدار زیادی کاسته شد. البته لازم به ذکر است که رقم آمیگدالولیا کاهش بیشتری از خود نشان داد. این رقم از غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنادار را نشان داد و در سطح ۵۰ میلی‌گرم در لیتر ۴۴ درصد از مقدار پتاسیم آن در مقایسه با شاهد کاسته شد، ولی رقم دیگر از سطح ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر شروع به کاهش کرد. مطالعات Chatzissavvidis & Therios (2010) نشان داد که ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بور سبب کاهش مقدار پتاسیم در برگ می‌شود. در مطالعه،Gunes & Alpaslam (2001) در گوجه‌فرنگی غلظت پتاسیم تحت‌تأثیر سمیت بور قرار نگرفت. غلظت‌های بالای بور به‌واسطهٔ تأثیر منفی بر خصوصیات غشای پلاسمایی، می‌تواند سبب کاهش جذب پتاسیم شده باشد (Mouhtaridou *et al*., 2004).

بین تیمارها از لحاظ مقدار کلسیم اختلاف معناداری وجود داشت. ارقام نیز از این نظر در سطح احتمال ۵درصد متفاوت بودند اما برهم‌کنش رقم و غلظت بور معنادار نبود. با افزایش مقدار بور از میزان کلسیم کاسته شد، که این نتیجه با نظر. Sotiropoulos و همکاران (2002) مطابقت نداشت، این پژوهشگران دربارهٔ دو رقم کیوی گزارش کردند که با افزایش میزان بور، مقدار کلسیم نیز افزایش می‌یابد. با افزایش بور هیچ تغییری در میزان کلسیم مشاهده نشد (Chatzissavvidis *et al*., 2005). نتایج آزمایش‌ها روی گوجه‌فرنگی نشان داد که افزایش مقدار بور سبب کم‌شدن کلسیم می‌شود (Eraslan *et al*., 2007).

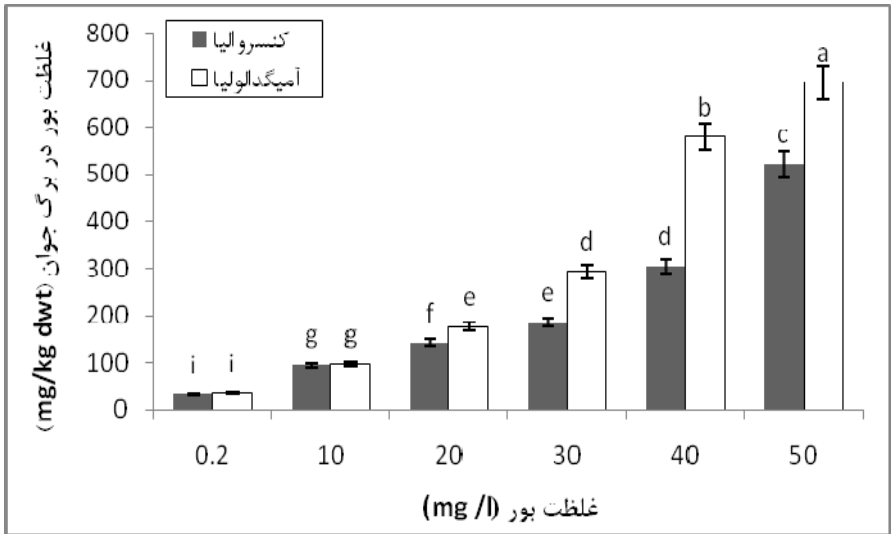
رابطهٔ بین کلسیم و بور بسیار مهم است چراکه این دو عنصر از اجزای تشکیل‌دهندهٔ دیوارهٔ سلولی به شمار می‌روند و برای انتقال اکسین لازم هستند (Tariq & Mott, 2007). واضح است که سمیت بور موجب کاهش و یا جلوگیری از جذب کلسیم خاک می‌شود و یافته‌ها نشان می‌دهد که افزودن برخی عناصر غذایی مانند فسفر و کلسیم به محیط رشد گیاهان می‌تواند اثرات نامطلوب افزایش بور را به مقدار زیادی کاهش دهد، اگرچه افزودن این عناصر نیز بدون مطالعه و دقت می‌تواند سبب ایجاد مشکلات دیگری شود (Sotiropoulos *et al*., 1999).

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 در لیتر) مشاهده شد. ۷۵ روز بعد از آزمایش علائم در رقم کنسروالیا هم مشاهده شد. رقم کنسروالیا علائم را در تیمارهای ۴۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نشان داد. این علائم در دو رقم کاملاً متفاوت بود. در رقم آمیگدالولیا علائم به‌صورت سوختگی نوک و حاشیه‌ی برگ‌های جوان شروع و سپس علائم به برگ‌های پیر منتقل شد. پس از مدتی برگ‌ها شروع به ریزش کرد و تنها تعداد کمی از برگ‌ها در این رقم در تیمار ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بور باقی ماند. درحالی‌که در رقم کنسروالیا علائم بیشتر به‌صورت پیچ‌خوردگی برگ و فنجانی‌شدن برگ‌های جوان اتفاق افتاده که حدس زده می‌شود بر اثر بازدارندگی از انبساط دیوارهٔ سلولی رخ می‌دهد و علائم کمتری را نسبت به رقم آمیگدالولیا نشان داد و در انتها سوختگی مختصری در انتهای برگ‌ها رخ داد. علائم در هر دو رقم ابتدا از برگ‌های جوان شروع شد و سپس به برگ‌های پیر انتقال یافت.

یافته‌های Chatzissavvidis و همکاران (2008) نشان داد که علائم سمیت بور در زیتون بعد از دو ماه از شروع آزمایش مشاهده شد. در سایر مطالعات بررسی‌شده روی زیتون. Benlloch و همکاران (1991) بررسی‌هایی روی دو رقم زیتون مانزالینا و پیکوال انجام دادند و مشاهده کردند که علائم ظاهری سمیت به‌صورت نکروزه‌شدن برگ‌های بالغ و گسترش آن‌ها به سمت شاخه اتفاق افتاد به‌طوری‌که نکروزه‌شدن بافت در یک‌سوم انتهایی سطح شاخه مشاهده شد و رقم مانزالینا در برابر غلظت بالای بور (۴۰ میلی‌گرم در لیتر) دوام نیاورد و از بین رفت، درحالی‌که رقم دیگر با وجود نشان‌دادن علائم سمیت تا آخر آزمایش زنده ماند. در ارقام بررسی‌شده در این آزمایش نکروزه‌شدن از برگ‌های جوان شروع شد و سپس به سمت برگ‌های پیر انتقال یافت. از سال‌ها پیش پژوهشگران بر این باور بودند که بور عنصری غیرمتحرک در گیاهان محسوب می‌شود، چراکه بیشتر در قسمت‌های مسن گیاه انباشته می‌شود. بااین‌حال پژوهش‌ها نشان داده است که بور در برخی گونه‌ها متحرک است (Brown & Shelp, 1997). برای تحرک بور وجود قندهای الکلی مانند سوربیتول در گونه‌های مختلف جنس‌های Malus، Pyrus و Prunus و مانیتول در Oleaceae (Brown & Hu, 1998) لازم است. این قندهای الکلی می‌توانند با بور ترکیب شوند. ثابت شده است که ترکیبات بور- سوربیتول، بور- مانیتول و بور- فروکتوز در گونه‌هایی که بور آزادانه در آوند آبکش آن‌ها متحرک است ایجاد می‌شود (Brown & Shelp, 1997). شواهد دیگری وجود دارد که در گیاهان تراریخت توتون القای سوربیتول منجر به توانایی این گیاه برای متحرک ساختن بور شده است (Brown *et al.*, 1999). در جنس‌هایی که بور در آوند آبکش آن‌ها متحرک است بور به جای تجمع در انتهای مسیر تعرق (برگ‌های پیر) در مناطق در حال رشد گیاه (برگ‌های جوان) و سرشاخه‌ها تجمع می‌یابد. در این گیاهان کمپلکس پلی‌یول- بور- پلی‌یول در بافت‌های فتوسنتزکننده تشکیل می‌شود و با حرکت در آوند آبکش به مناطق محل مصرف انتقال می‌یابد (Brown & Hu, 1998)، درحالی‌که در گونه‌هایی که بور در آوند آبکش آن‌ها متحرک نیست همانند پسته، گردو، توت‌فرنگی و گوجه‌فرنگی بور بیشتر در برگ‌های پیر تجمع می‌یابد. تحرک بالای بور در درختان میوهٔ هسته‌دار شاید به‌دلیل این است که سوربیتول عمده‌ترین کربوهیدرات موجود در آن‌هاست و می‌توان گفت گونه‌هایی که در آن‌ها بور به‌صورت متحرک در آوند آبکش وجود دارد، علائم ظاهری سمیت بور به‌صورت گموز و نکروزه‌شدن سطح داخلی میوه مشاهده می‌شود (Nable *et al.*, 1997). ثابت شده است که زیتون حاوی مقدار زیادی مانیتول است (Brown & Shelp, 1997)، چراکه بور در برگ‌های جوان بیشتر از برگ‌های پیر در شرایط سمیت بور تجمع می‌یابد. پژوهشگران دریافتند که در زیتون مقادیر بالایی از کمپلکس بور- مانیتول تشکیل می‌شود و در آوند آبکش حرکت می‌کند، بنابراین تحرک بور در زیتون به‌دلیل تشکیل و انتقال کمپلکس بور- مانیتول است (Liakopoulos *et al.*, 2005).

غلظت بور در همهٔ قسمت‌های گیاه با افزایش مقدار بور در محلول غذایی افزایش یافت. تجمع بور در غلظت‌های بالا در سایر گزارش‌ها روی درختان میوه نیز مشاهده شده است که برای مثال می‌توان به انگور

(Yermiyahu & Ben-Gal, 2006) و مرکبات (Guidong *el al*., 2011) اشاره کرد.



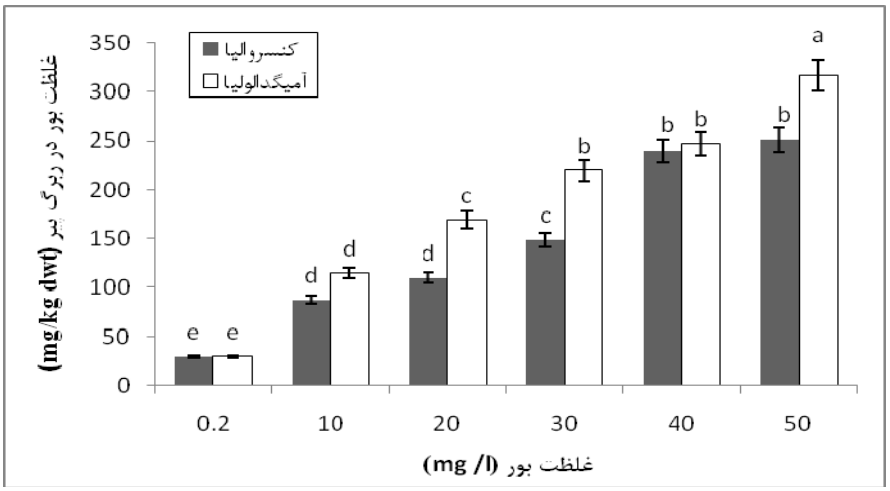
شکل۲. اثر سطوح مختلف بور بر غلظت بور در برگ جوان در دو رقم زیتون

در گیاه زیتون Chatzissavvidis & Therios (2010) دریافتند که در همهٔ قسمت‌های گیاه ازجمله برگ، ساقه و ریشه با افزایش سطوح بور غلظت بور در گیاه بالا می‌رود. غلظت بور برگ جوان با توجه به سطوح مختلف بور و نوع رقم متفاوت بود. با افزایش سطوح بور غلظت بور به‌طور معناداری در برگ‌های جوان افزایش یافت (شکل۲). در انگور و مرکبات مشاهده شده است که غلظت بور در برگ‌های پیر بیشتر از برگ‌های جوان است (Yermiyahu & Ben-Gal, 2006). گزارش Papadakis و همکاران (2004) در نارنگی کلمانتین، بور به مقدار زیادی در برگ پیر تجمع می‌یابد و به سایر قسمت‌های گیاه منتقل نمی‌شود، بنابراین آن‌ها گزارش کردند که بور در آوند آبکش این گیاه غیرمتحرک است و نمی‌تواند حرکت کند. اما نتایج پژوهش اخیر نشان داد که در زیتون بور بیشتر در برگ‌های جوان تجمع می‌یابد. رقم کنسروالیا غلظت کمتری از بور را در برگ‌های جوان انباشته کرد، درحالی‌که رقم آمیگدالولیا غلظت زیادی از بور را در برگ جوان داشت. رقم کنسروالیا تا ۳۰ میلی‌گرم در لیتر بور را تحمل کرد و رقم آمیگدالولیا قادر به تحمل ۲۰ میلی‌گرم در لیتر بور بود. یافته‌ها نشان می‌دهد که غلظت بور در برگ‌ها بیشتر از سایر قسمت‌های گیاه ازجمله ریشه و ساقه است (Guidong *et al*., 2011). غلظت بور در برگ‌های جوان بدون در نظر گرفتن نوع تیمار بیشتر از برگ‌های بالغ بود که این نشان‌دهندهٔ آن است که بور بیشتر به برگ‌های جوان منتقل می‌شود.

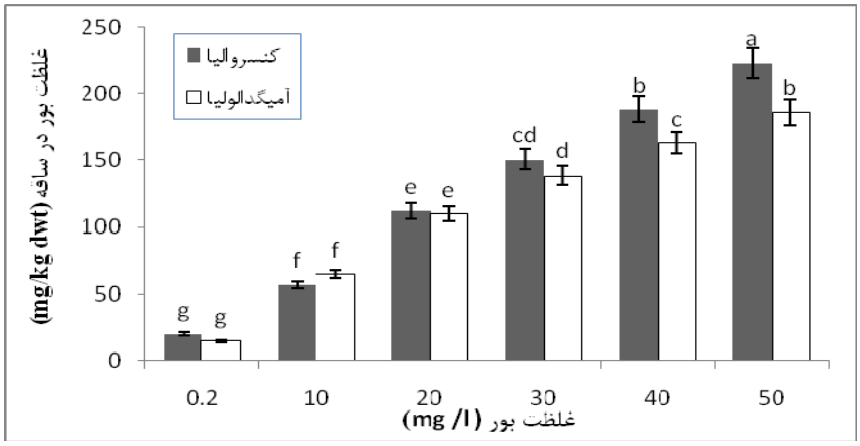
یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که غلظت بور در برگ‌های پیر هر دو رقم اختلاف معناداری را نشان داد (شکل۳) و با افزایش سطوح بور غلظت بور هم بالا رفت، اما نسبت به برگ‌های جوان هر دو رقم مقدار بور کمتری در برگ‌های پیر ذخیره کرده بودند. یکی از راه‌های تشخیص برای پویایی بور در گونه‌های گیاهی، اندازه‌گیری غلظت‌های مختلف بور در برگ‌های با سنین متفاوت است، به‌طوری‌که اگر غلظت بور در برگ‌های پیر یا بالغ در مقایسه با برگ‌های جوان بیشتر باشد نشان‌دهندهٔ تحرک‌نداشتن بور در گیاه است، در مقابل اگر غلظت بور در برگ‌های جوان نسبت به برگ‌های پیر بیشتر باشد به‌دلیل تعرق کمتر برگ‌های جوان، نشان‌دهندهٔ تحرک بور در گیاه است.

غلظت بور در ساقهٔ یک‌سالهٔ رقم کنسروالیا بیشتر از رقم آمیگدالولیا بود و با افزایش سطوح بور مقدار بور هم افزوده شد (شکل۴). نتایج آزمایش‌های مختلف نشان می‌دهد که بور به‌علت تحرک در آوند آبکشی در برخی گونه‌ها به مقدار زیادی در ساقه تجمع نمی‌یابد

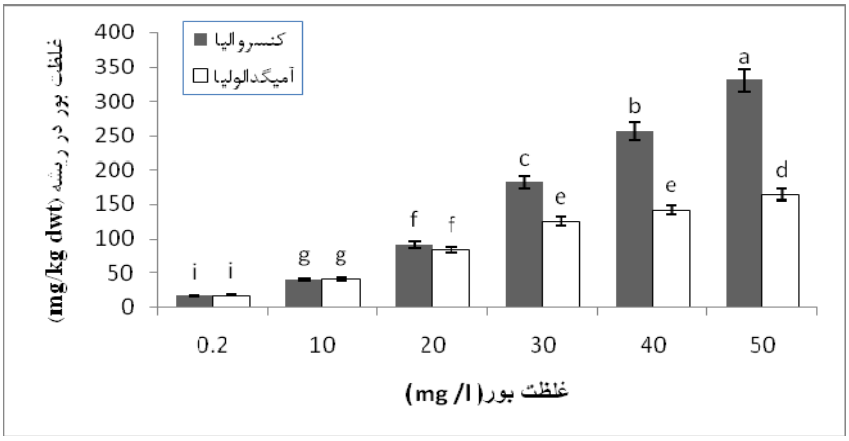
(Guidong *el al*., 2011). در این آزمایش نیز نشان داده شد که بور به‌علت تحرک زیاد در ساقه انباشته نمی‌شود و به سمت برگ‌ها حرکت می‌کند.



شکل۳. اثر سطوح مختلف بور بر غلظت بور در برگ پیر در دو رقم زیتون



شکل۴. اثر سطوح مختلف بور بر غلظت بور در ساقه در دو رقم زیتون



شکل۵. اثر سطوح مختلف بور بر غلظت بور در ریشه در دو رقم زیتون

دربارهٔ غلظت بور در ریشه نیز اختلاف معناداری بین تیمارها و ارقام وجود داشت و با افزایش سطوح بور غلظت بور نیز افزایش یافت (شکل۵)، به‌طوری‌که در سطح ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بور رقم کنسروالیا ۳۳۰

میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک بور را در خود نگه داشته است ولی رقم آمیگدالولیا ۱۶۳ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک بور را در ریشه‌هایش انباشته است. احتمالاً سیستم مقاومت رقم کنسروالیا به افزایش بور به این صورت است که این رقم با تجمع بور تا ۳۰ میلی‌گرم در لیتر در ریشه‌ها از انتقال آن به برگ‌های جوان جلوگیری می‌کند و به این شکل اجازهٔ تجمع بیش از حد بور در برگ را نمی‌دهد و از سوختگی برگ جلوگیری می‌کند، درحالی‌که رقم آمیگدالولیا در این غلظت مقدار کمی از بور را در ریشه اندوخته و به برگ‌های جوان انتقال داده است و بنابراین در این سطح از بور علائم سمیت را سریع‌تر از رقم کنسروالیا نشان داده است. به نظر می‌رسد که رقم کنسروالیا از طریق مکانیسم تدافعی توانسته است بور را در ریشه خود انباشته و از انتقال آن به برگ جلوگیری کند. بسیاری از ارقام متحمل به بور قادرند غلظت بور موجود در برگ را در سطح پایینی نگه دارند و از این طریق نسبت به سمیت بور مقاومت نشان دهند، هر چند این ژنوتیپ‌های مقاوم از مکانیسم خروج استفاده می‌کنند که درنتیجه آن مقدار تجمع بور در کل گیاه کاهش می‌یابد (Nable *et al*., 1997).

اعتقاد Nable و همکاران (1998) بر این است که علائم سمیت بور در ریشه اتفاق نمی‌افتد و غلظت بور در ریشه در مقایسه با برگ‌ها حتی در سطوح بالای بور نسبتاً کم باقی می‌ماند، شاید غلظت‌های سمی در ریشه اتفاق نمی‌افتد اما در رقم کنسروالیا دیده شد که این رقم مقدار زیادی از بور را در ریشه‌هایش نگه داشته است و به این طریق توانسته به افزایش بور مقاومت نشان دهد. در کیوی نشان داده شده است که تجمع بور بیشتر در حاشیهٔ برگ‌ها اتفاق می‌افتد و غلظت کمی از بور در ریشه و شاخساره تجمع می‌یابد که نشان‌دهندهٔ این است که کیوی مقاومت خوبی به سمیت بور ندارد و نمی‌تواند از مکانیسم خروجی استفاده کند (Sotiropoulos *et al*., 1999).

نتیجه‌گیری کلی

سمیت بور به‌دلیل کاهش انتقال آب از طریق ریشه، جذب عناصر غذایی را از خاک مختل می‌کند. این پژوهش نشان داد که با افزایش سطوح بور به مقدار قابل توجهی از میزان عناصر کاسته می‌شود. علائم ظاهری سمیت بور وابسته به رقم است و ارقام علائم متفاوتی را در این آزمایش نشان می‌دهند و علائم توصیف‌شده در این پژوهش را می‌توان به عنوان یک روش قابل اعتماد در شناسایی علائم سمیت بور استفاده کرد. رقم کنسروالیا نسبت به آمیگدالولیا مقاومت بهتری در برابر افزایش بور دارد، چراکه این رقم تا سطح ۳۰ میلی‌گرم در لیتر بور را تحمل می‌کند، بنابراین به عنوان رقمی مقاوم به بور برای کاشت پیشنهاد می‌شود.

REFERENCES

1. Alpaslam, M. & Gunes, A. (2001). Interactive effects of boron and salinity stress on the growth permeability and mineral composition of tomato and cucumber plants. *Plant and Soil*, 236, 123-128.
2. Benlloch, M., Arboleda, F., Barranco, D. & Fernandez – Escobar, R. (1991). Response of young olive trees to sodium and boron excess in irrigation water. *Horticultural Science*, 26, 867–870.
3. Benton, J. (2001). *Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis*. CRC Press. New York.
4. Brown, H. P. & Hu, H. (1998). Boron mobility and consequent management in different crops. *Better Crops*, 2, 28-31.
5. Brown, H. P. & Shelp, B. J. (1997). Boron mobility in plants. *Plant & Soil*, 193, 85–101.
6. Brown, P. H., Bellaloui, N., Hu, H. & Dandekar, A. (1999). Transgenically enhanced sorbitol synthesis facilitates phloem boron transport and increases tolerance of tobacco to boron defciency. *Plant Physiology*, 119, 17-20.
7. Cervilla, L. M., Blasco, B., Rios, J. J., Rosales, M. A., Rubio-Wilhelmi, M. M., Sanchez- Rodriguez, E., Romero, L. & Ruiz, J. M. (2009). Response of nitrogen metabolism to boron toxicity in tomato plants. *Plant Biology*, 11, 671–677.
8. Chatzissavvidis, C. & 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.

9. Chatzissavvidis, C., Therios, I., Antonopoulou, C. & 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. A., Therios, I. N. & 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.
11. Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A. & 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. Failla, O., Pedo, D., Bassi, D. & Gigliotti, C. (2008). Determiation of olive leaf boron critical levels in northern Italy. *Acta Horticulturae*, 791, 763-768.
13. Guidong, L., Cuncang, J. & 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 and Plant Nutrition*, 57, 93-104.
14. Gunes, A., Soylemezoglu, G., Inal, A., Bagci, E. G., Coban, S., & Sahin, O. 2006. Antioxidant and stomatal responses of grapevine (*Vitis vinifera* L.) to boron toxicity. *Scientia Horticulturae*, 110, 279–284.
15. Hoagland, D. R. & Arnon, D. S. 1950. The water culture method for growing plants without soil. *Californiya. Agriculture*, 374.
16. Kaya, C., Tuna, A. L., Dikilitas, M., Ashraf, M., Koskeroglu, S. & Guneri, M. (2009). Supplementary phosphorus can alleviate boron toxicity in tomato. *Scientia Horticulturae*, 121, 284-288.
17. Liakopoulos, G., Stavrianokou, S., Filippou, M., Fasseas, C., Tsadilas, C. H., Drossopoulos, I. & 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.
18. Mouhtaridou, G. N., Sotiropoulos, T. E., Dimassi, K. N. & Therios, I. N. (2004). Effects of boron on growth, and cholorophyll and mineral contents of shoots of the apple rootstock MM_{106} cultured *in vitro*. *Biologia Plantarum*, 48, 617-619.
19. Nable, R. O., Banuelos, G. S. & Paull, J. G. (1997). Boron toxicity. *Plant & Soil*, 198, 181–198.
20. Nable, R. O. (1988). Resistance to boron toxicity amongst several barley and wheat cultivars a preliminary examination of the resistance mechanism. *Plant & Soil*, 112, 45–57.
21. Oraei, M., Tabatabaei, S. J., Fallahi, E. & Imani, A. (2009). The effects of salinity stress and rootstock on the growth, photosynthetic rate, nutrient and sodium concentrations of almond (*Prunus dulcis* Mill.). *Journal of Horticultural Sciences*, 23, 131-140. (In Farsi)
22. Papadakis, I. E., Dimassi, K. N., Bosabadilis, A. M., Therios, I. N., Patakas, A. & Giannakoula, A. (2004). Boron toxicity in ‘Clementine’ mandarin plants grafted on two rootstock. *Plant Science*, 166, 539-547.
23. Reid, R. J., Hayes, J. E., Post, A., Stangoulis, J. C. R. & Graham, R. D**. (**2004). A critical analysis of the causes of boron toxicity in plants. *Plant Cell Environment,* 25, 1405–1414.
24. Singh, J. P., Dahiya, D. J. & Narwal, R. P. (1990). Boron uptake and toxicity in wheat in relation to zinc supply. *Nutrition. Cycling Agroecosyst*, 24, 105–110.
25. Sotiropoulos, T. E., Therios, I. N., Dimassi, K. N., Bosabalidis, A. & 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.
26. Sotiropoulos, T. E., Therios, I. N. & Dimassi, K. N. (1999). Calcium application as a means to improve tolerance of kiwi fruit *(Actindia deliciosa* L.*)* to boron toxicity. *Scientia Horticulturae*, 8, 443-449.
27. Tabatabaei, S. J. (2009). *Principles of Plant Mineral Nutrition*. Kharazmi. Tabriz. Iran. (In Farsi).
28. Tariq, M. & Mott, C. J. B. (2007). Effect of boron on the behavior of nutrients in soil-plant system. Asian *Journal of Plant Science*, 6, 195-202.
29. Wolf, B. (1974). Improvement in the azomethine-H method for the determination of boron. *Communication in Soil Science & Plant Analysis*, 5, 39-44.
30. Yermiyahu, U. & Ben- Gal, A. (2006). Boron toxicity in grapevine. *Horticulture Science*, 7, 1698-1703.