



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



بررسی تأثیر نوع پایه بر رشد رویشی پرتقال توسرخ در شرایط زیادی بور در آب آبیاری

یعقوب حسینی^{۱*}، علی امانی^۲، جهانناشاه صالح^۳

- 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

بور یکی از عناصر مورد نیاز برای رشد گیاه است، اما دامنه غلظت بور در خاک که سبب بروز علائم کمبود و یا سمیت می‌شوند بسیار به هم نزدیک می‌باشد. در سال‌های اخیر بواسطه خشکسالی‌های متوالی و دیگر تغییرات اقلیمی، علاوه بر کاهش کمیت آب، با تنزل کیفیت آب آبیاری از قبیل افزایش شوری و غلظت بور مواجه هستیم. با توجه به تفاوت میزان جذب بور در پایه‌های مختلف مرکبات و نقش مهمی که نوع ترکیب پایه و پیوندک در این خصوص دارد، استفاده از ترکیب مناسب پایه و پیوندک از جمله راهکارهایی است که می‌تواند نقش بسزایی در کاهش اثرات زیانبار سمیت بور آب آبیاری بر رشد مرکبات داشته باشد. در این راستا آزمایشی به منظور انتخاب بهترین پایه از نظر تحمل به سمیت بور بر روی پرتقال رقم توسرخ پیوند شده بر روی سه پایه نارنج، ولکامریانا و سیتروملو انجام شد. نتایج نشان داد پایه سیتروملو در غلظت‌های بالای بور، بیشترین رشد رویشی (وزن برگ، ریشه، ارتفاع ساقه و قطر تنه) در پرتقال توسرخ در مقایسه با دو پایه دیگر، در شرایط غلظت بالای بور در آب آبیاری دارد. بنابراین برای پرورش رقم پرتقال توسرخ، در مکان‌هایی که غلظت بور بالا می‌باشد، توصیه می‌شود از پایه سیتروملو استفاده گردد.

واژگان کلیدی: بور، پایه، مرکبات

مقدمه

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 می شوند بسیار به هم نزدیک می باشد. بخش اعظم جذب بور توسط گیاه از بور موجود در فاز محلول خاک صورت می گیرد، بنابراین هرگونه تغییر در مقدار بور در فاز محلول خاک می تواند 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 می تواند از محلول خاک از طریق ریشه های گیاه جذب و به ساقه و سپس برگ منتقل شود. اگر غلظت در بافت های گیاهی از سطح بحرانی بیشتر شود، صدمه برگه اتفاق می افتد. اثر سمیت معمولاً به صورت صدمه به برگ و بد شکلی برگ و کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه خود را نشان می دهد. گزارش شده است که پایه های مختلف مرکبات دارای پتانسیل متفاوتی برای جذب و انتقال یون های سمی به داخل اندام های 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 پایه های متفاوت این عناصر را در مقادیر متفاوت جذب می کنند. تفاوت در تحمل سمیت ممکن است در داخل یک گونه خاص نیز اتفاق بیافتد. اگر چه پایه های مرکبات در تحمل به یون های ویژه متفاوتند، لیکن عامل انتخاب پایه کمتر بر این اساس صورت پذیرفته و بیشتر براساس تحمل بیماری بوده است (Grattan, 2013). معمولاً به دلیل سخت و طولانی بودن انجام پژوهش در گیاهان چوبی و باغی، این گونه پژوهشها کمتر صورت پذیرفته است. فرض بر این است که جذب بور بوسیله گیاه به صورت فرایند غیر فعال صورت می گیرد، اما برخی از پژوهشها نشان داده است که جذب این عنصر به صورت های دیگری مانند پخشیدگی فعال از طریق غشاء سلولی و انتقال تسهیل شده از طریق پروتئین های اصلی در غشاء و انتقال وابسته به انرژی نیز انجام می شود (Takano et al., 2008). همین طور مشخص شده است که تفاوت های زنتیکی نیز سبب تفاوت هایی در جذب و انتقال بور به وسیله گیاهان می شوند (Nable, 1997). در بسیاری از مناطق جنوبی کشور از جمله شهرستان های مرکبات خیز جهرم و جیرفت، زیادی بور در آب آبیاری تا حد مسمومیت عامل محدود کننده افزایش عملکرد مرکبات می باشد (محصلی، ۱۳۷۸). شرایط طبیعی جنوب ایران از جمله بارندگی کم و پتانسیل بالا برای تبخیر و نیز تعداد زیاد گنبد های نمکی، کیفیت پایین منابع خاک و آب را سبب شده است. همچنین جنوب ایران در سال های اخیر درگیر پدیده خشکسالی بوده است. خشکسالی های متوالی، افزون بر کمیت، کیفیت آب را نیز متأثر ساخته است، به طوری که در بسیاری از آب های 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 کرده اند. زیادی بور کاهش عملکرد و در برخی از موارد مرگ گیاه را به دنبال دارد. در مورد نهال ها، با در نظر گرفتن این موضوع که عموماً نهال در مقایسه با گیاه بالغ آسیب پذیرتر است، این عارضه مرگ نهال را موجب می شود. همانند تنش شوری، تحمل به سمیت بور نیز با تغییرات آب و هوا، شرایط خاک و رقم گیاه تغییر می کند. بنابراین ممکن است توصیه ها 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 ویژه ای می باشند. از جمله این راهکارها استفاده از ترکیب مناسب پایه و پیوندک است که با توجه به تفاوت میزان جذب بور در پایه های مختلف مرکبات و نقش مهمی که نوع ترکیب پایه و پیوندک در این خصوص دارد، می تواند نقش بسزایی در کاهش اثرات زیانبار سمیت بور آب آبیاری بر رشد گیاه مرکبات داشته باشد.

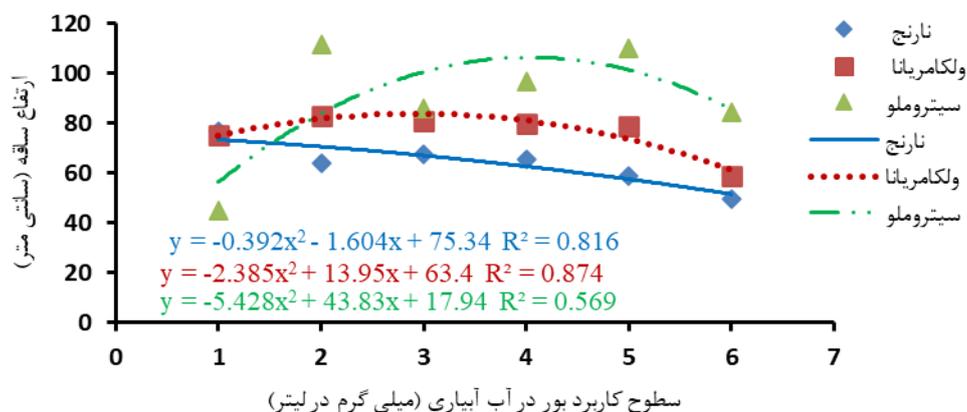
مواد و روش ها

این پژوهش بر روی نهال پرتقال توسرخ که بر روی سه پایه متفاوت مرکبات پیوند شده بودند، انجام گردید. آزمایش دارای دو فاکتور بور و نوع پایه 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 بوریک) و فاکتور پایه شامل سه نوع پایه نارنج، ولکامریانا و سیتروملو با پیوندک پرتقال رقم توسرخ، بود. آزمایش در شرایط گلدانی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام گردید. برای اعمال تیمارهای آزمایش ابتدا تعداد کافی نهال متناسب با شرایط آزمایش (پرتقال توسرخ پیوند شده بر روی سه پایه نارنج، ولکامریانا و سیتروملو) در نهالستان باغ بنیاد مستضعفان (واحد تولید نهال مجتمع کشاورزی ابراهیم آباد شهرستان ارزوئیه، استان کرمان) تولید گردید. سپس ۵۴ 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 گردید. مقدار سطح اول بور یا تیمار شاهد همان مقدار اولیه بور در آب آبیاری مورد استفاده باغ بود که غلظت آن ۰/۵۴ میلی‌گرم 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 ارتفاع ساقه در زمان قطع نهال‌ها اندازه‌گیری شدند. گیاهان قطع شده از هر گلدان به آزمایشگاه منتقل و شستشوی لازم انجام و سپس پاسخ‌های گیاهی شامل قطر ساقه، 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

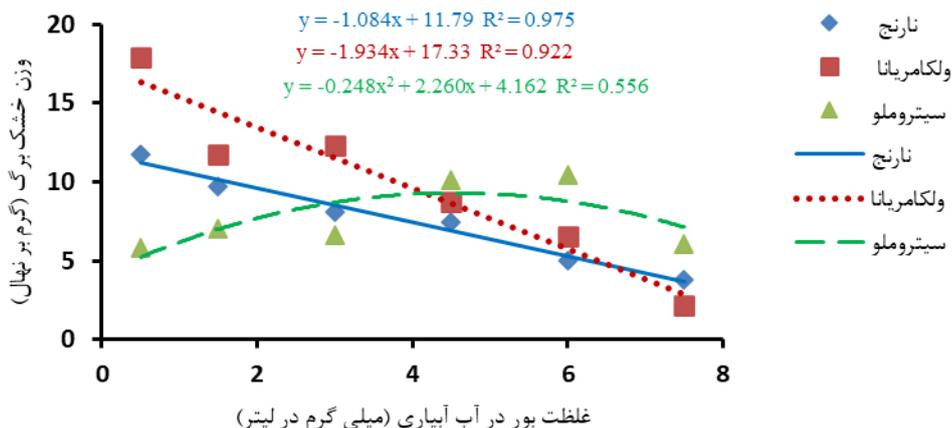
بررسی ارتفاع پرتقال رقم توسرخ بر روی پایه‌های مختلف نشان داد که ارتفاع ساقه رقم مذکور بر روی پایه نارنج، با افزایش سطوح بور در آبیاری، شیب کاهشی داشت. اما، ارتفاع ساقه پرتقال توسرخ پیوند شده بر روی پایه‌های ولکامریانا و سیتروملو، با افزایش غلظت بور در آب آبیاری، ابتدا روندی افزایشی داشت و با رسیدن غلظت بور به ۴/۵ میلی‌گرم در آب آبیاری روند کاهشی پیدا کرد. به‌طور کلی می‌توان گفت که تحمل رقم توسرخ با پایه سیتروملو به غلظت‌های بالای بور در آب آبیاری از نظر صفت ارتفاع نسبت به دو پایه نارنج و ولکامریانا بیشتر است (شکل ۱). کاهش ارتفاع می‌تواند مربوط به کاهش تقسیمات سلولی و ممانعت از توسعه سلولی باشد. اگرچه بور یک جز مهم در دیواره سلولی است، لیکن بیش‌بود آن باعث اختلال در سنتز دیواره سلولی می‌شود (Reid, 2004).



شکل ۱- اثر سطوح مختلف بور در آب آبیاری بر ارتفاع ساقه پرتقال رقم توسرخ پیوند شده بر پایه‌های مختلف

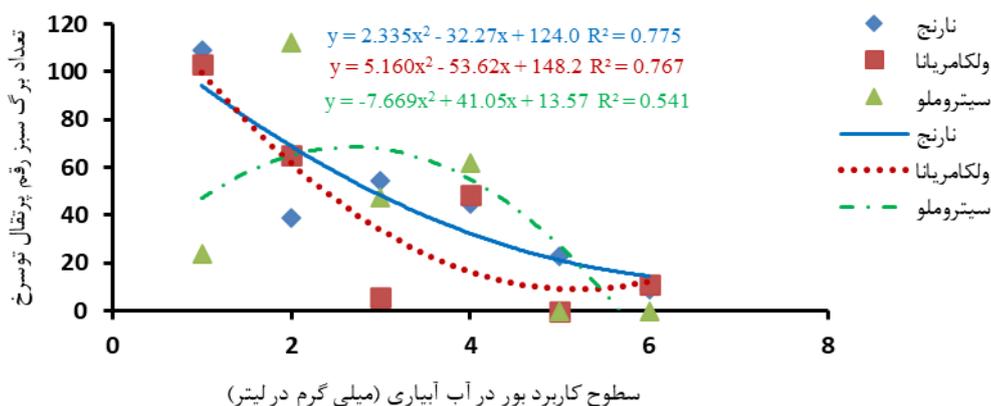
بررسی وزن خشک برگ پرتقال رقم توسرخ بر روی پایه‌های مختلف نشان داد که وزن خشک برگ رقم مذکور بر روی پایه‌های نارنج و ولکامریانا نسبت به پایه سیتروملو در سطوح ابتدایی بور بالاتر بود. با افزایش غلظت بور در آب آبیاری

از وزن خشک برگ بر روی پایه‌های نارنج و ولکامریانا کاسته شد، لیکن وزن خشک برگ، هنگامی که از پایه سیتروملو استفاده شد تا غلظت ۴/۵ میلی‌گرم بور در آب آبیاری، افزایش یافت. البته در غلظت بیشتر بور هم شیب کاهش وزن خشک برگ پرتقال توسرخ با پایه سیتروملو کمتر از دو پایه دیگر بود. بر این اساس می‌توان گفت که تحمل رقم توسرخ با پایه سیتروملو به غلظت‌های بالای بور در آب آبیاری از نظر وزن خشک برگ نسبت به دو پایه نارنج و ولکامریانا بیشتر است (شکل ۲). 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 ۲- اثر سطوح مختلف بور آب آبیاری بر وزن خشک برگ پرتقال رقم پیوند شده بر پایه‌های مختلف

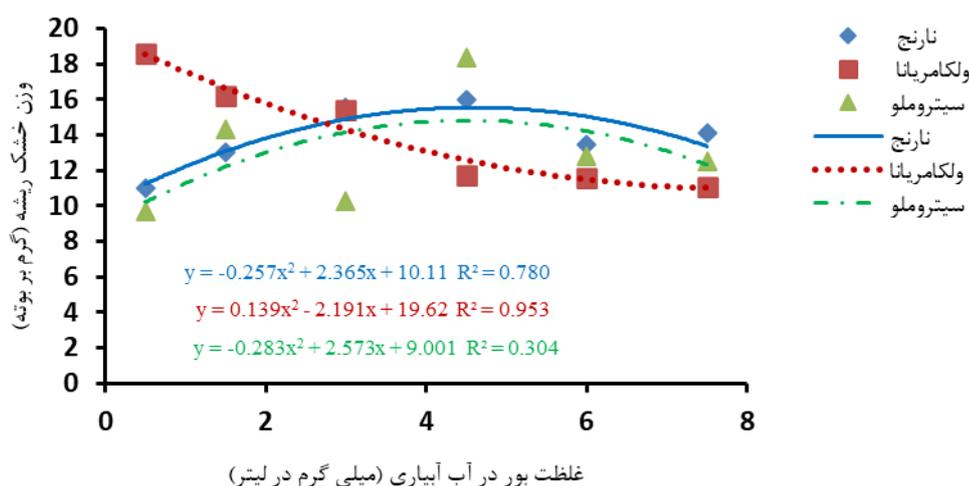
بررسی تعداد برگ سبز پرتقال رقم توسرخ پیوند شده بر پایه‌های مختلف نشان داد که تعداد برگ سبز رقم مذکور بر پایه سیتروملو در غلظت‌های ۱/۵ تا ۴/۵ میلی‌گرم بور در آب آبیاری نسبت به پایه‌های نارنج و ولکامریانا بالاتر بود؛ اگرچه در غلظت بور اولیه آب آبیاری (۰/۵۴ میلی‌گرم بور در لیتر) عکس این حالت رخ داد (شکل 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 پرتقال رقم پیوند شده بر پایه‌های مختلف

بررسی وزن خشک ریشه پرتقال توسرخ بر روی پایه‌های مختلف نشان داد که پایه ولکامریانا در غلظت‌های پایین بور در آب آبیاری بیش‌ترین وزن خشک ریشه و در غلظت‌های بالای بور، کم‌ترین وزن خشک ریشه برای پرتقال رقم مذکور تولید کرد. در حالی که پایه سیتروملو و نارنج در غلظت‌های پایین، کم‌ترین وزن ریشه و در غلظت‌های بالا

بیشترین وزن خشک ریشه را داشتند. با توجه به شکل ۴، آستانه تحمل کاهش وزن خشک ریشه برای پرتقال رقم توسرخ پیوند شده بر روی دو پایه سیتروملو و نارنج، ۴/۵ میلی گرم بور در لیتر آبیاری و برای پایه ولکامریانا همان بور اولیه آب آبیاری و معادل ۰/۵۴ میلی گرم بور در لیتر آبیاری می باشد. برخی از پژوهش ها (Ghanati et al., 2022; Antonopoulou and Chatzissavvidis 2022) نشان می دهند که قرار گرفتن ریشه در معرض بور بیش از حد سبب برخی از تغییرات مهم مورفواناتومیکی ریشه، ضخیم شدن هیپودرم، تجمع سوبرین در سلول های قشری ریشه و تغییر در مریستم ریشه می شود؛ که تأثیر منفی بر رشد ریشه به همراه دارد.



شکل ۴- تاثیر غلظت های بور در آب آبیاری بر وزن خشک ریشه پرتقال رقم توسرخ پیوند شده بر پایه های مختلف

بررسی قطر تنه پرتقال توسرخ پیوند شده بر پایه های مختلف نشان داد که در غلظت های پایین بور، پایه ولکامریانا قطر تنه بالاتری نسبت به پایه نارنج و سیتروملو ایجاد کرد. در غلظت های بالای بور کمترین قطر تنه بر روی پایه نارنج و پس از آن روی پایه ولکامریانا مشاهده شد. در غلظت های بالای بور در آب آبیاری بالاترین قطر تنه پرتقال توسرخ بر روی پایه سیتروملو حاصل شد؛ اگرچه از غلظت ۴/۵ میلی گرم بور در لیتر آب آبیاری مقدار قطر تنه با افزایش غلظت بور روند کاهشی پیدا کرد.

نتیجه گیری

در این پژوهش وزن خشک برگ و ریشه در ترکیب پیوندی پرتقال رقم توسرخ بر پایه ولکامریانا، در غلظت های پایین تر بور آب آبیاری بیشتر بود که احتمالاً به سبب ماهیت این پایه در تولید ریشه های نسبتاً زیاد و قوی می باشد. این امر می تواند به غلظت کمتر بور نیز در این ترکیب پیوندی منجر شود (اثر رقت) و در نتیجه اثرات مضر بور در این ترکیب پایه و پیوند کمتر بروز نماید. برعکس در غلظت های بالای بور، کمترین وزن خشک برگ، ساقه و ریشه مربوط به ترکیب پیوندی پرتقال توسرخ پیوند شده بر ولکامریانا بود که آسیب پذیری این پایه نسبت به غلظت بالای بور در آب آبیاری را نشان می دهد. اما پایه سیتروملو در غلظت های بالا بیشترین وزن خشک برگ و ریشه را داشت که نشان دهنده تحمل رقم پرتقال توسرخ پیوند شده بر روی پایه مذکور می باشد. علاوه بر صفات گفته شده، ارتفاع ساقه و قطر تنه نیز در پرتقال توسرخ پیوند شده بر پایه سیتروملو در مقایسه با دو پایه دیگر، در شرایط غلظت بالای بور در آب آبیاری، تحمل بالاتری داشتند. به طور کلی توصیه می شود برای پرورش رقم پرتقال توسرخ، در مکان هایی که غلظت بور بالا می باشد، از پایه سیتروملو استفاده شود.

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- Antonopoulou, C., Chatzissavvidis, C. (2022). Impact of boron and its toxicity on photosynthetic capacity of plants. *Boron in plants and agriculture*. Elsevier, Amsterdam, pp 169–186.
 - 3- Ghanati, F., Morita, A., Yokota, H. (2002). Induction of suberin and increase of lignin content by excess boron in tobacco cells. *Soil Science and Plant Nutrition*, 48(3), 357–364.
 - 4- 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.
 - 5- Keren, R., Bingham, F. T. (1985). Boron in Water, Soils, and Plants. *Advances in Soil Science*, 1, 229-276.
 - 6- Levy, Y., Syvertsen. J. (2004). Irrigation Water Quality and Salinity Effects in Citrus Trees. *Horticultural Reviews*, 30, 37-82.
 - 7- Nable, R. O., Banuelos, G. S., Paull, J. G. (1997). Boron toxicity. *Plant and Soil* 193, 181-198.
 - 8- 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.
 - 9- Takano, J., Miwa, K., Fujiwara, T. (2008). Boron transport mechanisms: collaboration of channels and transporters. *Trends in Plant Science*, 13 (8), 451-457.
 - 10- 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.

Examining the Impact of Rootstock Type on the Vegetative Growth of Red Oranges in High Boron Irrigation Conditions

Yaaghoob Hosseini¹, Ali Amani², Jahanshah Saleh³

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

² Azad University of Jiroft

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

Abstract

Boron is an essential element for plant growth, but the range of boron concentrations in soil that can cause deficiency or toxicity symptoms is very narrow. In recent years, due to successive droughts and other climate changes, there has been a decline in irrigation water quality, including an increase in salinity and boron concentration. This has led to a decrease in water availability and quality, making it more challenging for plants to absorb the necessary nutrients. In order to mitigate the harmful effects of boron toxicity on citrus growth, it is important to consider the different absorption rates of boron in various citrus rootstocks. The type of rootstock and scion combination also plays a crucial role in this regard. Therefore, selecting the appropriate rootstock and scion combination is a key strategy in reducing the negative impact of boron toxicity in irrigation water. To determine the best rootstock for tolerance to boron toxicity, an experiment was conducted using the red orange grafted onto three different rootstocks: Sour Orange, Volkamriana, and Citromel. The results showed that the Citromello rootstock had the highest vegetative growth (leaf weight, root, stem height, and trunk diameter) in red oranges when exposed to high levels of boron in irrigation water. This suggests that using Citromello rootstock is the most effective approach for growing red oranges in areas with high boron concentrations. In conclusion, it is recommended to use Citromello rootstock for growing red oranges in places where boron concentration is high. This will help to mitigate the negative effects of boron toxicity and promote healthy growth of citrus plants.

Keywords: Boron, Citrus, Rootstock