



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



## مقایسه رشد رویشی سه گونه مرکبات با پایه نارنج در شرایط زیادی بور در آب آبیاری

یعقوب حسینی<sup>۱\*</sup>، علی امانی<sup>۲</sup>، جهان‌شاه صالح<sup>۳</sup>

- ۱- دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران [\\*yaaghoob.hosseini@yahoo.com](mailto:yaaghoob.hosseini@yahoo.com)
- ۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی جیرفت، ۳- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

### چکیده

چالش‌های متعددی در مسیر تولید مرکبات بویژه در استان‌های جنوبی کشور وجود دارد که از مهمترین آنها کمبود آب و افت کیفی آن می‌باشد. یکی از مؤلفه‌های تنزل کیفیت آب، افزایش غلظت بور در آب آبیاری است. اگرچه بور یکی از عناصر مورد نیاز برای رشد گیاه است، اما دامنه غلظت آن در خاک که سبب بروز علائم کمبود و یا سمیت می‌شود بسیار به هم نزدیک می‌باشد. با توجه به تفاوت میزان جذب بور در ترکیب‌های مختلف پایه و پیوندک، استفاده از ترکیب مناسب پایه و پیوندک از جمله راهکارهایی است که می‌تواند نقش بسزایی در کاهش اثرات زیانبار سمیت بور در رشد مرکبات داشته باشد. در این راستا، آزمایشی به منظور انتخاب نسبی گونه/ گونه‌های برتر مرکبات (با پایه نارنج) از نظر تحمل به سمیت بور انجام شد. نتایج نشان داد کمترین و بیشترین مقادیر برای اغلب صفات رشد رویشی، به ترتیب در ترکیب پیوندک لیسبون بر پایه نارنج و ترکیب پیوندک پرتقال یا گریپ‌فوروت بر پایه نارنج حاصل گردید. لذا می‌توان به صورت نسبی گونه لیسبون و گونه پرتقال به همراه گونه گریپ‌فوروت را به ترتیب به عنوان گونه حساس و گونه‌های متحمل به تنش زیادی بور در آب آبیاری معرفی کرد.

واژگان کلیدی: بور، گونه، مرکبات

## مقدمه

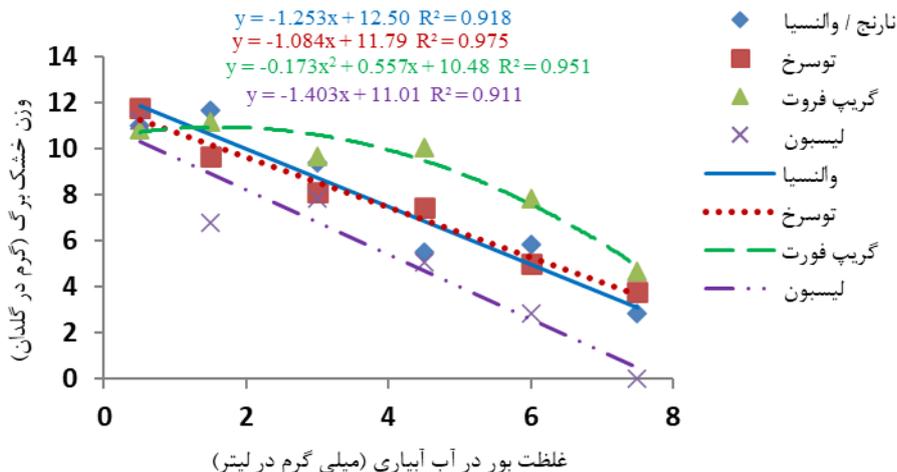
تولید مرکبات از اهمیت بسیار بالایی در دنیا و ایران برخوردار است. تولید سالانه مرکبات در جهان در حال حاضر ۱۱۲ میلیون تن است. کشور ایران مقام هفتم جهان در بین کشورهای تولیدکننده مرکبات را دارد. در این میان، استان مازندران، کرمان، فارس و هرمزگان در زمره مهمترین تولیدکنندگان مرکبات ایران هستند. چالش‌های متعددی در مسیر تولید مرکبات بویژه در استان‌های جنوبی کشور وجود دارد که از مهمترین آنها کمبود آب و افت کیفی آن می‌باشد. یکی از مؤلفه‌های تنزل کیفیت آب افزایش بالای غلظت بور در آب آبیاری است. بور یکی از عناصر ریز مغذی مورد نیاز برای رشد گیاه است، اما دامنه غلظت های بور در محلول خاک که سبب بروز علائم کمبود و یا سمیت می‌شوند بسیار به هم نزدیک می‌باشد. بخش اعظم جذب بور توسط گیاه از بور موجود در فاز محلول خاک صورت می‌گیرد، بنابراین هرگونه تغییر در مقدار بور در فاز محلول خاک می‌تواند جذب بور توسط گیاه را متأثر سازد. از میان همه منابع بالقوه، آب آبیاری بیشترین سهم را در بالابردن غلظت بور در خاک‌ها را دارد (Goldbery, 2003). این عنصر می‌تواند از محلول خاک از طریق ریشه‌های گیاه جذب و به ساقه و سپس برگ منتقل شود. اگر غلظت در بافت‌های گیاهی از سطح بحرانی بیشتر شود، صدمه برگ‌گی اتفاق می‌افتد. اثر سمیت معمولاً به صورت صدمه به برگ و بد شکلی برگ و کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه خود را نشان می‌دهد. گزارش شده است که گونه‌های مختلف مرکبات دارای پتانسیل متفاوتی برای جذب و انتقال یون‌های سمی به داخل اندام‌های هوایی هستند (Lvy and Syvertsen, 2004). بنابراین تحمل به یک عنصر سمی در دراز مدت براساس توانایی محدود کردن تجمع این عناصر در برگ‌هاست، زیرا ارقام و پایه‌های متفاوت این عناصر را در مقادیر متفاوت جذب می‌کنند (Grattan, 2013). معمولاً به دلیل سخت و طولانی بودن انجام پژوهش در گیاهان چوبی و باغی، این‌گونه پژوهش‌ها کمتر صورت پذیرفته است. فرض بر این است که جذب بور بوسیله گیاه به صورت فرایند غیر فعال صورت می‌گیرد، اما برخی از پژوهش‌ها نشان داده است که جذب این عنصر به صورت‌های دیگری مانند پخشیدگی فعال از طریق غشاء سلولی و انتقال تسهیل شده از طریق پروتئین‌های اصلی در غشاء و انتقال وابسته به انرژی نیز انجام می‌شود (Takano et al., 2008). همین‌طور مشخص شده است که تفاوت‌های زنتیکی نیز سبب تفاوت‌هایی در جذب و انتقال بور به وسیله گیاهان می‌شوند (Nable, 1997). در بسیاری از مناطق جنوبی کشور از جمله شهرستان‌های مرکبات خیز جهرم و جیرفت، زیادی بور در آب آبیاری تا حد مسمومیت عامل محدود کننده افزایش عملکرد مرکبات می‌باشد (محصلی، ۱۳۷۸). شرایط طبیعی جنوب ایران از جمله بارندگی کم و پتانسیل بالا برای تبخیر و نیز تعداد زیاد گنبد‌های نمکی، کیفیت پایین منابع خاک و آب را سبب شده است. همچنین جنوب ایران در سال‌های اخیر درگیر پدیده خشکسالی بوده است. خشکسالی‌های متوالی، افزون بر کمیت، کیفیت آب را نیز متأثر ساخته است، به طوری که در بسیاری از آب‌های مورد استفاده در بخش کشاورزی، غلظت بور به بیش از آستانه تحمل مرکبات رسیده است و با تداوم خشکسالی، این مقدار رو به افزایش است. برخی از پژوهشگران (Keren and Bingham, 1985) غلظت بدون خطر بور در آب آبیاری برای گیاهان حساس را کمتر از ۰/۳ میلی گرم در لیتر ذکر کرده‌اند. زیادی بور کاهش عملکرد و در برخی از موارد مرگ گیاه را به دنبال دارد. در مورد نهال‌ها، با در نظر گرفتن این موضوع که عموماً نهال در مقایسه با گیاه بالغ آسیب پذیرتر است، این عارضه مرگ نهال را موجب می‌شود. همانند تنش شوری، تحمل به سمیت بور نیز با تغییرات آب و هوا، شرایط خاک و رقم گیاه تغییر می‌کند. بنابراین ممکن است توصیه‌ها درباره کنترل سمیت بور برای نقاط متفاوت، یکسان نباشد. با توجه به آنچه گفته شد، راهکارهایی که بتوانند این مشکل را تعدیل نمایند دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشند. از جمله این راهکارها استفاده از ترکیب مناسب پایه و پیوندک است که با توجه به تفاوت میزان جذب بور در پایه‌های مختلف مرکبات و نقش مهمی که نوع ترکیب پایه و پیوندک در این خصوص دارد، می‌تواند نقش بسزایی در کاهش اثرات زیانبار سمیت بور آب آبیاری بر رشد گیاه مرکبات داشته باشد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش بر روی نهال سه گونه مرکبات شامل گریپ فروت، لیمو لیسبون و پرتقال (دو رقم پرتقال والنسیا و توسرخ) که بر روی پایه نارنج پیوند شده بودند، انجام گردید. آزمایش دارای دو فاکتور بور و نوع پیوندک بود. فاکتور بور شامل شش سطح بور (تیمار شاهد - بدون اضافه کردن بور، ۳، ۱/۵، ۴/۵، ۶، ۷/۵ میلی گرم بور در لیتر آب آبیاری به صورت اسید بوریکی) و فاکتور پیوندک شامل سه نوع گونه مرکبات شامل گریپ فروت، لیمو لیسبون و پرتقال (دو رقم پرتقال والنسیا و توسرخ) با پایه نارنج، بودند. آزمایش در شرایط گلدانی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گردید. برای اعمال تیمارهای آزمایش ابتدا تعداد کافی نهال متناسب با شرایط آزمایش در نهالستان باغ بنیاد مستضعفان (واحد تولید نهال مجتمع کشاورزی ابراهیم آباد شهرستان ارزوئیه، کرمان) تولید گردید. سپس ۷۲ اصله از آنها که دارای شرایط مشابه برای اعمال تیمارهای آزمایش بودند، انتخاب گردیدند. در ادامه مقادیر بور (مربوط به هر سطح بور) به طور جداگانه به بشکه‌های آماده شده، حاوی آب مورد استفاده باغ، اضافه شد و بدین صورت سطوح بور همراه با آب آبیاری اعمال گردیدند. مقدار سطح اول بور یا تیمار شاهد همان مقدار اولیه بور در آب آبیاری مورد استفاده باغ بود که غلظت آن ۰/۵۴ میلی گرم بور در آب آبیاری تعیین شد. سعی گردید در تمام طول آزمایش مقدار رطوبت در حد ظرفیت مزرعه حفظ گردد. پس از ۱۱ ماه از اعمال تیمارهای آزمایش، نهال‌ها از طوقه قطع گردید و به آزمایشگاه ارسال گردید. تعداد برگ سبز نهال و شاخص کلروفیل در زمان قطع نهال‌ها اندازه گیری شدند. گیاهان قطع شده از هر گلدان به آزمایشگاه منتقل و شستشوی لازم انجام و سپس پاسخ‌های گیاهی شامل وزن خشک برگ و ریشه نهال‌ها در هر گلدان به طور جداگانه تعیین گردید. در مرحله بعدی، داده‌های بدست آمده از مراحل قبلی بوسیله برنامه آماری مناسب تجزیه و شکل‌ها با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردیدند

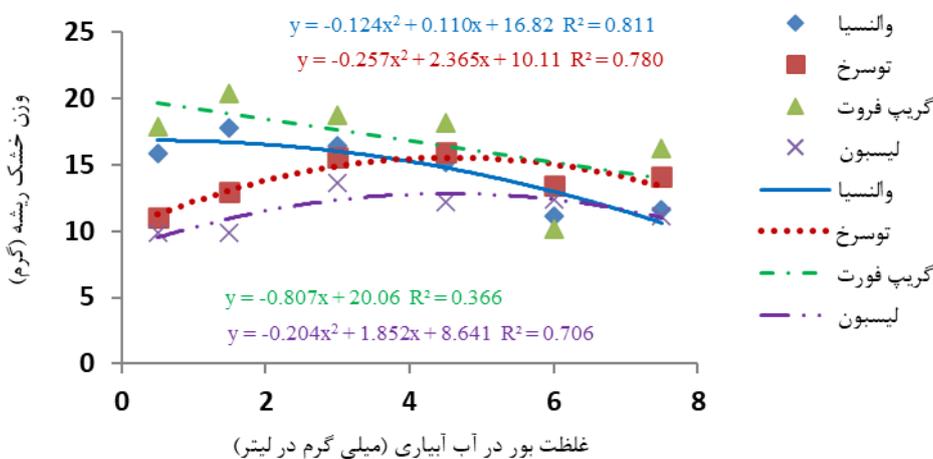
## نتایج و بحث

بررسی وزن خشک برگ مرکبات مختلف پیوند شده بر پایه نارنج نشان داد که گونه گریپ فروت از غلظت ۳ تا ۷/۵ میلی گرم در لیتر بور آب آبیاری وزن خشک برگ بیش‌تری نسبت به سایر گونه‌های مرکبات داشت. در همه سطوح غلظت بور اعمال شده در آزمایش، گونه لیسبون نسبت به سایر گونه‌های مرکبات وزن خشک برگ کمتری را بر روی پایه نارنج تولید کرد (شکل ۱). آستانه تحمل غلظت بور در آب آبیاری برای گونه‌های لیسبون و پرتقال (هر دو رقم والنسیا و توسرخ) برابر با ۰/۵۴ میلی گرم بور در آب آبیاری برای وزن خشک برگ بدست آمد در حالی که آستانه مذکور برای گونه گریپ برابر با ۱/۵ میلی گرم بور در آب آبیاری تعیین شد. شیب کاهش وزن خشک برگ با افزایش غلظت بور در آب آبیاری برای گونه لیسبون بالاترین مقدار و برای گریپ فورت کمترین مقدار بود. شیب مذکور برای دو رقم پرتقال نزدیک به هم و از لحاظ مقدار در بین دو گونه گریپ فورت و لیسبون قرار داشت. در واقع افزایش بور از طریق کاهش تقسیم سلولی، ممانعت از توسعه سلولی، کاهش کلروفیل و کاهش فتوسنتز موجب کاهش رشد در گیاهان می‌شود (Reid, 2004).



شکل ۱- اثر سطوح مختلف بور آب آبیاری بر وزن خشک برگ گونه‌های مختلف مرکبات پیوند شده بر پایه نارنج

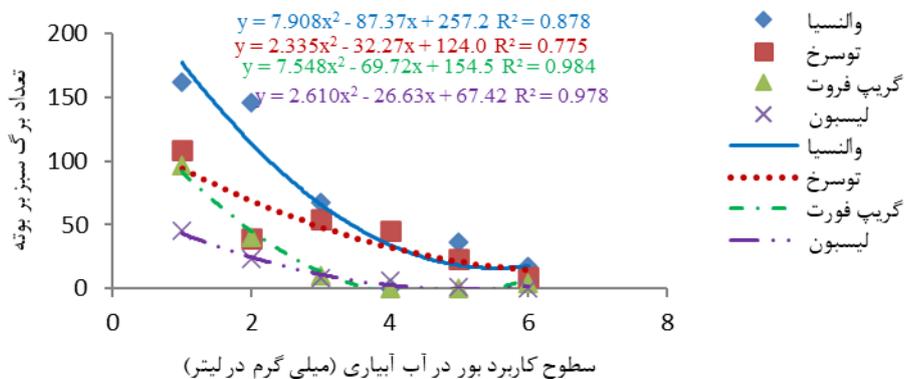
با بررسی وزن خشک ریشه مختلف پیوند شده بر پایه نارنج مشخص گردید که به طور کلی گریپ‌فروت در تمامی غلظت‌های بور (به جز غلظت ۶ میلی‌گرم بور در لیتر) وزن خشک ریشه آن نسبت به سایر گونه‌های مرکبات بالاتر بود. گونه لیسبون، در همه سطوح غلظت بور در آب آبیاری، کم‌ترین وزن خشک ریشه را دارا بود در حالی که گونه پرتقال (هر رقم مورد آزمایش) حالت دو گونه گریپ‌فروت و لیسبون داشتند (شکل ۲).



شکل ۲- اثر سطوح مختلف بور آب آبیاری بر وزن خشک ریشه گونه‌های مختلف مرکبات پیوند شده بر پایه نارنج

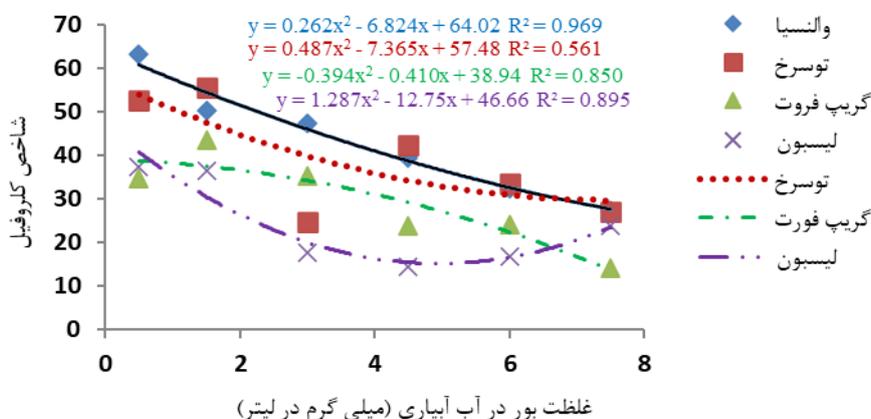
بررسی تعداد برگ سبز مرکبات پیوند شده بر پایه نارنج نشان داد که به‌طور کلی در گونه پرتقال (هر دو رقم مورد استفاده در آزمایش) در تمامی غلظت‌های بور در آب آبیاری، بیش‌ترین تعداد برگ را نسبت به سایر گونه‌های مرکبات دارا بود؛ اگرچه در غلظت‌های پایین‌تر بور در رقم والنسیا، در مقایسه با رقم توسرخ، تعداد برگ سبز بالاتر بود، اما با افزایش غلظت بور در آب آبیاری این تفاوت کم و کمتر شد تا اینکه در غلظت‌های بالای بور در آب آبیاری تقریباً تعداد برگ سبزه‌های دو رقم پرتقال به مقدار یکسانی کاهش یافتند. گونه لیسبون، در همه سطوح غلظت بور در آب آبیاری، کم‌ترین تعداد برگ سبز داشت. تعداد برگ سبز گونه گریپ‌فروت، اگرچه در سطوح پایینی غلظت بور در آب آبیاری، بالاتر از گونه لیسبون بود اما با افزایش غلظت بور با شیب کاهشی نسبتاً زیادی، همه برگ سبز خود را همانند

گونه لیسبون در غلظت ۴/۵ میلی گرم بور در لیتز آب آبیاری از دست داد و به عدد صفر رسید. (شکل ۳). گفته شده است که ژنتیک گیاه، تا حدود قابل ملاحظه‌ای در واکنش گیاه به زیادی غلظت بور در محیط رشد دخالت دارد ( Zhao et al., 2024).



شکل ۳- اثر سطوح مختلف بور آب آبیاری بر تعداد برگ سبز گونه‌های مختلف مرکبات پیوند شده بر پایه نارنج

با بررسی شاخص کلروفیل برگ گونه‌های مختلف مرکبات پیوند شده بر روی پایه نارنج ملاحظه گردید که گونه پرتقال (ارقام والنسیا و توسرخ)، در مقایسه با دو گونه دیگر (گریپ‌فورت و لیسبون)، در همه سطوح غلظت بور در آب آبیاری دارای شاخص کلروفیل بالاتری هستند. در بین ارقام پرتقال، برگ رقم والنسیا نسبت به توسرخ از سبزیگی بهتری برخوردار است، اگرچه با افزایش سطوح بور در آب آبیاری این برتری کاهش می‌یابد و در بالاترین غلظت بور وضعیت یکسانی دارند. گونه لیسبون از نظر شاخص کلروفیل دارای کمترین مقدار نسبت به سایر گونه‌های مرکبات بود در حالی که گونه گریپ‌فورت از این حیث بین دو گونه گریپ‌فورت و پرتقال قرار داشت. شاخص کلروفیل در گونه گریپ-فورت، برخلاف گونه‌های دیگر که از همان ابتدا روند کاهشی، با افزایش غلظت بور در آب آبیاری، نشان دادند تا غلظت ۳ میلی‌گرم بور در لیتر در آب آبیاری کاهش قابل ملاحظه‌ای نداشت. بر این اساس آستانه تحمل به زیادی غلظت بور در آب آبیاری برای صفت شاخص کلروفیل گونه گریپ‌فورت نسبت به سایر گونه‌های مرکبات در آزمایش بالاتر بود. آستانه تحمل به زیادی بور در آب آبیاری برای گونه گریپ‌فورت ۳ و برای سایر گونه‌ها ۴/۵ میلی‌گرم بور در لیتر تعیین گردید. (شکل ۴). افزایش بور از طریق کاهش تقسیم سلولی، ممانعت از توسعه سلولی، کاهش کلروفیل و کاهش فتوسنتز موجب کاهش رشد در گیاهان می‌شود (Reid, 2004).



شکل ۴- تاثیر غلظت‌های بور در آب آبیاری بر وزن خشک ریشه پرتقال رقم توسرخ پیوند شده بر پایه‌های مختلف

## نتیجه‌گیری

کمترین و بیشترین مقادیر برای اغلب صفات رشد رویشی تعیین شده در پژوهش حاضر، به ترتیب در ترکیب پیوندک لیسبون بر پایه نارنج و ترکیب پیوندک پرتقال یا گریپ‌فوروت بر پایه نارنج مشاهده شد. لذا می‌توان به صورت نسبی ترکیب گونه لیسبون بر پایه نارنج و ترکیب گونه پرتقال به همراه گونه گریپ‌فوروت بر پایه نارنج را به ترتیب به‌عنوان گونه حساس و گونه‌های مقاوم به تنش زیادی بور در آب آبیاری معرفی کرد.

## فهرست منابع

- ۱- محصلی، و. (۱۳۸۷). بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن در کاهش سمیت بور در نهال‌های مرکبات. مجله پژوهش و سازندگی. ۲۱: ۱۰۶-۱۰۰.
- 2- Goldberg, S., Shouse, P. J., Lesch, S. M., Grieve, C. M., Poss, J. A., Forster, H. S., Suarez, D. L. (2003). Effect of high boron application on boron content and growth of melons. *Plant and Soil*. 265(2), 403-411.
- 3- Keren, R., Bingham, F. T. (1985). Boron in Water, Soils, and Plants. *Advances in Soil Science*, 1, 229-276.
- 4- Levy, Y., Syvertsen, J. (2004). Irrigation Water Quality and Salinity Effects in Citrus Trees. *Horticultural Reviews*, 30, 37-82.
- 5- Nable, R. O., Banuelos, G. S., Paull, J. G. (1997). Boron toxicity. *Plant and Soil* 193, 181-198.
- 6- Reid, R., 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 and Environment*. 25, 1405-1414.
- 7- Takano, J., Miwa, K., Fujiwara, T. (2008). Boron transport mechanisms: collaboration of channels and transporters. *Trends in Plant Science*, 13 (8), 451-457.
- 8- Zhao, S., Huq, M. D. E., Fahad, S., Kamran, M., Riaz, M. (2024). Boron toxicity in plants: understanding mechanisms and developing coping strategies; a review. *Plant Cell Reports*, 43(238), 1-19.

### Comparison of vegetative growth of three citrus species with orange rootstock under conditions of high boron in irrigation water

Yaaghoob Hosseini<sup>1</sup>, Ali Amani<sup>2</sup>, Jahanshah Saleh<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.

<sup>2</sup> Azad University of Jiroft

<sup>3</sup>Soil and Water Research Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Abbas, Iran.

## Abstract

There are numerous challenges facing citrus production, particularly in the southern provinces of the country. One of the most significant challenges is the shortage of water and the decline in its quality. A major contributor to the degradation of water quality is the increase in boron concentration in irrigation water. While boron is an essential element for plant growth, the range of its concentration in the soil that can cause symptoms of deficiency or toxicity is very narrow. Due to variations in boron absorption among different rootstock and scion combinations, selecting the appropriate combination is a crucial strategy in mitigating the harmful effects of boron toxicity on citrus growth. To address this issue, an experiment was conducted to identify superior citrus species/varieties (using orange rootstock) that are tolerant to boron toxicity. The results revealed that the combination of Lisbon rootstock based on orange had the lowest values for most vegetative growth traits, while the combination of orange or grapefruit rootstock based on orange had the highest values. Therefore, the Lisbon variety and the orange variety, along with the grapefruit variety, can be relatively classified as sensitive and tolerant species to high levels of boron stress in irrigation water, respectively.

**Keywords:** Boron, Citrus, Rootstock