جمهوری اسلامی ایران

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب

وضعیت تغذیه‌ای بور در باغ‌های پرتقال رقم والنسیا در جنوب استان فارس (داراب)

نگارندگان

سید مجید موسوی، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب

مجید بصیرت، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب

حسن حقیقت نیا، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

نشریه فنی: 610

1401

مشخصات اثر

عنوان: وضعیت تغذیه‌ای بور در باغ‌های پرتقال رقم والنسیا در جنوب استان فارس (داراب)
نگارندگان: سید مجید موسوی، مجید بصیرت وحسن حقیقت نیا
ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات سنا
ویراستار علمی: ناصر دواتگر
ویراستار ادبی: زهرا محمدی
صفحه آرا: سمانه پورمنصور
طراح جلد: راضیه محمدی
سال انتشار: 1401
حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این اثر با شماره 61668 در تاریخ 1401/3/19 در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.
نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین‌دشت، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب
کد پستی: 3177993545 **صندوق پستی:** 311-31785
نمابر : 02636210121 **تلفن:** 36201900- 026
وب‌سایت: http://www.swri.ir **پست الکترونیکی:** info@swri.ir

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه 1

عنصر بور (B)، از ضرورت تا مسمومیت 2

وضعیت عملکردی باغ‌های پرتقال والنسیا در جنوب استان فارس (داراب) 7

وضعیت خاک باغ‌های پرتقال والنسیا در جنوب استان فارس (داراب) 8

وضعیت تغذیه‌ای باغ‌های پرتقال والنسیا در جنوب استان فارس 11

جمع‌بندی و توصیه‌ها 15

منابع 16

مقدمه

سطح زیر کشت مرکبات کل ایران، نزدیک به 290 هزار هکتار است که از این نظر، کشور ایران در رتبه هشتم جهان قرار دارد. استان مازندران با 34/6 درصد اراضی بارور مرکبات کشور، بیشترین سطح زیرکشت مرکبات را به خود اختصاص داده است. استان‌های فارس، هرمزگان، جیرفت و کهنوج، گیلان و کرمان به ترتیب با 23/8، 12/4، 11/3، 6/1 و 5/5 درصد از اراضی بارور مرکبات، رتبه‌های دوم تا ششم کشت این محصول را به خود اختصاص می‌دهند. تولید مرکبات در ایران نزدیک به 4/5 میلیون تن است که در رده‌ی هفتم جهان قرار دارد (آمارنامه کشاورزی، 1397).

رشد و عملکرد مرکبات توسط عوامل مختلف درونی (شامل ژنتیک، پایه، پیوندک و تعادل هورمونی) و عوامل بیرونی (شامل آب‌وهوا، خاک و مدیریت باغبانی) کنترل می‌شود (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396). در این بین نقش مدیریت تغذیه‌ای در ارتقای سطح عملکردی باغ‌ها از جنبه‌های مختلف دارای اهمیت است و لازمه‌ی آن داشتن بینشی صحیح از وضعیت تغذیه‌ای باغ‌ها در هر منطقه است؛ چرا که تشریح وضعیت تغذیه‌ای یک محصول در یک منطقه‌ی مشخص کمک می‌کند تا روش درستی برای مدیریت کودی در آن منطقه گرفته شود. با شناخت کامل وضعیت تغذیه‌ای می‌توان برای بسیاری از مسائل شایع تغذیه‌ای و پایین بودن عملکرد راه حل کلی و دستورالعمل موثری ارائه نمود. مصرف متعادل کودهای شیمیایی متناسب با فنولوژی و فیزیولوژی رشد رویشی و زایشی درختان مرکبات، بیشتر از دیگر نهاده‌ها در افزایش عملکرد و کیفیت میوه‌های تولیدی موثر است (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393). یکی از روش‌های تعیین وضعیت تغذیه‌ای در باغ‌های میوه، تجزیه‌ی برگ است تا مشخص شود چه کمبودها یا بیش‌بودهایی از عناصر غذایی وجود دارد و چه عناصری در وضعیت بهینه‌ی غلظتی قرار دارند. پس از این مرحله می‌توان اقدامات مدیریت تغذیه‌ای مناسب را انجام داد. معمولاً حدود کفایت و مطلوب غلظت عناصر در گیاه تابع شرایط مختلفی از جمله عملکرد، رقم، پایه و شرایط خاک و اقلیم است. از این‌رو، برای هر منطقه و رقم می‌بایست حدود مطلوب عناصر غذایی تعیین شود تا با استفاده از آن تفسیر نتایج قابل انجام باشد. درصورت نبودن اعداد مرجع تشخیص مناسب، مشکلات تغذیه‌ای باغ‌های

مرکبات به وسیله تعدادی از نرم‌های تغذیه‌ای خاک و برگ تعیین می‌شوند که بیشتر اوقات با واقعیت موجود در باغ و منطقه تطابق نداشته و در نتیجه نمی‌توانند راه حل‌های مناسبی برای باغ‌های آن منطقه نشان دهند و در بیشتر موارد، منجر به ناکارآمدی برنامه‌های کودی توصیه شده برای این باغ‌ها می‌شود.

با توجه به سرشت آهکی بخش بزرگی از خاک‌های اراضی کشاورزی کشور، توجه به وضعیت حاصلخیزی خاک و تغذیه باغ‌ها از نظر عناصر کم‌مصرف ضروری است. کربنات کلسیم جذب بور توسط خاک را زیاد می‌کند زیرا باعث افزایش pH خاک می‌شود. افزون‌بر این کربنات کلسیم به عنوان سطح عمده جذب کننده بور در خاک عمل می‌کند. مکانیسم جذب بور توسط کربنات کلسیم، تبادل با گروه کربنات است (Elrashidi and O'Connor, 1982). در بین عناصر غذایی کم مصرف، عنصر بور به دلیل رفتار شیمیایی منحصر به فرد، بویژه کم بودن مرز بین غلظت کمبود و سمیت آن برای گیاه، و همچنین پتانسیل بالای خاک‌های کشور در تشدید به هم خوردن تعادل تغذیه‌ای عناصر غذایی کم‌مصرف برای گیاه (از نظر محتوای زیاد آهک و محتوای کم کربن آلی)، اهمیت زیادی دارد. در این اثر تلاش می‌شود با ارائه‌ی داده‌ها و اطلاعات اندازه‌گیری و مشاهده شده‌ی آزمایشگاهی و میدانی از باغ‌های مرکبات جنوب استان فارس (داراب)، به وضعیت موجود خاک‌های این باغ‌ها از نظر عنصر بور پرداخته و توصیه‌های مدیریت تغذیه‌ای لازم در این مهم ارائه شود.

عنصر بور (B)، از ضرورت تا مسمومیت

بور، یک عنصر ضروری کم‌مصرف برای رشد و نمو بهینه‌ی گیاه و کیفیت و سلامت محصول است (Marschner, 2012). همچنین، از میان همه‌ی عناصر غذایی ضروری گیاه، تنها عناصر مولیبدن و مس در مقادیری کمتر از بور برای رشد بهینه‌ی گیاه نیاز است (Chatzissavvidis and Antonopoulou, 2020). ضرورت بور برای رشد و نمو گیاهان نخستین بار در شروع قرن بیستم اثبات شد (Camacho-Cristobal et al., 2018). بور کارکردهایی حیاتی در هر دو مرحله رشد رویشی و رشد زایشی گیاهان دارد و در نتیجه‌ی کمبود و یا مسمومیت آن فرآیندهای مختلف متابولیکی و فیزیولوژیکی گیاه مختل می‌شود. برخی دانشمندان بر این باورند که ضرورت بور برای گیاهان بیشتر به نقش آن در

استحکام دیواره سلولی گیاهان مربوط می‌شود و کمبود آن باعث تغییر ویژگی‌های ساختمانی و فیزیکی دیواره‌های سلولی شده که رشد غیر طبیعی گیاه را به دنبال دارد (Ahmad et al., 2009; 2012). بور در شماری از فرآیندهای متابولیکی گیاه شامل انتقال قندها، سنتز و استحکام دیواره سلولی، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و RNA، سنتز DNA، چوبی شدن، متابولیسم فنول‌ها، تنفس، استحکام غشای سلولی و تنظیم فعالیت آنزیم‌های مختلف را انجام می‌دهد (Marschner, 2012). بور از دیدگاه تغذیه گیاه عنصری منحصر به فرد در بین عناصر غذایی کم‌مصرف شناخته می‌شود زیرا دامنه‌ی میان غلظت ضروری آن برای رشد و عملکرد مطلوب گیاه و غلظتی که به گیاه آسیب وارد می‌کند باریک است (Gupta et al., 1985). افزون‌بر گونه گیاه، ژنوتیپ‌های هر گونه به طور قابل توجهی از نظر نیاز به بور با یکدیگر متفاوت هستند و به همین دلیل، یک ژنوتیپ گیاه ممکن است در غلظتی از بور نشانه‌های کمبود بور را بروز دهد و ژنوتیپ دیگری در همان سطح غلظتی دچار مسمومیت بور شود (Brdar-Jokanovi, 2020).

غلظت بور کل در بیشتر خاک‌های کشاورزی جهان تقریباً از 10 تا 300 میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر است (Santos et al., 2013)، با این وجود، تنها بخش کوچکی از بور کل (5 تا 10 درصد) در آب محلول بوده و از این‌رو به‌عنوان عنصر غذایی قابل استفاده‌ی گیاه است (Rehman et al., 2018). مهمترین عوامل خاکی موثر بر قابلیت استفاده بور برای گیاهان عبارتند از pH، بافت، رطوبت، درجه حرارت، ماده آلی و کانی‌شناسی رس است (Goldberg, 1997; Das and Purkait, 2020). بور خاک محلول در آب داغ به‌عنوان شاخصی از بور قابل استفاده‌ی گیاه در دامنه وسیعی از گیاهان در نظر گرفته می‌شود (Reisenauer et al., 1973). سطح بحرانی بور محلول در آب داغ خاک از کمتر از 0/1 تا یک میلی‌گرم در کیلوگرم در بیشتر خاک‌ها برای گیاهان مختلف متغیر است (Gupta et al., 1985; Debnath and Ghosh, 2014; Mathew et al., 2018). با این وجود، غلظت‌های پیشنهادی درباره‌ی سطح بحرانی بور از این روش، در همه‌ی شرایط قابل استناد نیست.

کمبود بور قابل استفاده در خاک‌ها بطور نامطلوبی متابولیسم و رشد گیاهان، عملکرد و کیفیت میوه (Ekbic et al., 2018) و ماندگاری میوه (Mousavi and Motesharezadeh, 2019) را تحت تأثیر قرار داده و باعث افزایش حساسیت گیاهان به بیماری‌های مختلف

می‌شود (Wang and Ko, 1975).

توصیه‌های کودی برای مصرف بور براساس دامنه‌های غلظت استاندارد بور محلول در آب، سرشت و ویژگی‌های خاک، شرایط محیطی و نیازهای گونه‌های گیاهی انجام می‌شود. با این وجود، مصرف بی‌رویه کود بور نه تنها منجر به آلودگی‌های محیطی بلکه با تخریب حاصخیزی خاک می‌تواند مسمومیت گیاهی را سبب شود (Shireen et al., 2018).

انتخاب ژنوتیپ‌های گیاهی با کارایی زیاد در دسترسی و جذب عناصر غذایی بعنوان یکی از فن‌آوری‌های مقرون به صرفه و دوستدار محیط زیست به منظور به حداقل رساندن آثار نامطلوب استفاده نادرست از نهاده‌ها و آلودگی‌های محیطی پیشنهاد شده است (Bilal et al., 2018; Raiesi and Moradi, 2021). در شماری از مطالعات، اقدام به شناسایی و جداسازی ژنوتیپ‌های داخل یک گونه از نظر کارایی جذب بور شده است (Bie et al., 2017; Farooq et al., 2018). روش دیگر برای مقابله با کمبود بور استفاده از قارچ میکوریز آربوسکولار است. قارچ‌های میکوریزی در شرایط کمبود بور قابل استفاده در خاک باعث افزایش جذب بور بوسیله‌ی گیاه می‌شوند و در شرایط مسمومیت بور در خاک باعث رسوب آن به شکل‌های غیرقابل استفاده برای گیاهان می‌شوند (Ruuhola and Letho, 2014). روش‌های جایگزین به منظور استفاده‌ی کارآمد از منابع مختلف بور ارائه شده است (Shireen et al., 2018).

کمبود بور بیشتر در خاک‌های درشت بافت در مناطق مرطوب اتفاق می‌افتد. آهک‌دهی خاک‌های اسیدی، منجر به کمبودهای موقت بور در نتیجه‌ی افزایش جذب سطحی بور در pHهای بالاتر خاک می‌شود (Reisenauer et al., 1973). کمبود بور در خاک‌های اقلیم خشک و نیمه‌خشک، خاک‌های متأثر از نمک (Naz et al., 2016) و خاک‌هایی که با آب شور آبیاری می‌شوند (Ben-Gal and Shani, 2002)، اتفاق نمی‌افتد. در این مناطق، وقوع مسمومیت بور بسیار محتمل‌تر از وقوع کمبود بور است. در شرایطی که غلظت بور محلول در آب داغ بزرگتر یا مساوی با 5 میلی‌گرم در کیلوگرم باشد، باعث بروز مسمومیت در گیاهان می‌شود (Nable et al., 1997) که همانند شرایط کمبود، می‌تواند از رشد گیاه جلوگیری کرده و عملکرد آن را کاهش دهد (Mesquita Geisa et al., 2016).

همانطور که در بالا اشاره شد گونه‌ها و ژنوتیپ‌های مختلف گیاهی پاسخ‌های متفاوتی به

وضعیت بور در خاک نشان می‌دهند. این پاسخ متفاوت منجر به ارائه‌ی یک تقسیم‌بندی گیاهی براساس میزان حساسیت به بور شده است (Marschner, 1995; Ahmad et al., 2012). براساس این تقسیم‌بندی، گونه‌های گیاهی مختلف از نظر حساسیت به بور به گونه‌های مقاوم (مانند یونجه، سورگوم، جو)، کمابیش مقاوم (مانند ذرت، شلغم و کدو)، نسبتاً حساس (مانند هویج، خیار، فلفل و سیب‌زمینی) و حساس (انواع مرکبات) تقسیم‌بندی شده‌اند. همانطور که از این تقسیم‌بندی مشخص است مرکبات از گونه‌های گیاهی حساس به بور یا گروه "گیاهان با نیاز کم" تقسیم‌بندی شده‌اند و اندکی افزایش در غلظت بور، باعث بروز مسمومیت گیاهی در این درختان می‌شود. از این‌رو، توجه به مدیریت تغذیه‌ای بور در مرکبات کمک شایان توجهی به سلامت و افزایش عملکرد اقتصادی آن‌ها می‌کند.

اهمیت این موضوع از آنجایی دوچندان می‌شود که آب آبیاری استفاده شده در باغ‌های مرکبات بویژه در جنوب کشور مانند فارس (داراب و جهرم)، کرمان (جیرفت و مناطق مرکزی) و هرمزگان (حاجی‌آباد) دارای غلظت زیادی از بور بوده که می‌تواند با ایجاد مسمومیت گیاهی به درختان مرکبات آسیب بزند. اسدی کنگرشاهی و همکاران (1395) بیان کردند که غلظت بور تا 0/3 میلی‌گرم در لیتر در آب آبیاری، مشکلی برای مرکبات تحت آبیاری ایجاد نمی‌کند. افزون بر کیفیت آب آبیاری ویژگی‌های خاک نیز نقش مهمی در این زمینه دارد. عناصر غذایی برای جذب توسط ریشه گیاه باید نخست به محلول خاک وارد شوند و این منطقه مرکز فعل و انفعالات بیوشیمیایی عناصر محسوب می‌شود، در خاک‌هایی که ظرفیت جذب زیادی دارند (مانند خاک‌های با درصد رس و کربن آلی زیاد)، مقدار قابل توجهی بور را به ذرات خود جذب کرده و غلظت آن‌ها در محلول خاک کم است. از این‌رو خاک‌های با بافت سبک مانند خاک‌های جنوب استان فارس و هرمزگان پتانسیل زیادی در بروز نشانه‌های مسمومیت بور در گیاهان دارند.

در شرایط بروز کمبود بور در درختان مرکبات، برگ‌های بالغ ضخیم و شکننده شده، به سمت پایین و در زوایای قائم به قسمت میانی، دچار پیچ‌خوردگی شده و به رنگ زرد مایل برنزی تبدیل می‌شوند. بزرگ و چوب‌پنبه‌ای شدن رگبرگ‌ها، ایجاد شکاف در سطح بالایی از دیگر نشانه‌های بروز کمبود بور در مرکبات است. بروز بیماری "میوه سخت"،

ایجاد ترک‌خوردگی و همچنین مسدود شدن رگبرگ‌ها، بروز لکه‌های آغشته به صمغ در آلبیدوی میوه، ریزش زودرس میوه، افزایش قابل توجه غلظت قندها در برگ به دلیل بروز اختلال در انتقال قندها و دیگر ترکیبات آلی از دیگر عوارض مربوط به کمبود بور در مرکبات هستند که بطور مفصل توسط Srivastava and Singh (2005) تشریح شده‌اند.

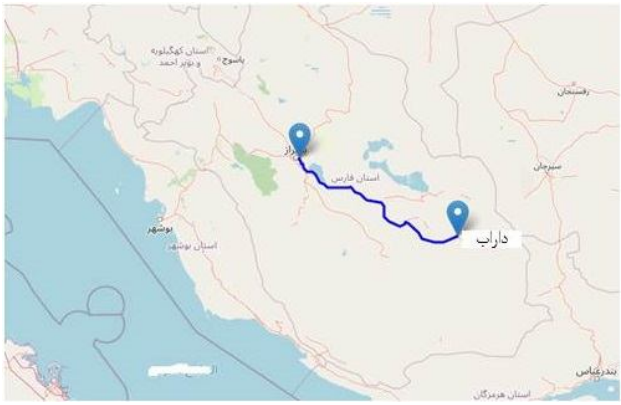
نشانه‌های مسمومیت بور در درختان مرکبات بیشتر به‌صورت زردبرگی حاشیه و نوک برگ‌هاست که با گسترش مسمومیت به صورت بافت مردگی آشکار می‌شود (شکل 1). نشانه‌های مربوط به مسمومیت بور در مرکبات پیش از این به‌طور مفصل توسط اسدی کنگرشاهی و همکاران (1395) تشریح شده است. آن‌ها بیان کردند که نشانه‌های مسمومیت بور در برگ‌های گریپ‌فروت به‌صورت لکه‌های زرد در سطح بالایی برگ و لکه‌های صمغ متمایل به قهوه‌ای در سطح پهنک برگ با حاشیه و نوک سوختگی برگ‌ها آشکار می‌شود. در درختان لیمو، مسمومیت بور با سوختگی نوک برگ‌ها شروع و پیش از سوختگی، از حاشیه برگ به طرف رگبرگ میانی حرکت می‌کند. روش‌های مختلفی برای کاهش آثار مسمومیت بور در گیاهان (در اینجا مرکبات) وجود دارد که شامل انجام آبشویی، استفاده از مواد اصلاح کننده خاک (مانند سولفات کلسیم) و مدیریت تغذیه‌ای و افزایش سطح حاصلخیزی خاک است که به این روش برای مدیریت مسمومیت بور در باغ‌های مرکبات جنوب استان فارس، در بخش‌های بعد بیشتر شرح داده می‌شود.

شکل 1- نشانه‌های ظاهری مسمومیت بور در برگ پرتقال والنسیا (بالا) و لیمو (پایین) (تصاویر برگرفته از بانک اطلاعات موسسه تحقیقات خاک و آب)

وضعیت عملکردی باغ‌های پرتقال والنسیا در جنوب استان فارس (داراب)

داراب یکی از شهرهای استان فارس و مرکز شهرستان داراب است که با دیرینگی چندهزارساله در جنوب شرقی استان فارس واقع است. فاصله شهر داراب تا شیراز حدود 270 کیلومتر بوده و با شهرستان‌های نی‌ریز، فسا، استهبان، جهرم، زرین‌دشت و لارستان در استان فارس و حاجی‌آباد در استان هرمزگان هم‌مرز است (شکل 2). براساس سرشماری سال 1395، این شهر با 70232 نفر جمعیت هفتمین شهر پرجمعیت استان فارس و سومین شهر پرجمعیت جنوب استان بوده که اقتصاد آن بیشتر برپایه‌ی کشاورزی است و سوغات آن معمولاً مرکبات به ویژه پرتقال است.

براساس آمارنامه کشاورزی (1397) میزان تولید پرتقال در استان فارس 322199 تن بوده که بعد از استان مازندران و جنوب کرمان در رتبه‌ی سوم کشوری قرار دارد. میانگین عملکرد باغ‌های پرتقال در استان فارس 17/3 تن در هکتار گزارش شده است. براساس مطالعات میدانی در 80 باغ پرتقال از رقم والنسیا در جنوب استان فارس (داراب)، عملکرد باغ‌ها از 2/98 تن در هکتار تا 65/35 تن در هکتار متغیر بوده و عملکرد متوسط باغ‌های مطالعه شده نیز حدود 19/39 تن در هکتار بدست آمد (بصیرت و همکاران، 1399). در شکل (3) نمایی از باغ‌های پرتقال والنسیا در داراب نمایش داده شده است.



شکل 2- موقعیت جغرافیایی داراب از شیراز و شهرستان‌های استان‌های مجاور

وضعیت خاک باغ‌های پرتقال والنسیا در جنوب استان فارس (داراب)

آمار توصیفی ویژگی‌های شیمیایی و مرتبط با تغذیه گیاه در 80 نمونه خاک باغات مرکبات (رقم والنسیا) در جدول یک نشان داده شد. نظر به دامنه‌های غلظتی ارائه شده در راهنمای جدول شماره (1) (اسدی‌کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393)، کربن آلی خاک در 69 درصد خاک‌ها، کمتر از یک درصد و در این منطقه در 92 درصد از خاک‌ها آهک بیشتر از 25 درصد بود که برای درختان پرتقال محدودیت ایجاد می‌کند. غلظت فسفر قابل استفاده خاک در حدود 21 درصد خاک‌ها، کمتر از 5 میلی‌گرم در کیلوگرم بود در حالی‌که غلظت‌های بیشتر از حد بحرانی فسفر (برای نمونه 44 میلی‌گرم در کیلوگرم) نیز در تعدادی از باغ‌ها مشاهده شد که این غلظت‌های زیاد فسفر می‌تواند برهمکنش‌های منفی با برخی عناصر به‌ویژه روی ایجاد کند و از این نظر ایجاد چالش کند (شکل 4). غلظت پتاسیم قابل استفاده خاک در 77 درصد از خاک‌ها بیشتر از 180 میلی‌گرم در کیلوگرم بود اما غلظت‌های خیلی کم پتاسیم - نزدیک به 23 میلی‌گرم در کیلوگرم- نیز اندازه‌گیری شد. این غلظت پتاسیم خاک نیز در میوه باغ‌های پرتقال منطقه بر روی شکل ظاهری میوه نمود پیدا کرد (شکل 4 و جدول 2). در حدود 79 درصد خاک‌ها، کمبود آهن در خاک مشاهده شد. روی در 53/85 درصد از باغ‌های مطالعه شده کمتر از 1 میلی‌گرم در کیلوگرم بود ولی در برخی از خاک‌ها غلظت‌های بیشتر از 23 میلی‌گرم در کیلوگرم نیز مشاهده شد. کمبود منگنز فقط در 8 درصد از نمونه‌های خاک مشاهده شد. بررسی‌های میدانی و آزمایشگاهی در باغ‌های پایش شده در این شهرستان نشان داد که در حدود 72 درصد باغ‌ها کمبود مس وجود دارد و اگر چه در برخی از خاک‌ها غلظت‌های بیشتر از 1 میلی‌گرم در کیلوگرم اندازه‌گیری شد (بیشترین غلظت مس اندازه‌گیری‌شده 1/3 میلی‌گرم در کیلوگرم بود) ولی این مقادیر غلظتی نمی‌توانند از نظر جذب بالا مشکل ساز باشند.

از آنجایی که اطلاعات نشان داده شده در جدول یک مربوط به پروژه مستقل دیگری بود (بصیرت و همکاران، 1398) که در آن اطلاعاتی مبنی بر وضعیت غلظتی بور در خاک باغات ارائه نشده است، از این‌رو، در تشریح وضعیت موجود از نظر غلظت عنصر بور، از یافته‌های دیگر مطالعات صورت گرفته در منطقه استفاده شد. بررسی‌ها نشان داد

که معمولاً برای مرکبات، غلظت بور تا 0/3 میلی‌گرم در لیتر آب آبیاری، مشکلی ایجاد نمی‌کند (اسدی‌کنگرشاهی و همکاران، 1396). در جنوب استان فارس زیادی بور در آب‌های آبیاری تا حد مسمومیت در بسیاری از مناطق عامل محدودکننده افزایش عملکرد مرکبات گزارش شده است (تدین و معافپوریان، 1387) که این خطر جدی برای کشاورزان و متخصصان ذیربط برای اعمال روش‌های مدیریتی کارآمد همچنان وجود دارد. برای نمونه براساس بانک داده‌های موجود در موسسه تحقیقات خاک و آب از نتایج تجزیه آب آبیاری باغات مرکبات در جنوب استان فارس، دامنه‌ی غلظتی از حدود 0/3 تا حدود 1 میلی‌گرم در لیتر ثبت شده است. در مطالعه‌ی دیگری که توسط تدین و معافپوریان (1387) بر روی ارزیابی اثر نوع پایه و پیوندک مرکبات بر میزان جذب بور در شهرستان جهرم در استان فارس انجام گرفته، غلظت بور موجود در آب آبیاری 3/45 میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است که کمیت قابل توجهی محسوب می‌شود.

درباره وضعیت بور در خاک نیز گزارش شده است که اگر غلظت بور در عصاره اشباع خاک بیشتر از یک میلی‌گرم در کیلوگرم باشد، بیشتر گیاهان حساس (مانند مرکبات) دچار مسمومیت بور خواهند شد (اسدی‌کنگرشاهی و همکاران، 1396). در مطالعه‌ای میانگین غلظت بور در خاک باغات مرکبات شهرستان جهرم نزدیک به 7/16 میلی‌گرم در کیلوگرم توسط تدین و معافپوریان (1387) گزارش شد. با بررسی‌های دقیق انجام گرفته بر روی پژوهش‌های مرتبط بر روی خاک باغات مرکبات در جنوب استان فارس اطلاعات مستند بیشتری مبنی بر وضعیت غلظتی بور در خاک یافت نشد و این موضوع می‌بایست مسئله‌یابی شود و یکی از نقاط تمرکز مطالعات پیش‌رو برای پایش وضعیت غلظتی بور خاک در باغات این منطقه باشد تا با درجه‌ی اطمینان بالاتر نسبت به توصیه‌های مدیریتی مرتبط اقدام نمود.

شکل 3- نمایی از باغ‌های پرتقال والنسیا در داراب - تصاویر برگرفته از بازدید از باغ‌های مرکبات داراب در آذرماه 1398 به همراه پروفسور آنوپ کومار سریواستاوا محقق برجسته ICAR (موسوی و همکاران، 1400)

جدول 1- وضعیت خاک‌های مناطق تحت کشت پرتقال در جنوب فارس (بصیرت و همکاران، 1398)

فاکتور اندازه گیری		حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف از معیار	درصد فراوانی			
						خیلی کم[1]	کم[2]	متوسط[3]	زیاد[4]
کربن آلی	(%)	0/1	1/9	0/8	0/4	36	33	26	5
فسفر		2	44	17	13	20/51	25/64	20/51	33/3
پتاسیم		23	1107	380	233	5/13	17/95	20/51	56/4
آهن	(mg/kg)	1/5	5	3/4	1	25/64	53/05	20/51	0/8
روی		0/1	24	2/2	4	53/85	5/13	7/69	33/3
منگنز		2/5	14/6	8/4	3	0	8	13	79
مس		0/2	1/3	0/5	/3	41/03	30/77	5/13	23/08
آهک	(%)	12/9	82	61	15/5	0	0	8	92
شوری	(dS/m)	0/8	6/1	2/9	1/4	0	75	20	5

1-کربن آلی (0/5>)، فسفر (5>)، پتاسیم (100>)، آهن (2>)، روی (1>)، منگنز (2>)، مس (0/5>)، آهک (5>)، شوری (1/7- 0)؛ **2-**کربن آلی (1-0/5)، فسفر (15-5)، پتاسیم (200-100)، آهن (4-2)، روی (1/5-1)، منگنز (4-2)؛ مس (0/75-0/5)، منگنز، آهک (10-5)، شوری (2/6- 1/7)؛ **3-** کربن آلی (1/5-1)، فسفر (25-15)، پتاسیم (300-200)، آهن (5-4)، روی (2-1/5)، منگنز (6-4)، مس (75-0/1)، آهک (25-10)، شوری (6/5-2/4)؛ **4-** کربن آلی (1/5>)، فسفر (25>)، پتاسیم (300>)، آهن (5>)، روی (2>)، منگنز (6>)، مس (1>)، آهک (25>)، شوری (4/5>)؛ (اسدی کنگرشاهی و اخلاقی امیری، 1393).

وضعیت تغذیه‌ای باغ‌های پرتقال والنسیا در جنوب استان فارس (داراب)

در بررسی میدانی از باغ‌های پرتقال والنسیا در منطقه‌ی داراب و براساس نتایج اولیه‌ی تجزیه برگ مشخص شد که بیشتر باغ‌ها به ترتیب دچار کمبود نیتروژن، روی و منگنز بودند. از نظر درصد فراوانی نیز عناصر بور، فسفر، پتاسیم، نیتروژن و منیزیم وضعیت بهتری داشتند (جدول 2). با محاسبات انجام شده بر روی داده‌های عملکردی اندازه‌گیری شده از باغ‌های بررسی شده در داراب، عملکرد میوه مرکبات به مقدار 33/5 تن در هکتار به‌عنوان عملکرد حدواسط برای تفکیک دو گروه عملکرد کم و زیاد تعیین شد. از مجموع 80 باغ مورد مطالعه تعداد 11 باغ در گروه عملکرد بالا و 69 باغ در گروه عملکرد پایین قرار گرفتند. که این خود تأیید کننده‌ی نبودن تعادل تغذیه‌ای در باغ‌های مطالعه شده است (شکل‌های 3 و 4).

همانطور که از نتایج جدول تجزیه خاک (جدول 1) مشخص بود، محتوای کربن آلی خاک‌ها پایین بوده و بیش از یک‌سوم باغ‌ها میزان فسفر زیادی داشتند. فسفر زیاد خاک در کنار درصد زیاد آهک خاک (بیش از 90 درصد باغ‌ها دارای خاک با درصد آهک بیشتر از 25 درصد بودند) می‌تواند منجر به کمبود عناصر کم‌مصرف در گیاه شود که در این بین کمبود عناصر روی و منگنز بیشتر از دیگر عناصر در برگ باغ‌ها مطرح است (شکل 4). از سوی دیگر درصد زیادی از باغ‌ها (56/4 درصد باغ‌ها) دارای پتاسیم بیشتر از مطلوب بودند (شکل 5) که این موضوع می‌تواند موجب رقابت با کلسیم و منیزیم در جذب به‌وسیله‌ی گیاه شود. با توجه به بیش‌بود غلظت بور در باغ‌های با عملکرد کم و فراوانی پتاسیم در خاک باغ‌های مطالعه شده به نظر می‌رسد افزایش غلظت کلسیم در گیاه برای عملکرد مطلوب توجیه علمی کافی فراهم می‌کند.

بیش‌بود عنصر بور در گروه با عملکرد کم تقریباً دو برابر باغ‌ها با عملکرد زیاد است (جدول 3). این مسئله نشان می‌دهد که غلظت بالای بور در گیاه مهمترین عامل محدودکننده در عملکرد باغ‌های مطالعه شده در این منطقه است. نکته‌ی شایسته اشاره این است که حد بحرانی سمیت بور در برگ مرکبات حدود 200 میلی‌گرم در کیلوگرم برحسب وزن خشک است که بسته به تغذیه درخت و نوع رقم تا حدودی متغیر است (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1395) و در باغ‌های مطالعه شده غلظت‌های بیشتر از

این حد بحرانی قابل توجه بود و غلظت‌های تا 470 میلی‌گرم در کیلوگرم نیز اندازه‌گیری شد (جدول 2). بیش‌بود بور نیاز درختان را به غلظت‌های بالاتری از نیتروژن و کلسیم توجیه می‌کند. این عناصر از راه مکانیسم‌های شناخته شده موجب کاهش اثرات منفی بور در درختان می‌شود (Sarafi et al., 2018). ضمن اینکه مصرف بهینه‌ی کودهایی مانند پتاسیم، فسفر و روی در کاهش مسمومیت بور مفید گزارش شده‌اند (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1395). مصرف این کودها افزون‌بر کاهش مسمومیت بور، نیاز باغ‌ها به این عناصر را نیز مرتفع می‌کند. کمبود روی یکی از مشکلات تغذیه‌ای شدید در باغ‌های داراب بود (شکل 4). مشکل تغذیه‌ای بور در جنوب کشور به‌ویژه منطقه‌ی داراب در مطالعات گذشته نیز گزارش شده است. غلظت بالای بور در آب آبیاری، سبک بودن بافت خاک، مصرف بالای کودهای آلی (مانند کمپوست‌ها) و کودهای شیمیایی (اسید بوریک) دارای بور از علل اصلی افزایش آلودگی این خاک‌ها و مسمومیت باغ‌ها به عنصر بور گزارش شده است (بصیرت و همکاران، 1398؛ اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1395).

جدول 2- نتایج اولیه تجزیه برگ باغ‌های پرتقال والنسیای شهرستان داراب در استان فارس (بصیرت و همکاران، 1398)

فاکتور	نیتروژن درصد	فسفر درصد	پتاسیم درصد	کلسیم درصد	منیزیم درصد	منگنز mg/kg	مس mg/kg	آهن mg/kg	روی mg/kg	بور mg/kg
میانگین	2/32	0/173	1/47	3/12	0/42	23/00	9/00	89/00	23/00	129/00
حداکثر	3/45	0/24	2/25	4/99	0/93	43/46	25/70	117/70	49/40	470/00
حداقل	1/15	0/11	0/78	1/97	0/26	12/20	5/20	62/10	10/60	6/13
درصد فراوانی کمبود[1]	39/47	-	-	-	-	14/47	-	-	23/68	3/95
درصد فراوانی بیش‌بود[1]	21/05	51/32	23/68	-	17/11	-	2/63	-	-	69/74

1-**نیتروژن** (کمبود 2/2>؛ کم 2/4-2؛ مناسب 2/7-2/5؛ زیاد 3-2/8؛ خیلی زیاد 3<)؛ **فسفر** (کمبود 0/09>؛ کم 0/11-0/09؛ مناسب 0/16-0/12؛ زیاد 0/29- 0/17؛ خیلی زیاد 0/3<)؛ **پتاسیم** (کمبود 0/7>؛ کم 1/1-0/7؛ مناسب 1/7-1/2؛ زیاد 2/3-1/8؛ خیلی زیاد 2/4<)؛ **کلسیم** (کمبود 1/5>؛ کم 2/9-1/5؛ مناسب 4/9-3؛ زیاد 6/9-5؛ خیلی زیاد 7<)؛ **منیزیم** (کمبود 0/2>؛ کم 0/29-0/2؛ مناسب 0/5-0/3؛ زیاد 0/7-0/5؛ خیلی زیاد 0/8<)؛ **منگنز** (کمبود 17>؛ کم 24-18؛ مناسب 49-25؛ زیاد 300-50؛ خیلی زیاد 500<)؛ **مس** (کمبود 3/6>؛ کم 4/9-3/7؛ مناسب 15-5؛ زیاد 20-15؛ خیلی زیاد 20<)؛ **آهن** (کمبود 35>؛ کم 50-36؛ مناسب 120-50؛ زیاد 200-120؛ خیلی زیاد 250<)؛ **روی** (کمبود 17>؛ کم 24-18؛ مناسب 49-25؛ زیاد 500-50؛ خیلی زیاد 1000<)؛ **بور** (کمبود 20>؛ کم 35-21؛ مناسب100-36؛ زیاد 200-101؛ خیلی زیاد 250<) (اسدی کنگرشاهی و همکاران، 1396)

جدول 3- مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر غذایی برگ در دو گروه عملکرد بالا و پایین (بصیرت و همکارن، 1398)

عملکرد متوسط		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
تن در هکتار		%					mg kg^{-1}				
پرتقال والنسیا	عملکرد بالا= 33/5	3/00	0/17	1/37	3/32	0/36	75	23	17	7/8	76
	عملکرد پایین= 13	2/28	0/17	1/47	3/10	0/40	89	23	23	9/2	131

شکل 4- اثر شوری و آهک زیاد خاک و مسمومیت بور (a) و کمبود روی در برگ باغ‌های پرتقال در باغ‌های داراب (b) - تصاویر برگرفته از بازدید از باغ‌های مرکبات داراب در آذرماه 1398 به همراه پروفسور آنوپ کومار سریواستاوا محقق برجسته ICAR (موسوی و همکاران، 1400)

شکل 5- علامت زیادبود پتاسیم در میوه پرتقال رقم والنسیا در داراب - تصاویر برگرفته از بازدید از باغ‌های مرکبات داراب در آذرماه 1398 به همراه پروفسور آنوپ کومار سریواستاوا محقق برجسته ICAR (موسوی و همکاران، 1400)

جمع‌بندی و توصیه‌ها

براساس بررسی‌های میدانی و آزمایشگاهی و همچنین بررسی منابع مختلف پژوهشی، اینگونه برداشت می‌شود که به‌هم خوردن تعادل تغذیه‌ای به‌صورت بیش‌بود بور، فسفر و پتاسیم در گیاه موجب اختلال در تعادل تغذیه‌ای دیگر عناصر شده است به طوری‌که کمبود نیتروژن، روی و منگنز را در درصد زیادی از باغ‌ها مرکبات شهرستان داراب را در مقایسه با دیگر عناصر رقم زده است. همچنین بررسی ویژگی‌های خاک منطقه مطالعه شده نشان از این واقعیت است که شرایط خاک تأثیر زیادی بر روی حدود استاندارد عناصر غذایی داشته و احتمالاً عوامل محدودکننده در منطقه وجود دارد که نیاز به بررسی دقیق‌تر است. افزون‌بر این، بررسی داده‌های تجزیه خاک منطقه نشان می‌دهد که میزان فسفر و پتاسیم در خاک باغ‌های پرتقال متعادل نبوده بطوری‌که در برخی باغ‌ها کمبود شدید و در برخی باغ‌ها بیش‌بود وجود دارد.

با بررسی داده‌های عملکردی و غلظت عناصر غذایی در برگ باغ‌های مرکبات شهرستان داراب مشاهده شد که در باغ‌های با عملکرد پایین غلظت بور بیش از عناصر دیگر اثر منفی در عملکرد داشته است. به نظر می‌رسد افزایش غلظت نیتروژن به دلیل اثر رقت بور در گیاه، بیش از بقیه عناصر می‌تواند در مرتفع کردن این مسئله و افزایش عملکرد نقش داشته باشد. بطوری که اینگونه تصور می‌شود در شرایط بیش‌بود بور، درختانی که نیتروژن و کلسیم بالاتری داشتند عملکرد بالاتری در این شرایط تولید کردند. در جمع بندی بایستی تاکید کرد که افزون‌بر مشکل نبودن تعادل تغذیه‌ای، مسئله‌ی سمیت بور تهدید جدی برای باغ‌های پرتقال در منطقه مطالعه شده است و بایستی با روش‌های مدیریتی مانند مدیریت تغذیه نیتروژن، فسفر، روی، کلسیم و استفاده از مواد اصلاح کننده مانند گچ و آبشویی مناسب در فصل مناسب، تجمع و انباشت بور در گیاه را تقلیل داد تا باغ‌ها بازده اقتصادی مناسبی داشته باشند. همچنین لازم به یادآوری است که مصرف روی افزون‌بر تعدیل آثار مسمومیت بور در این باغ‌ها، به میزان قابل توجهی می‌تواند کمبود آن در باغ‌های منطقه را که بسیار شایع بود، مرتفع نماید.

منابع

اسدی کنگرشاهی، ع. و اخلاقی امیری، ن. 1393. تغذیه پیشرفته و کاربردی مرکبات، جلد اول و جلد دوم. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

اسدی کنگرشاهی، ع.، بصیرت، م.، اخلاقی امیری، ن.، حقیقت‌نیا، ح.، شیخ‌اشکواری، ع.، صباح، آ.، شهابیان، م.، صالح، ج. و قاسمی، ا. 1395. مشکلات تغذیه‌ای درختان مرکبات کشور. نشر آموزش کشاورزی.

اسدی کنگرشاهی، ا.، بصیرت، م.، اخلاقی امیری، ن.، حقیقت‌نیا، ح.، شیخ‌اشکواری، ا.، سلیم پور، س.، صباح، آ.، شهابیان، م.، صالح، ج.، قاسمی، ا. و رجالی، ف. 1396. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در درختان مرکبات شمال و جنوب کشور. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.

آمارنامه کشاورزی (جلد سوم، محصولات باغبانی). 1397. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

بصیرت، م.، موسوی، س.م.، قاسمی، ا. و بابایی، م. 1399. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای باغات با استفاده از روش‌های یک یا چند متغیره آماری (مطالعه موردی باغات پرتقال مازندران). گزارش نهایی. موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

بصیرت، م.، حقیقت‌نیا، ح. و موسوی، س.م. 1398. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای باغات پرتقال رقم والنسیا در جنوب استان فارس. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). 32 (1): 154-143.

تدین، م.س. و معافپوریان، غ. 1387. مطالعه اثر نوع پایه و پیوندک مرکبات بر میزان جذب بور. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، 13 (47): 347-335.

موسوی، س.م.، بصیرت، م.، سریواستاوا، آ.ک. 1400. گزارش بازدید از باغات مرکبات استان‌های جنوبی و شمالی کشور به منظور بررسی وضعیت تغذیه‌ای و عملکردی و چالش‌های باغداری مرکبات در ایران. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب، شماره ثبت: 2449، 29 صفحه.

Ahmad, W., Niaz, A., Kanwal, S., Rahmatullah, F. and Rasheed, M.K. 2009. Role of boron in plant growth: A review. Journal of Agricultural Research. 47, 329-338.

Ahmad, W., Zia, M.H., Malhi, S.S., Niaz, A. and Ullah, S. 2012. Boron Deficiency in soils and crops: a review. Crop plant, pp.65-97.

Ben-Gal, A. and Shani, U. 2002. Yield, transpiration and growth of tomatoes under combined excess boron and salinity stress. Plant Soil 247, 211–221.

Bie, Z., Nawaz, M.A., Huang, Y., Lee, J.M. and Colla, G. 2017. Introduction of vegetable grafting. In: Vegetable Grafting, Principles and Practices, 1sted., Colla, G., Alfocea, F.P., Schwarz, D., Eds., CABI Publishing: Wallingford, UK, pp. 1–21.

Bilal, H.M., Aziz, T., Maqsood, M.A., Farooq, M. and Yan, G. 2018. Categorization of wheat genotypes for phosphorus efficiency. PLoS One 13, e0205471.

Brdar-Jokanovi, M. 2020. Boron Toxicity and Deficiency in Agricultural Plants. Int. J. Mol. Sci. 21, 1424.

Camacho-Cristobal, J.J., Navarro-Gochicoa, M.T., Rexach, J., González-Fontes, A. and Herrera-Rodríguez, M.B. 2018. Plant response to boron deficiency and boron use efficiency in crop plants. in: Plant micronutrient use efficiency. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812104-7.00007-1.

Chatzissavvidis, Ch. and Antonopoulou, Ch. 2020. Boron toxicity in fruit crops: Agronomic and physiological implications. In: Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints. pp. 2011-221

Das, A.K. and Purkait, A. 2020. Boron dynamics in soil: classification, sources, factors, fractions, and kinetics. Communications in Soil Science and Plant Analysis. https://doi.org/10.1080/00103624.2020.184926.

Debnath, P. and Ghosh, S.K. 2014. Assessment of critical limit of available boron for pea in acidic alfisols of East Sikkim, India. Legume Research – An International Journal 37, 508–14.

Ekbic, H.B., Gokdemir, N. and Erdem, H. 2018. Effects of boron on yield, quality and leaf nutrients of isabella (vitis labrusca l.) grape cultivar. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus 17, 17.

Elrashidi, M.A., and O'Connor, G.A. 1982. Boron sorption and desorption in soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 46, 27–31.

Farooq, M., Rashid, A., Nadeem, F., Stuerz, S., Asch, F., Bell, R. W. and et al. 2018. Boron nutrition of rice in different production systems. A review. Agronomy for Sustainable Development, 38(3), 25.

Goldberg, S. 1997. Reactions of boron with soils. Plant and Soil 193, 35–48.

Gupta, U.C., Jame, Y., Campbell, C. and et al. (1985). Boron toxicity and deficiency: a review. Can. J. Soil Sci. 65 (3): 381–409.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. London. UK. 889 pp.

Marschner, H. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants.

Mathew, J., Krishnakumar, V., Srinivasan, V., Bhat, R., Narayanan-Namboothiri, C.G. and Abdul Haris, A. 2018. Standardization of critical boron level in soil and leaves of coconut palms grown in a tropical Entisol. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2018, 18, 376-387.

Mesquita Geisa, L., Zambrosi Fernando, C.B., Tanaka Francisco, A.O., Boaretto Rodrigo, M., Quaggio José, A., Ribeiro Rafael, V. and Dirceu, M. 2016. Anatomical and Physiological Responses of Citrus Trees to Varying Boron Availability Are Dependent on Rootstock. Front. Plant Sci., 7, 224.

Mousavi, S.M. and Motesharezadeh, B. 2019. Boron deficiency in fruit crops. In: Srivastava, A.K., Hu, C. (Eds.), Fruit crops: diagnosis and management of nutrient constraints. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00015-0.

Nable, R.O, Ba˜ nuelos, G.S and Paull, J.G. 1997. Boron toxicity. Plant Soil 193, 181–198.

Naz, T., Akhtar, J., Iqbal, M.M., ul Haq, M.A. and Saqib, M. 2016. Boron Toxicity in Salt-Affected Soils and Effects on Plants. In: Hakeem K., Akhtar J., Sabir M. (eds) Soil Science: Agricultural and Environmental Prospectives. Springer, Cham.

Raiesi, T. and Moradi, B. 2021. Young navel orange rootstock improves phosphorus absorption from poorly soluble pools through rhizosphere processes," Rhizosphere 17, 100316.

Rehman, A., Farooq, M., Rashid, A., Nadeem, F., Stuerz, S., Asch, F., Bell, R. and Siddique, K.H.M. 2018. Boron nutrition of rice in different production systems. A review. Agronomy for Sustainable Development 38, 25.

Reisenauer, H.M., Walsh, L.M. and Hoeft, R.G. 1973 Testing soils for Sulphur, boron, molybdenum, and chlorine. In: Soil Testing and Plant Analysis. Eds. L M Walsh and J D Beaton. Rev. ed, pp 173–200. Soil Sci. Soc. Am. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Reisenauer, H.M., Walsh, L.M. and Hoeft, R.G. 1973 Testing soils for Sulphur, boron, molybdenum, and chlorine. In: Soil Testing and Plant Analysis. Eds. L.M., Walsh, and J.D. Beaton. Rev. ed, pp 173–200. Soil Sci. Soc. Am. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Ruuhola, T. and Lehto, T. 2014. Do ectomycorrhizas affect boron uptake in Betula pendula? Can. J. For. Res. 44, 1013–1019.

Santos, G.C., Valladares, G.S., Abreu, C.A., de Camargo, O.A. and Grego, C.R. 2013. Assessment of copper and zinc in soils of a vineyard region in the state of Sao paulo, Brazil. Applied and Environmental Soil Science 2013, 790795.

Sarafi, E., Siomos, A., Tsouvaltzis, P., Therios, I. and Chatzissavvidis, C. 2018. The influence of Boron on pepper plants nutritional status and nutrient efficiency. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 18 (3), 653-667.

Shireen, F., Nawaz, M.A., Chen, C., Zhang, Q., Zheng, Z., Sohail, H. and et al. 2018. Boron: functions and approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture. Int. J. Mol. Sci. 19, 1856.

Srivastava, A.K. and Singh, A. 2005. Boron nutrition in citrus- current status and future strategies- A review. Agri. Rev., 26(3): 173-186.

Wang, D.N. and Ko, W. 1975. Relationship between deformed fruit disease of papaya and boron deficiency. Phytopathology 65, 445–447.