

مطالعه اثر نوع پایه و پیوندک مرکبات بر میزان جذب بر

محمد سعید تدین* و غلامرضا معافیوریان^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۲/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۲۸)

چکیده

در مناطق خشک و نیمه‌خشک که آب آبیاری دارای مقادیر بالای بر هستند، سمیت آن مورد توجه می‌باشد. غلظت بحرانی بر در آب آبیاری برای گیاهان حساس و مقاوم از ۱ تا ۱۰ میلی‌گرم در لیتر متغیر است. در بسیاری از مناطق جنوبی کشور از جمله شهرستان‌های مرکبات خیز جهرم و جیرفت زیادی بر در آب آبیاری تا حد مسمومیت عامل محدود کننده افزایش عملکرد مرکبات بوده و افزون بر آن درختان مرکبات با کمبود شدید پتاسیم و عناصر ریز مغذی از جمله آهن، روی و منگنز مواجه هستند. در این آزمایش آثار جداگانه پایه‌های ماکروفیلا (*Citrus macrophylla* Wester)، ولکامریانا (*Citrus volkameriana*)، نارنج (*Citrus aurantium*) و لیموترش (*Citrus aurantifolia* Swing) و ترکیب این پایه‌ها با پیوندک‌های پرتقال والانسیا (*Valencia*)، واشنگتن ناول (*Washington Navel*)، پرتقال محلی جهرم و پرتقال 'توسرخ' (*Moro*)، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۵ تکرار و در هر کرت دو درخت به مدت ۴ سال در رابطه با جذب بر مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج بالاترین میزان جذب بر مربوط به پایه ولکامریانا و کمترین آن مربوط به پایه ماکروفیلا بود. بیشترین تأثیر متقابل رقم‌های پیوندی در افزایش سطح برگ، روی پایه نارنج دیده شد، هر چند این پایه خود از میزان متوسط جذب بر، برخوردار بود. پیوندک‌های پرتقال والانسیا، واشنگتن ناول و پرتقال توسرخ 'مورو' روی پایه ماکروفیلا، اختلاف معنی‌دار از نظر مقدار بور نسبت به سایر پایه‌ها داشتند.

واژه‌های کلیدی: مرکبات، پایه‌های مقاوم به مسمومیت بور، پیوندک، بر

مقدمه

باشد کمبود و اگر بیشتر از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد مسمومیت آن برای اغلب گیاهان ممکن است (۲۰). در مواردی، فاز جذبی و محلول بر در خاک، امکان مسمومیت بر در مزارع را به وجود می‌آورد (۱۰ و ۳۶)، اما از میان منابع بالقوه، آب آبیاری عامل اصلی افزایش دهنده بر در خاک است (۱۱). اغلب، غلظت‌های بالای بر، در خاک‌های شور و آب چاه‌های شور دیده می‌شود (۱۲). هنگامی که مقدار بر اضافه شده به خاک بیشتر از مقدار برداشت شده توسط جذب گیاهی و

بیشترین غلظت بر در خاک‌های و آبرفت‌های رسی بر جای مانده از تبخیر آب دریاها دیده می‌شود (۱۶). آب آبیاری و آب‌های زیرزمینی حاوی ترکیبات بر نیز می‌تواند موجب تجمع بر در حد آستانه مسمومیت برای گیاهان در خاک گردد (۲۳). بر در محلول خاک به شکل H_3BO_3 وجود دارد. شکل قابل جذب آن برای ریشه گیاهان H_3BO_3 و آنیون‌های بر است. معمولاً اگر غلظت بر در ماده خشک گیاه کمتر از ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم

۱. اعضای هیئت علمی (استادیاران) مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ms_tadaion@yahoo.com

آبشویی باشد، تجمع بر در منطقه ریشه اتفاق می افتد (۵). قبل از استفاده از چنین حاکی می بایستی غلظت بر محلول در خاک به حد غیر سمی برای گیاهان کاهش یابد و یا از نژادگان های مقاوم گیاهی استفاده شود. پیشرفت های اخیر در زمینه علم ژنتیک امکان اصلاح گونه های گیاهی مقاوم به بر را افزایش داده است. اگر چه، تا زمان دستیابی به اطلاعات بیشتر، انتخاب گونه های مقاوم به بر از طریق آزمون و خطا در اولویت است (۲۷). سمیت بر در مرکبات همانند مسمومیت ناشی از نمک با زرد شدن و سوختگی سر شاخه ها و برگ ها شروع شده اما در ادامه زردی در مریستم انتهایی با لکه های پراکنده بافت مردگی توأم می شود. این زردی تا بین رگ برگ های نزدیک به انتهایی برگ ها توسعه می یابد. ریزش برگ به ویژه در بهار سنگین بوده و سرشاخه ها خشکیده و محصول کاهش می یابد. به دلیل آن که غلظت بر در ریشه ها در مقایسه با برگ ها، حتی در شرایط فراهم بودن مقادیر بالای بر، به نسبت بسیار پایین بوده، علائم مسمومیت بر در ریشه ها مشاهده نمی شود (۲۶ و ۲۸). اگرچه آب آبیاری می تواند منبع اولیه افزایش بر در خاک باشد اما مسأله عمده به سبب ضعف در زه کشی و عملیات آبیاری می باشد که باعث تجمع بر در منطقه ریشه می گردد این مسأله به ویژه در سیستم آبیاری قطره ای تشدید می شود (۲۲). در جهرم و جیرفت زیادی بر در آب های آبیاری تا حد مسمومیت در بسیاری از مناطق عامل محدود کننده افزایش عملکرد مرکبات بوده و علاوه بر آن درختان مرکبات با کمبود عناصر کم مصرف از جمله آهن، روی و منگنز مواجه هستند. زیادی بر در آب های آبیاری منطقه، چه در آب رودخانه قره آغاج (منطقه خفر) و چه در آب های استخراجی از چاه های دشت جهرم مسأله ساز می باشد و این اختطار جدی برای متخصصین امر در پیدا کردن رقم های مرکبات مقاوم به مسمومیت بر است (۳). در کوتاه مدت مصرف مقادیر بالاتر ازت و روی می تواند سهم مهمی در کاهش مسمومیت داشته باشد (۳ و ۳۸). در حال حاضر مدیریت مسمومیت بر، به واسطه شناخت جزئیات گوناگونی فیزیولوژیکی و ژنتیکی مقاومت

گیاهان و استفاده از این قابلیت ها برای افزایش حداکثر رشد گیاهان روی خاک های دارای بر زیاد، از کارایی بیشتری برخوردار گردیده است. بیشتر تحقیقات جدید نشان دهنده دامنه وسیع گوناگونی درون گونه ای در عکس العمل به بر در محصولات زراعی و باغی می باشد. این مسأله در مورد مرکبات نیز مورد بررسی قرار گرفته شده است (۹ و ۲۱). در حال حاضر ارزش طبقه بندی هر یک از گونه ها در پژوهش های گذشته، وابسته به آزمون رقم های و واریته های آن می باشد. این مقاومت، نه تنها در سطح کل گیاه، بلکه در سطح اندام و سلول ها نیز عمل می نماید. در گونه های بسیار نزدیک، نژادگان های حساس به مسمومیت بر اغلب دارای غلظت های بالاتر بر در برگ ها و شاخه ها نسبت به نژادگان های مقاوم هستند (۱۳). گونه مرکبات حساس *Citrus limonia* دارای بر بیشتری در برگ های نسبت به خویشاوند خود *Severina buxifolia* است (۱۴). بسیاری از نژادگان های مقاوم به بر از غلظت بر اندکی در شاخه هایشان نسبت به خویشاوندان حساس برخوردارند. تعیین این مسأله که آیا نژادگان های مقاوم به بر از مکانیسم های جلوگیری از ورود برای کاهش تجمع بر در کل گیاه استفاده می کنند یا نه، امکان پذیر نمی باشد، چرا که اطلاعات کمی در رابطه با غلظت های بر در ریشه موجود است. با این وجود، با آزمایش ریشه ها و شاخه ها در محلول کشت مشاهده گردید که مکانیسم های بازدارنده ورود بر در دامنه وسیعی از گونه ها وجود دارد. پایه ها و پیوندک های مرکبات نیز از نظر حساسیت به سمیت بر متفاوت می باشند. حد کمبود، مطلوب، زیاد و بسیار زیاد بر در نمونه های برگ مرکبات در شرایط خاک های آهکی به ترتیب به میزان کمتر از ۲۰، ۱۰۰-۲۰ و ۲۵۰-۱۰۰ و بیش از ۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک برگ است (۳۵). در بین رقم های پیوندی لمون ها دارای بیشترین حساسیت و به دنبال آن نارنگی، گریپ فروت و انواع پرتقال می باشند. در بین پایه های مرکبات پایه ماکروفیلا و رانگپورلایم دارای بیشترین مقاومت به مسمومیت بر می باشند. این پایه ها هم چنین دارای مقاومت مناسب در برابر کلریدها و زه کش ضعیف هستند. پایه پرتقال و

پایه‌های نارنج موجب افزایش غلظت بر در برگ رقم‌های پیوندی پرتقال هاملین می‌شوند (۴۰). نتایج حاصل از آزمایش تیلور و دیمسی (۳۹) نشان‌دهنده اثر متقابل پایه و پیوندک در کاهش میزان مسمومیت بر در رقم‌های مرکبات می‌باشد، در این رابطه مشاهده شده است که اگرچه پایه‌های سیترنج، نارنگی، راف لمون و رانگپورلایم از میزان بالای جذب بر برخوردارند اما از بین رقم‌های پیوندی رقم نارنگی امپروور (Emperor mandarin) بر روی تمام پایه‌ها دارای کمترین غلظت بر در برگ‌ها بود. در این آزمایش اثرات جداگانه پایه و نیز اثر متقابل پایه با پیوندک مرکبات در رابطه با جذب و مسمومیت بر در منطقه آزمایش مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در پنج تکرار و در هر کرت آزمایشی دو درخت به مدت چهار سال در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان جهرم انجام پذیرفت. فاکتورهای آزمایشی شامل پایه‌های ماکروفیلا (*Citrus macrophylla* Wester)، ولکامریانا (*Citrus volkameriana*)، نارنج (*Citrus aurantium*) و لیموترش (*Citrus aurantifolia* Swing) و پیوندک‌های پرتقال 'والنسیا' ('Valencia')، 'واشنگتن ناول' ('Washington navel')، پرتقال محلی جهرم و پرتقال 'توسرخ' ('Moro') بود. نهال‌های پایه که در خزانه توسط بذر و به مدت یک سال تهیه شدند در اسفندماه ۱۳۷۷ به زمین منتقل و بر اساس طرح آزمایشی کشت شدند. در اواخر فروردین ماه ۱۳۷۸ پیوندک‌ها نیز بر اساس طرح آزمایشی روی نهال‌های پایه پیوند شدند و تعدادی از پایه‌ها نیز که در طرح پیش‌بینی شده بود، بدون پیوندک در زمین باقی ماندند. تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک شامل اندازه‌گیری ازت به روش کج‌جدال، فسفر قابل جذب با روش اولسن، پتاسیم قابل جذب با روش استات آمونیوم یک نرمال، کربن آلی با روش دی کرمات پتاسیم، بافت خاک با روش هیدرومتری، درصد مواد خشتی شونده به روش

نارنج سه برگ (*Poncirus trifoliata*) نیز از مقاومت بالایی نسبت به مسمومیت بر برخوردارند اما در شرایط خاک‌های شور و قلیایی مقاومت مناسبی ندارند (۳۴). در ارزیابی درختان پرتقال والنسیا پیوندی روی پایه نارنج و ولکامریانا در شرایط خاک‌های آهکی مشاهده گردید که غلظت فسفر و آهن برگ به طور معنی‌داری نسبت به پایه‌های دیگر بالاتر بود، اما از طرف دیگر مشاهده شده است که استفاده از پایه نارنج در خاک‌های آهکی موجب افزایش میزان منیزیم، منگنز و بر می‌شود (۲۵). در یک آزمایش گلخانه‌ای (۳۱) مشاهده شد که درختان پرتقال پیوند شده روی پایه سوینگل سیتروملو در شرایط میزان بر زیاد در محلول کشت (۲/۵ میلی‌گرم بر در لیتر)، بیش از پایه‌های نارنج مقاومت نشان می‌داد. این مسأله به دلیل جذب کمتر بر از محلول غذایی و بازداشته شدن بیشتر بر در تنه پایه سوینگل سیتروملو نسبت به پایه نارنج بود. در این آزمایش افزایش غلظت بر در محلول غذایی موجب کاهش ضخامت برگ، به دلیل کاهش بافت پارانشیم اسفنجی، شد. هم‌چنین افزایش غلظت بر در محلول غذایی از ۰/۲۵ به ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر موجب کاهش غلظت کلروفیل، پارامترهای فلئورسنت کلروفیل و میزان فتوسنتز در پرتقال ناول پیوندی شد. پایداری و همکاران (۳۰) در آزمایشی دیگر روی نارنگی کلماتین پیوندی روی همین پایه‌ها، مشاهده نمودند که مسمومیت بر موجب کاهش غلظت پرولین و کربوهیدرات در برگ‌ها می‌شود، در صورتی که ریشه‌ها تحت تأثیر قرار نگرفتند. در آزمایش آنها نیز مشاهده شد که پایه‌ها نقش بسزایی در کاهش مسمومیت بر دارند و در اینجا نیز نارنگی‌های پیوندی بر روی پایه نارنج از نظر مقاومت به مسمومیت بر حساس‌تر از پایه سوینگل سیتروملو بودند. پایه ماکروفیلا از قابلیت بهتری در شرایط خاک‌های آهکی نسبت به پایه نارنج برخوردار است. پایه ماکروفیلا به خاک‌های مختلف سازگار بوده و در خاک‌های قلیایی و نسبتاً شور رشد خوبی دارد، به طوری که در pH حدود ۸ مقاومت قابل ملاحظه‌ای از خود نشان داده و به ندرت می‌توان کمبود مواد کم مصرف را روی این پایه مشاهده نمود (۲۹).

نتایج تفسیر و توصیه‌های لازم ارائه شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی نمونه خاک و آب محل اجرای آزمایش نشان‌دهنده بالا بودن مقادیر بر اندازه‌گیری شده به ترتیب به میزان ۷/۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم و ۳/۴۵ میلی‌گرم در لیتر بود. همان‌گونه که قبلاً نیز ذکر شد زیادی بر در آب‌های آبیاری منطقه، چه در آب رودخانه قره‌آغاج (منطقه خفر) و چه در آب‌های استخراجی از چاه‌های دشت جهرم مسأله‌ساز است. بر خلاف آهکی بودن خاک و بالا بودن کلسیم و حتی بالا بودن هدایت الکتریکی خاک که خود می‌تواند به‌عنوان عامل بازدارنده جذب بر عمل نماید (۱۸)، مشاهده می‌گردد که غلظت بر در نمونه‌های برگی به مقدار قابل توجهی زیاد می‌باشد. این میزان در دامنه حد بسیار زیاد بر در نمونه‌های برگ مرکبات در شرایط خاک‌های آهکی، یعنی ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک برگ می‌باشد (۳۵). همان‌گونه که براون و هو (۸) نیز در بررسی‌های خود در مورد تحرک بور در آوند آبکش اشاره می‌کنند، در گونه‌های فاقد سوربیتول در آوند آبکش، مانند مرکبات، تجمع بر در برگ‌ها اتفاق می‌افتد. نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان‌دهنده اثر معنی‌دار پایه‌های آزمایشی بر غلظت عناصر غذایی نمونه‌های برگ و نیز غلظت بر در ریشه، شاخص رشد ریشه، کلروفیل، سطح برگ، وزن خشک برگ و وزن مخصوص برگ‌هاست. برخلاف پایه‌ها، تأثیر نوع پیوندک و اثر متقابل آن با پایه بر روی غلظت بر ریشه معنی‌دار نبود. اما تأثیر نوع پایه و به‌ویژه اثر متقابل پایه و پیوندک بر غلظت بر برگ معنی‌دار بوده است.

بررسی ضرایب هم‌بستگی بین غلظت بر در نمونه‌های برگی و صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش (جدول ۴) نشان‌دهنده تأثیر منفی و معنی‌دار غلظت بر در دامنه حد بسیار زیاد نمونه‌های برگ مرکبات بر شاخص کلروفیل برگ می‌باشد (شکل ۱). رابطه بین غلظت کلروفیل و قرائت کلروفیل متر مطابق رابطه $(Y = 0/129 X + 0/011)$ بود. در این پژوهش،

تیتراسیون، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با دستگاه الکتروکانداکتومتر، pH خاک در گل اشباع به‌وسیله الکتروود شیشه‌ای، آهن، روی، منگنز و مس قابل جذب خاک با روش عصاره‌گیری DTPA، میزان بر استخراج شده با آب داغ با روش کالریمتری آزومتین H تعیین شد. تجزیه آب محل اجرای آزمایش نیز توسط روش‌های مؤسسه تحقیقات خاک و آب انجام پذیرفت (۱)، (جدول ۱ و ۲).

در مدت دو سال نمونه‌برداری، میزان سبزینه (کلروفیل) برگ‌های کاملاً توسعه یافته روی جست‌ها توسط دستگاه کلروفیل متر (Portable chlorophyll meter SPAD 502 (Minolta corp., Ramsey, Nj)) اندازه‌گیری شد. پس از این مرحله برگ‌های یاد شده جدا و جهت اندازه‌گیری سطح برگ توسط دستگاه پلانی متر و غلظت کلروفیل به‌روش آرنون (۴) استفاده شد. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری غلظت کلروفیل برگ، به‌منظور کالیبراسیون دستگاه کلروفیل متر در آزمایش انجام شد. جهت تعیین غلظت عناصر نمونه‌های برگی، به‌روش استاندارد مورد شستشو قرار داده (این کار شامل شستشو با آب معمولی و بعد با اسیدکلریدریک ۰/۱ نرمال در مدت کمتر از ۳۰ ثانیه و سپس با آب معمولی و در نهایت با آب مقطر بود) و وزن خشک نمونه‌ها بعد از قرار دادن آنها در آون تا رسیدن به وزن ثابت با حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. اندازه‌گیری عناصر غذایی در نمونه‌های برگی شامل نیتروژن کل به‌روش میکروکلدال (۷)، فسفر به‌روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات و وانادات)، پتاسیم به‌روش نشر شعله‌ای، کلسیم و منیزیم توسط دستگاه جذب اتمی و غلظت بر در برگ و ریشه به روش آزومتین H (۱۷) تعیین گردید. میزان عناصر آهن، روی، منگنز و مس برگ از طریق هضم به روش سوزاندن خشک و ترکیب با HCl توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (۲). داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از برنامه MSTATC و با به‌کارگیری آزمون F و نیز معادله‌های رگرسیون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. شکل‌های مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم و

جدول ۱. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی نمونه خاک محل انجام آزمایش

هدایت الکتریکی dS.m ⁻¹	pH	مواد خنثی شونده (%)	کربن آلی (%)	فسفر		شن (%)	سیلت (%)
				پتاسیم	میلی گرم در کیلوگرم		
۳/۸۶	۸/۳	۴۹	۰/۱۹	۱/۲	۳۳۶	۲۳/۹	۴۲/۱
رس (%)	منیزیم	کلسیم	آهن	منگنز	روی	مس	بر
میلی گرم در کیلوگرم							
۳۴	۲۱۶	۵۱۲	۲/۶۲	۲/۶	۰/۴۲	۰/۴۸	۷/۱۶

جدول ۲. نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده

هدایت الکتریکی dS.m ⁻¹	اسیدیته pH	بیکربنات HCO ₃ ⁻	کلر Cl ⁻	سولفات SO ₄ ²⁻	مجموع آنیون‌ها	کلسیم + منیزیم	سدیم	مجموع کاتیون‌ها mg.l ⁻¹	بر
۰/۷۱	۷/۶	۲/۴	۲/۶	۲/۹۵	۷/۹۵	۶/۱	۱/۸۴	۷/۹۴	۳/۴۵
میلی اکی والان در لیتر									

جدول ۳. تجزیه واریانس مربوط به اثر ترکیبات مختلف پایه و پیوندک صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	غلظت منیزیم برگ (%)	غلظت کلسیم برگ (%)	غلظت پتاسیم برگ (%)	غلظت فسفر برگ (%)	غلظت ارت برگ (%)	میزان کلروفیل اندازه‌گیری شده توسط کلروفیل متر
سال	۱	۲/۴۴۱ ^{ns}	۲۴/۷۶۳**	۶۶/۱۳۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۱/۰۰۶ ^{ns}	۳۹۲/۳۸۵**
سال × تکرار	۴	۲/۲۱۸ ^{ns}	۳/۸۲۵ ^{ns}	۲۳/۴۱۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۱/۱۳۶ ^{ns}	۱۱/۰۸۲ ^{ns}
پایه	۳	۲/۸۱۵*	۲/۷۹۵**	۲/۹۲۱**	۰/۰۰۸**	۰/۱۸۲*	۴۴۸/۳۹۰**
سال × پایه	۳	۲/۲۲۴ ^{ns}	۱/۲۹*	۱/۲۵۳*	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۲۱۸*	۱۷۵/۸۲۷**
پیوندک	۴	۲/۳۷ ^{ns}	۰/۷۶۲**	۱/۵۳۸**	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۸۹۶**	۴۰۸/۹۴۰**
سال × پیوندک	۴	۲/۴۰۷ ^{ns}	۰/۰۶۶ ^{ns}	۰/۳۱۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۵ ^{ns}	۰/۱۵۴ ^{ns}	۵۳/۴۷۴ ^{ns}
پایه × پیوندک	۱۲	۲/۴۱۳ ^{ns}	۱/۵۹۲**	۱/۹۳**	۰/۰۴**	۰/۱۱۴ ^{ns}	۱۳۵/۴۷۵**
سال × پایه × پیوندک	۱۲	۲/۳۳۴ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۰/۰۷۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۲۰۴*	۸۶/۱۵۸*
اشتباه آزمایش	۴۸	۲/۲۹۲	۰/۲۰۸	۰/۴۸۹	۰/۰۰۱	۰/۱۱۳	۴۱/۹۷۴
ضریب تغییر	-	٪۱۷/۸	٪۱۶/۸۱	٪۱۴/۸	٪۱۸/۵۸	٪۱۲/۹۷	٪۱۲/۷۹

*: در سطح احتمال ۰.۵٪ معنی‌دار است. **: در سطح احتمال ۰.۱٪ معنی‌دار است. ns: عدم اختلاف معنی‌دار

ادامه جدول ۳

منابع تغییر	درجه آزادی	غلظت بر ریشه ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{DW}$)	غلظت برگ ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{DW}$)	غلظت بر ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{DW}$)	غلظت مس برگ ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{DW}$)	غلظت روی برگ ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{DW}$)	غلظت منگنز برگ ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{DW}$)	غلظت آهن برگ ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{DW}$)
سال	۱	۶۸۷۸/۶۵۱**	۷۶۵۰/۳۲۸**	۰/۴۹۱ ^{ns}	۰/۷۱۱ ^{ns}	۱۴۹۵/۰۶۹*	۱۷۷۵/۰۲۵*	
سال × تکرار	۴	۹۶۰/۰۴۵ ^{ns}	۵۵۴۲/۰۱۳ ^{ns}	۰/۶۴۸ ^{ns}	۰/۴۴۸ ^{ns}	۱۰۲۵/۱۱۲ ^{ns}	۱۴۷۲/۸۱۴ ^{ns}	
پایه	۳	۹۰۵۴/۷۶۳**	۱۹۶۶۵/۷۹۳**	۱۹/۵۰۷**	۱۷۳/۸۲۶**	۱۹۶۴۰/۶۱**	۴۶۲/۱۲۴**	
سال × پایه	۳	۵۸۹۷/۷۹۲*	۴۵۳۷/۴۹۷*	۲/۵۸۵ ^{ns}	۴۳/۱۹۳*	۵۳۰/۲۱۴ ^{ns}	۴۶/۷۵۸ ^{ns}	
پیوندک	۴	۷۶/۷۶۱ ^{ns}	۱۵۳۴/۹۰۶ ^{ns}	۳/۸۳۶ ^{ns}	۸۷/۹۷۹**	۱۰۳۶/۵۱۰*	۲۱۷/۸۷۸ ^{ns}	
سال × پیوندک	۴	۷۴۶/۸۰۲ ^{ns}	۲۱۶۲/۴۲۱ ^{ns}	۴/۲۹۰ ^{ns}	۹۱/۳۵۷**	۳۴۶/۵۰۷ ^{ns}	۳۲۶/۴۷۹ ^{ns}	
پایه × پیوندک	۱۲	۵۷۴/۶۵۱ ^{ns}	۴۳۵۳/۰۹۷*	۵/۴۵۱*	۹۳/۰۴۶**	۱۰۵۴/۳۶۷**	۳۱۶/۰۲۲ ^{ns}	
سال × پایه × پیوندک	۱۲	۹۲۴/۲۳۷ ^{ns}	۲۴۵۲/۷۸۷*	۲/۸۲۹ ^{ns}	۲۵/۰۴۲ ^{ns}	۳۴۸/۶۲۷ ^{ns}	۳۵۶/۴۰۹*	
اشتباه آزمایش	۴۸	۸۲۶/۷۲۵	۱۱۱۰/۴۶۲	۲/۲۲۹	۱۳/۹۶۹	۲۲۵/۳۷۵	۲۸۴/۲۱۳	
ضریب تغییر	-	%۱۳/۱۴	%۱۷/۱۶	%۲۲/۵۶	%۱۷/۰۱	%۲۴/۲۵	%۱۸/۲۳	

*: در سطح احتمال ۵٪ معنی دار است. **: در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است. ^{ns}: عدم اختلاف معنی دار

متقابل پایه و پیوندک بر غلظت بر در نمونه‌های برگ‌های رقم‌های پیوندی والنسیا و پرتقال توسرخ مورو بر روی پایه ولکامریانا، موجب کاهش معنی‌دار غلظت بر برگ نسبت به خود پایه بدون انجام پیوند شده است. این مسأله علی‌رغم معنی‌دار نشدن اثر پیوندک روی غلظت بر نمونه‌های برگ‌های اتفاق افتاده است و نشان‌دهنده اهمیت اثر متقابل پایه و پیوندک بر کاهش مسمومیت بر در رقم‌های مرکبات می‌باشد. این نتایج با مشاهدات حاصل از آزمایش تیلور و دیمسی (۳۹) که نشان‌دهنده اثر متقابل پایه و پیوندک در کاهش میزان مسمومیت بر در رقم‌های مرکبات می‌باشد مطابقت دارد. بیشترین تأثیر متقابل رقم‌های پیوندی در افزایش سطح بر برگ، روی پایه نارنج مشاهده می‌شود، بر خلاف پایه ولکامریانا، پایه نارنج گرچه از میزان غلظت بر کمتری در نمونه‌های برگ‌های ولکامریانا برخوردار است، ولی موجب افزایش غلظت بر در نمونه‌های برگ‌های پیوندی پرتقال والنسیا، واشنگتن ناول

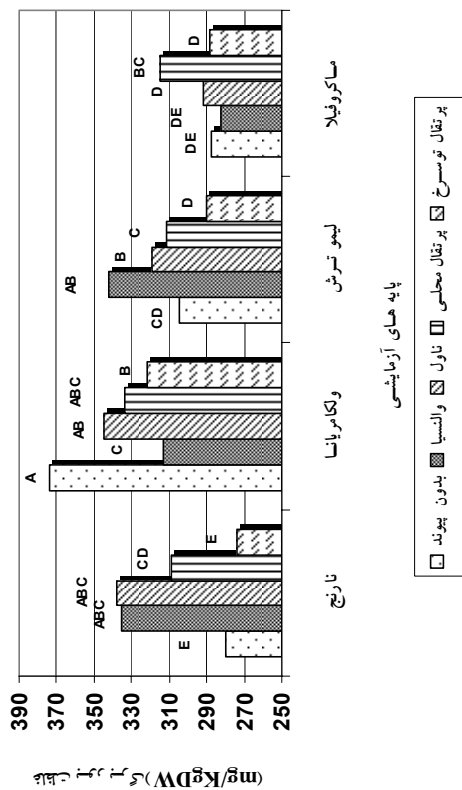
غلظت کلروفیل با مصرف بر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. گزارش شده است که غلظت بالای بر سبب آسیب کلروپلاست در سلول‌های مزوفیل برگ می‌شود و به این دلیل غلظت کلروفیل در نتیجه مصرف بر کاهش می‌یابد (۲۷). پایاداکیس و همکاران (۳۱) نیز در آزمایش خود مشاهده کردند که بر سبب کاهش معنی‌دار مقدار کلروفیل در برگ لیموترش می‌شود. اگرچه دامنه تغییرات غلظت بر در نمونه‌های برگ‌های کمتر از ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک است (شکل ۲)، اما کاهش میزان کلروفیل در این دامنه کاملاً معنی‌دار است. این مسأله هم‌چنین نشان‌دهنده کم بودن دامنه حد مسمومیت بر در رابطه با کاهش میزان کلروفیل نمونه‌های برگ‌ها است.

با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل پایه و پیوندک بر غلظت بر در نمونه‌های برگ‌های پیوندی در سطح ۵ درصد آماری (جدول ۳)، می‌توان مشاهده نمود که بیشترین میزان اثر متقابل پایه و پیوندک در کاهش غلظت بر در برگ و کاهش مسمومیت بر، مربوط به پیوند رقم‌های پرتقال والنسیا و واشنگتن ناول روی پایه ماکروفیلا بوده است (شکل ۲). اثر

جدول ۴. ضرایب همبستگی بین غلظت بر در برگ و ریشه رقم‌های پایه و پیوندک و صفات اندازه‌گیری شده

ریشه **	نسبت و غلظت عناصر در برگ										قرانت کلروفیل ** متر		
	Cu ^{ns} (mg/kg)	Zn ^{ns} (mg/kg)	Mn ^{ns} (mg/kg)	Fe ^{ns} (mg/kg)	Mg ^{ns} (%)	K/B** (%)	Ca/B ^{ns} (%)	Ca ^{ns} (%)	K* (%)	P ^{ns} (%)		N ^{ns} (%)	برگ (mgDW/cm ²)
۰/۸۴۸	-۰/۰۶۰	-۰/۱۵۶	۰/۲۴۲	-۰/۴۱۶	-۰/۲۱۹	-۰/۵۴۶	-۰/۲۲۴	-۰/۰۹۴	-۰/۴۰۷	-۰/۰۳۱	-۰/۲۶۴	-۰/۱۲۹	-۰/۸۲۷

ضرایب رگرسیونی^x در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است.^{xx} در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است.

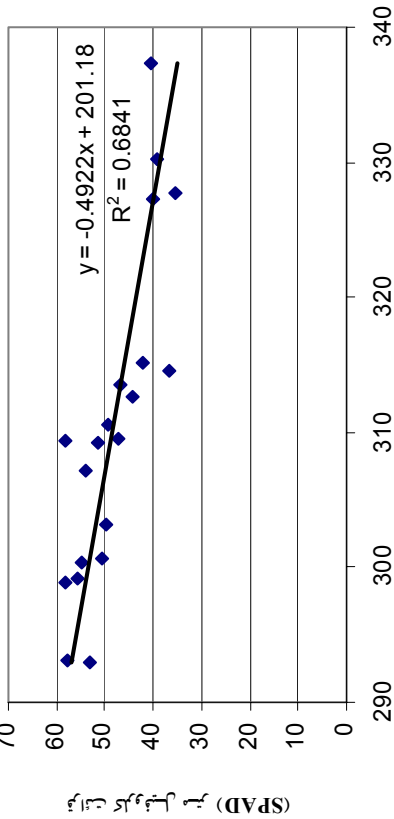


شکل ۲. اثر نوع پایه و اثر متقابل پایه و پیوندک بر غلظت بر

شکل ۱. ضریب و معادله رگرسیونی و شکل تغییرات میانگین داده‌های قرانت کلروفیل متر با افزایش غلظت بر در نمونه‌های برگی

پرتقال توسرخ □ پرتقال محلی □ ناول □ والنسیا □ بدون پیوند □

پایه‌های آزمایشی
نارنج و لکارناسا لیو ترش ماکروفیلا



و محلی جهرم روی آن شده است (شکل ۲). در این میان اثر متقابل پرتقال پیوندی توسرخ روی پایه نارنج از نظر غلظت بر در نمونه‌های برگگی اختلاف معنی‌دار با غلظت بر در نمونه‌های برگگی پایه نارنج بدون انجام پیوند نداشت. در ارزیابی درختان پرتقال والنسیا پیوندی بر روی پایه نارنج و ولکامریانا در شرایط خاک‌های آهکی مشاهده گردید که استفاده از پایه نارنج در خاک‌های آهکی موجب افزایش غلظت منیزیم، منگنز و بر برگ می‌شود (۲۵).

از طرف دیگر نتایج نشان‌دهنده اثر متقابل معنی‌دار پایه و پیوندک بر میزان شاخص کلروفیل برگ می‌باشد (جدول ۳). شکل ۳ نشان‌دهنده تأثیر متقابل مثبت پایه‌های نارنج و ماکروفیلا بر میزان شاخص کلروفیل نمونه‌های برگ رقم‌های پیوندی پرتقال والنسیا، واشنگتن ناول، پرتقال محلی جهرم و به‌ویژه پرتقال توسرخ مورو نسبت به پایه‌های ولکامریانا و لیموترش می‌باشد. پایه ماکروفیلا نسبت به پایه لیموترش (پایه شاهد یا عرف منطقه)، موجب افزایش میزان شاخص کلروفیل نمونه‌های برگگی رقم پیوندی پرتقال توسرخ مورو به میزان حدود ۲۰ درصد شد. از بین رقم‌های پیوندی نیز همان‌گونه که مشاهده می‌شود، شاخص کلروفیل در پرتقال واشنگتن ناول کمتر و پرتقال توسرخ مورو بیشتر از سایر رقم‌های پیوندی تحت تأثیر اثر متقابل پیوندک و نوع پایه به‌کاررفته شده در آزمایش قرار گرفته است. پایه‌های نارنج، لیموترش و ماکروفیلا از نظر میزان شاخص کلروفیل برگ بدون انجام پیوند در یک گروه آماری بوده و پس از آنها پایه ولکامریانا قرار دارد.

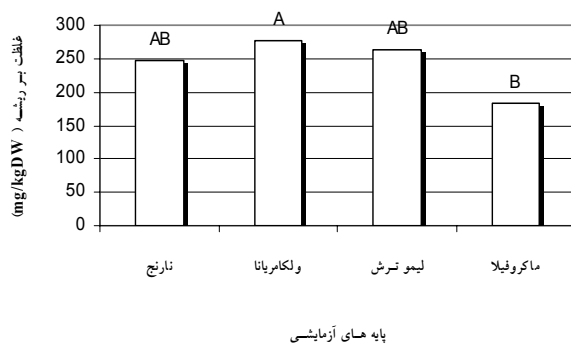
با توجه به شکل‌های ۲ و ۳ می‌توان مشاهده نمود، که با وجود معنی‌دار بودن ظریب هم‌بستگی بین میزان کلروفیل برگ و غلظت بر در نمونه‌های برگگی (جدول ۴)، این هم‌بستگی بین میزان بر و کلروفیل در مورد رقم پیوندی پرتقال توسرخ مورو بر روی پایه‌های آزمایشی به‌ویژه روی پایه نارنج کمترین میزان بوده، اما بیشترین میزان هم‌بستگی بین میزان کلروفیل و غلظت بر در نمونه‌های برگگی در رقم‌های پیوندی بر روی پایه ماکروفیلا مشاهده می‌شود. به‌طورکلی غلظت بر در نمونه‌های

برگی رقم پیوندی پرتقال توسرخ مورو تا حد زیادی تحت تأثیر پایه به‌کار رفته در آزمایش بود اما از نظر غلظت کلروفیل برگ این رقم کمتر تحت تأثیر نوع پایه آزمایشی قرار گرفته است. رقم‌های پیوندی پرتقال از نظر غلظت برگگی بر بیشتر تحت تأثیر پایه ماکروفیلا بوده و از بین رقم‌های پیوندی، پرتقال واشنگتن ناول و والنسیا به میزان کمتری تحت تأثیر پایه نارنج و لیموترش قرار داشتند (شکل ۲).

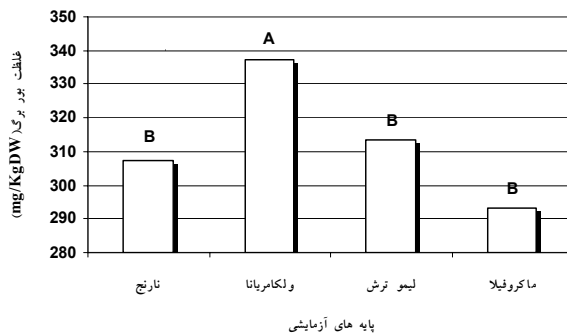
اثر پایه‌های آزمایشی بر غلظت بر ریشه‌ها در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بوده و همان‌گونه که در شکل ۴ مشاهده می‌گردد پایه ولکامریانا بیشترین مقدار و پایه ماکروفیلا کمترین مقدار غلظت بر را در ریشه داشتند. برخلاف پایه‌ها، تأثیر نوع پیوندک و اثر متقابل آن با پایه بر روی غلظت بر ریشه معنی‌دار نبود (جدول ۳). ضریب هم‌بستگی بالا و معنی‌دار بین غلظت بر در ریشه و غلظت بر در نمونه‌های برگگی ($r=0/848$) بیان‌گر انتقال راحت بر از ریشه به اندام هوایی می‌باشد (جدول ۴ و شکل ۵). این مسأله که آیا در این آزمایش افزایش میزان هم‌بستگی و معنی‌دار شدن آن در دامنه حد بسیار زیاد بر برای مرکبات بوده و قبل از این دامنه، مقاومتی در جهت انتقال بر از ریشه به اندام هوایی وجود داشته است یا خیر نیاز به بررسی دارد.

در این آزمایش اثر پایه‌های آزمایشی بر غلظت بر در نمونه‌های برگگی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). همان‌گونه که در شکل ۶ دیده می‌شود از بین پایه‌های آزمایشی پایه ولکامریانا بیشترین تأثیر را بر افزایش غلظت بر نمونه‌های برگ داشته و پس از آن پایه‌های نارنج لیموترش و ماکروفیلا در یک گروه آماری قرار دارند. اثر پایه بر غلظت بر در نمونه‌های برگگی و به‌طور کلی مقاومت در برابر مسمومیت بر نه تنها به جذب و انتقال این عنصر توسط پایه بستگی داشته بلکه به اثر پایه و ویژگی‌هایی همچون جذب سایر عناصر تأثیر گذار در مقاومت گیاه به مسمومیت بر نیز ارتباط دارد.

از آنجایی که اثر پیوندک و نیز اثر متقابل پایه و پیوندک

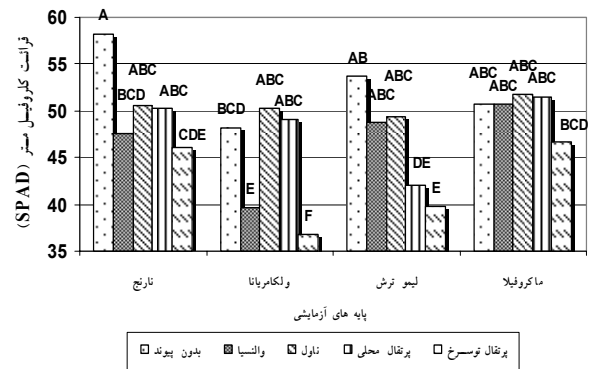


شکل ۴. مقایسه پایه‌های مورد آزمایش از نظر غلظت بر در ریشه

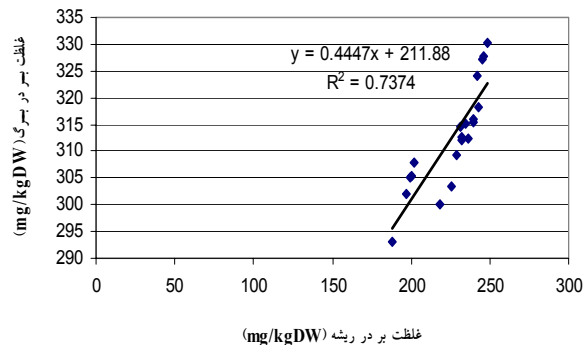


شکل ۶. اثر پایه‌های مختلف آزمایشی بر غلظت بر در نمونه‌های برگی

غلظت بر در برگ‌ها وجود ندارد. در این آزمایش، نوع پیوندک تأثیر معنی‌دار روی غلظت بر در نمونه‌های برگی نداشت. در بررسی اثر متقابل پایه و پیوندک (شکل ۲)، مشاهده گردید که رقم‌های پیوندی پرتقال والنسیا، واشنگتن ناول و پرتقال محلی جهرم در مقایسه با خود رقم پایه نارنج بدون انجام عمل پیوند، موجب افزایش غلظت بر در نمونه‌های برگی شده‌اند، پرتقال توسرخ مورو از این نظر مستثنا بود. اثر متقابل پایه ولکامریانا و پیوندک‌های والنسیا و مورو موجب کاهش غلظت بر در نمونه‌های برگی نسبت به خود پایه ولکامریانا بدون انجام پیوند شد. اثر متقابل پایه لیموترش و پیوندک‌های پرتقال والنسیا و واشنگتن ناول موجب افزایش غلظت بر در نمونه‌های برگ نسبت به خود پایه لیموترش بدون انجام پیوند شده، این در حالی است که اثر متقابل پایه لیموترش و پیوندک پرتقال محلی جهرم



شکل ۳. اثر نوع پایه و اثر متقابل پایه و پیوندک بر میزان کلروفیل



شکل ۵. ضریب و معادله رگرسیونی و شکل تغییرات میانگین داده‌های غلظت بر در نمونه‌های برگی با افزایش غلظت بر در ریشه پایه‌های آزمایشی

روی غلظت بر در ریشه پایه‌های آزمایشی معنی‌دار نبود (جدول ۳) می‌توان نتیجه گرفت که مکانیسم مقاومت در برابر مسمومیت بر مربوط به نوع پیوندک و اثر آن در جذب بر از خاک است. اما از طرف دیگر معنی‌دار بودن اثر پایه و اثر متقابل پایه و پیوندک بر غلظت بر در نمونه‌های برگی رقم‌های پیوندی در آزمایش (جدول ۳)، نشان‌دهنده مکانیسم‌های مقاومت داخلی به‌جز جذب بر توسط ریشه‌هاست که نظریه لومیس و دارست (۲۴) را تأیید می‌کند. علاوه بر این بر طبق نظر نیبل و همکاران (۲۷) عدم قابلیت انتقال بر در آوند آبکش مرکبات در ارقام پیوندی می‌تواند به‌عنوان یک مکانیسم داخلی مقاومت مطرح گردد. به‌جز پایه ولکامریانا، پایه‌های ماکروفیلا، لیموترش و نارنج از نظر تأثیر بر غلظت بر در نمونه‌های برگی در یک گروه آماری قرار دارند و اختلاف معنی‌داری بین آنها از نظر کنترل

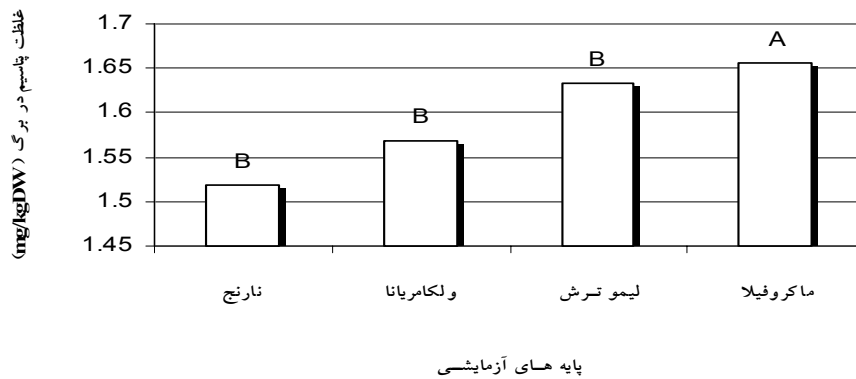
از نظر غلظت بر در نمونه‌های برگگی اختلاف معنی‌دار با شاهد (پایه لیموترش بدون انجام پیوند) نداشت. اثر متقابل پایه ماکروفیلا و پیوندک‌های پرتقال والنسیا، واشنگتن ناول و مورو اختلاف معنی‌داری روی غلظت بر در نمونه‌های برگگی نسبت به خود پایه ماکروفیلا بدون انجام عمل پیوند نداشت، و تنها اثر متقابل پیوند پرتقال محلی روی پایه ماکروفیلا موجب افزایش غلظت بر نمونه‌ها برگی و اختلاف معنی‌دار با خود پایه ماکروفیلا بدون انجام پیوند شده بود. به‌طور کلی، بر خلاف عدم اختلاف معنی‌دار بین پایه‌های نارنج، لیموترش و ماکروفیلا روی غلظت بر در نمونه‌های برگگی (شکل ۶)، همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده گردید، اثر متقابل پایه ماکروفیلا، به‌جز در مورد پرتقال محلی جهرم، روی پیوندک پرتقال والنسیا، واشنگتن ناول و پرتقال توسرخ مورو موجب کاهش معنی‌دار غلظت بر در نمونه‌های برگگی نسبت به سایر پایه‌ها شده است.

در بررسی اثر غلظت سایر عناصر غذایی در نمونه‌های برگگی و هم‌بستگی بین آنها با غلظت بر در برگ، همان‌گونه که در جدول ۴ دیده می‌گردد، غلظت نیتروژن، فسفر، کلسیم و عناصر کم مصرف در نمونه‌های برگگی هم‌بستگی معنی‌دار با غلظت بر در نمونه‌های برگ نداشت و تنها غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به بر در برگ با غلظت بر برگ هم‌بستگی منفی و معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان داد. افزایش پتاسیم در محیط کشت مسمومیت بر را تشدید می‌کند (۱۵، ۱۹ و ۴۱)، اما در این آزمایش بالا بودن قابلیت جذب پتاسیم در پایه‌های آزمایشی و افزایش غلظت پتاسیم در نمونه‌های برگگی، به‌عنوان مزیت در کاهش مسمومیت بر در رقم‌های پایه و پیوندک مطرح گردید (شکل ۷).

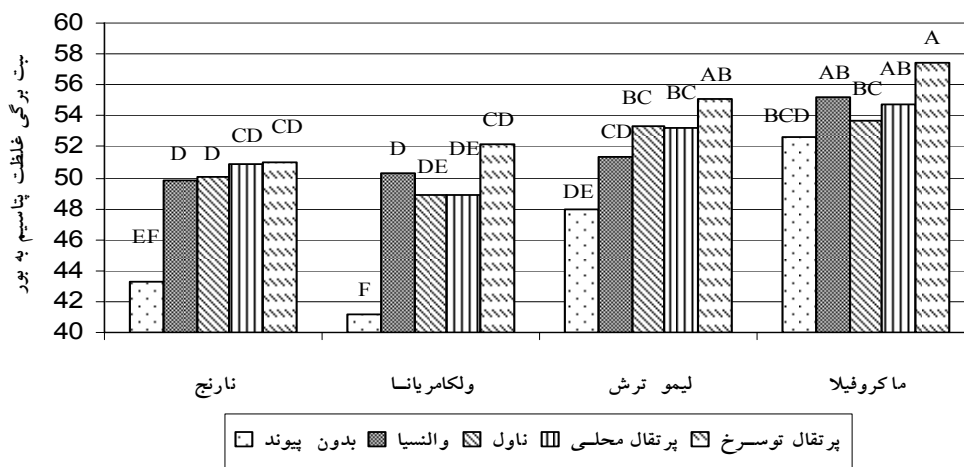
همان‌گونه که در شکل ۷ دیده می‌گردد پایه ماکروفیلا دارای بیشترین غلظت پتاسیم در نمونه‌های برگگی است و سایر پایه‌ها از این نظر در یک گروه آزمایشی قرار دارند. گوپتا و همکاران (۲۰) نشان دادند که با افزایش مقدار بر، غلظت پتاسیم در گیاه افزایش می‌یابد. به عقیده آنان بر سبب کاهش جذب کلسیم و

در نتیجه افزایش جذب پتاسیم می‌شود. در این آزمایش غلظت کلسیم در برگ در حد پایین آستانه مورد نیاز برای مرکبات (۳۵) قرار داشت. افزایش pH خاک توسط آهک غلظت بر در گیاه را کاهش می‌دهد (۶ و ۳۲)، اما از طرف دیگر دسترسی به روی در pH بالای خاک کاهش می‌یابد، بنابراین، کمبود روی و زیادی بر برای گیاهان ممکن است به‌طور هم‌زمان اتفاق افتد (۳۷). در این آزمایش ارتباط معنی‌دار بین غلظت روی و غلظت بر در برگ دیده نشد (جدول ۴). نسبت برگگی پتاسیم به بر در برگ به‌عنوان شاخص مناسبی جهت ارزیابی مقاومت به مسمومیت بر در گیاه شناخته شده است (۲۰). در این آزمایش همان‌گونه که مشاهده می‌گردد (جدول ۴)، ارتباط کاملاً معنی‌دار در سطح آماری یک درصد بین نسبت برگگی پتاسیم به بر و غلظت بر در نمونه‌های برگگی وجود دارد. نسبت برگگی پتاسیم به بر در رقم‌های پیوندی پرتقال والنسیا، پرتقال محلی و پرتقال توسرخ مورو بر روی پایه ماکروفیلا بمراتب بیشتر از سایر پایه‌های آزمایشی بوده و به‌جز با رقم پیوندی پرتقال مورو روی پایه لیموترش با سایر پایه‌ها اختلاف معنی‌دار نشان داده است (شکل ۸).

نتایج آزمایش نشان داد که بیشترین میزان جذب بر متعلق به پایه ولکامریانا بوده و از این نظر تأثیر مشخصی روی افزایش غلظت بر برگ‌های رقم‌های پیوندی به‌ویژه پرتقال ناول و محلی داشت. پایه ماکروفیلا پایین‌ترین میزان جذب بر را به خود اختصاص داده و اثر متقابل آن نیز با رقم‌های پیوندی کمترین میزان تأثیر را روی غلظت بر برگ‌ها نشان می‌دهد که می‌تواند نقش موثری روی کاهش مسمومیت بر در رقم‌های پیوندی داشته باشد. بیشترین تأثیر رقم‌های پیوندی در افزایش سطح بر برگ، روی پایه نارنج مشاهده می‌شود، گرچه این پایه خود از میزان متوسط جذب بر برخوردار است اما افزایش غلظت بر در برگ‌های رقم‌های پیوندی به خوبی قابل مشاهده است که این مسأله با توجه به‌نظر روزما و همکارانش (۳۳) که نشان دادند هنگام بالا بودن غلظت بر در گیاه کمپلکس‌های محلول بر از اهمیت کمتری برخوردار بوده و رسوب بر در دیواره‌های



شکل ۷. اثر نوع پایه بر غلظت پکتین در نمونه های برگ



شکل ۸. اثر پایه و اثر متقابل پایه و پیوندک بر نسبت پکتین به بر در نمونه های برگ رقم های پیوندی پرتقال

بودند (۳۰). در آزمایش ووشر (۴۰) نیز مشاهده گردید که پایه نارنج موجب افزایش غلظت بر در برگ های پیوندی پرتقال هاملین شد. از بین رقم های پیوندی رقم پرتقال ناول بیشترین تأثیر را روی افزایش بر برگ ها داشته و کمترین آن متعلق به پرتقال توسرخ می باشد. در آزمایش مورینو و همکارانش (۲۵) مشاهده گردید که افزایش غلظت بر در محلول غذایی از ۰/۲۵ میلی گرم در لیتر به ۲/۵ میلی گرم در لیتر موجب افزایش غلظت بر در برگ و کاهش غلظت کلروفیل، پارامترهای فلئورسنت کلروفیل و میزان فتوسنتز در پرتقال واشنگتن ناول پیوندی شد. از بین پایه های به کار برده شده پایه 'ماکروفیلا' پایین ترین میزان جذب بر را به خود اختصاص داده و به همین دلیل می تواند از قابلیت بالایی در کاهش عوارض ناشی از مسمومیت بر در

سلولی اهمیت می یابد را مورد تأیید قرار می دهد. در این آزمایش به نظر می رسد که پایه نارنج از توانایی کمتری در بازداشتن بر در تنه برخوردار بوده و مقدار بر بیشتری به شاخساره انتقال می دهد، این مسأله در آزمایش گلخانه ای پاپاداکیس و همکارانش (۳۱) نیز مشاهده گردیده که درختان پرتقال پیوند شده روی پایه سوینگل سیتروملو در شرایط میزان بر زیاد در محلول کشت (۲/۵ میلی گرم بر در لیتر)، بیش از پایه های نارنج مقاومت نشان داده، که این مسأله به دلیل جذب کمتر بر از محلول غذایی و بازداشته شدن بیشتر بر در تنه پایه سوینگل سیتروملو نسبت به پایه نارنج بود. در آزمایش دیگری نیز دیده شد که نارنگی های پیوندی روی پایه نارنج از نظر مقاومت به مسمومیت بر حساستر از پایه سوینگل سیتروملو

می‌توان کمبود مواد کم مصرف را روی این پایه مشاهده نمود (۲۹). با توجه به قابلیت پایه ماکروفیلا در جذب عناصر پرمصرف و کم مصرف نسبت به سایر پایه‌ها و نیز پایین بودن میزان جذب بر و غلظت بر در رقم‌های پیوندی بر روی آن در این آزمایش، می‌توان آن را به‌عنوان پایه مناسب در منطقه معرفی نمود. در این آزمایش همان‌گونه که هافمن (۲۲) نشان داد، آب آبیاری تنها منبع اولیه افزایش بر در خاک نبوده و ضعف در زهکشی و عملیات آبیاری می‌تواند تا حدود زیادی باعث تجمع بر در منطقه ریشه می‌گردد این مسأله به‌ویژه در سیستم آبیاری قطره‌ای مورد کاربرد در منطقه جهرم تشدید می‌شود.

رقم‌های پیوندی بر روی آن برخوردار باشد. هم‌چنین پایه ماکروفیلا به‌طور معنی‌دار میزان جذب پتاسیم و عناصر ریز مغذی از جمله آهن، روی، منگنز و مس را افزایش داده که می‌تواند از این نظر اهمیت زیادی در منطقه داشته باشد. پایه پرتقال و نارنج سه برگ (*Poncirus trifoliata*) نیز از مقاومت بالایی نسبت به مسمومیت بر برخوردارند اما در شرایط خاک‌های شور و قلیایی مقاومت مناسبی ندارند (۳۴). پایه ماکروفیلا به خاک‌های مختلف سازگار بوده و در خاک‌های قلیایی و نسبتاً شور رشد خوبی دارد، به‌طوری‌که در pH حدود ۸ مقاومت قابل ملاحظه‌ای از خود نشان داده است و به‌ندرت

منابع مورد استفاده

۱. احیایی، ع.، م. بهبهانی زاده و ا. بهبهانی زاده. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره ۸۹۳، چاپ اول، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.
۲. امامی ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره ۹۸۲، چاپ اول، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.
۳. ملکوتی، م. ج. و ح. رستگار. ۱۳۷۷. شناخت ناهنجاری‌های تغذیه‌ای مرکبات و ارائه راه‌های علمی کاربردی برای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت آنها در کشور. نشریه فنی شماره ۱۶، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.
4. Arnon, D. I. 1956. Photosynthesis by isolated chloroplast. IV. General concept and comparison of three photochemical reactions. *Biochem. Biophysiol. Acta* 20:440-461.
5. Ayars, J. E., R. B. Hutmacher, R. A. Schoneman, S. S. Vail and T. Pflaum. 1994. Long term use of saline water for irrigation. *Irrig. Sci.* 14: 27-34.
6. Bartlett, R. J. and C. J. Picarelli. 1973. Availability of boron and phosphorus as affected by liming an acid potato soil. *Soil Sci.* 116: 77-80.
7. Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen. PP.1148-1158. *In: C. A. Black (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Am. Soc. Agron., Madison, WI.*
8. Brown, P. H. and H. Hu. 1996. Phloem mobility of boron is species dependent: evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. *Ann. Bot.* 77: 497-505.
9. Chapman, H. D. and A. P. Vanselow. 1955. Boron deficiency and excess. *Calif. Citrograph* 41: 31-34.
10. Cartwright, B., B. A. Zarcinas and A. H. Mayfield. 1984. Toxic concentrations of B in a red-brown earth at Gladstone, South Australia. *Aust. J. Soil Res.* 22: 261-272.
11. Chauhan, R. P. S. and S. L. Powar. 1978. Tolerance of wheat and pea to boron in irrigation water. *Plant and Soil* 50: 145-149.
12. Dhankhar, D. P. and S. S. Dahiya. 1980. The effect of different levels of boron and soil salinity on the yield of dry matter and its mineral composition in Ber (*Zizyphus rotundifolia*). *Int. Symp. on Salt Affected Soils. Karnal, India.*
13. Eaton, F. M. 1944. Deficiency, toxicity and accumulation of boron in plants. *J. Agric. Res.* 69: 237-277.
14. Eaton, F. M. and G. Y. Blair. 1935. Accumulation of boron by reciprocally grafted plants. *Plant Physiol.* 10: 411-424.
15. El-Motaium, R., H. Hu and P. H. Brown. 1994. The relative tolerance of six *Prunus* rootstocks to boron and salinity. *J. Ame. Soc. Hort. Sci.* 119: 1169-1175.
16. Erd, R. C. 1980. The minerals of boron. PP. 7-71. *In: R. Thompson (Ed.), Mellor's Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry. Longman, New York.*
17. Ferran, J., A. Bonvalet and E. Casassas. 1987. New masking agents in the azomethine-H method for boron determination in plant tissues. *Agrochimica* 32: 171.
18. Ferreyra, R., A. Aljaro, R. Ruiz, L. Rojas, J. D. Oster. 1997. Behavior of 42 crop species grown in saline soils with

- high boron concentrations. *Agric. Water Manag.* 34: 111-124.
19. Grattan, S.R., M. C. Shannon, C. M. Grieve, J.A. Poss, D. L. Suarez and L. E. Francois. 1997. Interactive effects of salinity and boron on the performance and water use of eucalyptus. *Proceeding 2nd International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. In: Chartzoulakis, K.S. (Ed.), September 8-13, 1996, Chania, Crete, Greece. Acta Hort.* 449:607-613.
 20. Gupta, U. C., Y. W. Jame, C. A. Campbell, A. J. Leyshon and W. Nicholaichuk. 1985. Boron toxicity and deficiency: A review. *Can. J. Soil Sci.* 65: 381-409.
 21. Haas, A. R. C. 1929. Toxic effect of boron on fruit trees. *Bot. Gaz.* 88: 113-131.
 22. Hoffman, G. J. 1990. Leaching fraction and root zone salinity control. PP. 238-261. *In: Tanji, K. K (Ed.), Agricultural Salinity Assessment and Management. Amer. Soc. of Civil Eng., New York.*
 23. Kubata J. 1980. Regional distribution of trace element problems in North America. PP. 443-466. *In: Davies, B. (Ed.), Applied Soil Trace Elements. John Wiley Pub., London.*
 24. Loomis W. D. and R. W. Durst. 1992. Chemistry and biology of boron. *BioFactors* 3: 229-239.
 25. Moreno, J., J. Lucena and O. Carpena. 1996. Effect of the iron supply on the nutrition of different citrus variety/rootstock combinations using DRIS. *J. Plant. Nutr.* 19(5): 689- 704.
 26. Nable, R. O. 1988. Resistance to boron toxicity among several barley and wheat cultivars: a preliminary examination of the resistance mechanism. *Plant and Soil* 112: 45-57.
 27. Nable, R. O., G. S. Banuelos and J. G. Paull. 1997. Boron toxicity. *Plant and Soil* 193: 181-198.
 28. Oertli, J. J. and J. A. Roth. 1969. Boron nutrition of sugar beet, cotton, and soybean. *Agron. J.* 61: 191-95.
 29. Ovando-Crus, M.E., V. Serrano-Aetamirano, A.E. Becerrh-Roman and R. Mosoued-Vazouez. 1994. Foliar concentration of seven nutrients in two mexican lime cultivars of three rootstocks in the nursery. *Proc. Int. Soc. Tropic. Hort.* 38: 104-105.
 30. Papadakis, I. E., K. N. Dimassi, A. M. Bosabalidis, I. N. Therios, A. Patakas and A. Giannakoula. 2004. Boron toxicity in 'Clementine' mandarin plants grafted on two rootstocks. *Plant Sci.* 166(2): 539-547.
 31. Papadakis, I. E., K. N. Dimassi, A. M. Bosabalidis, I. N. Therios, A. Patakas and A. Giannakoula. 2004. Effects of B excess on some physiological and anatomical parameters of 'Navelina' orange plants grafted on two rootstocks. *Environ. Exp. Bot.* 51: 247-257.
 32. Peterson, L.A. and R. Newman. 1976. Influence of soil pH on the availability of added boron. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 280-282.
 33. Rozema, J., J. De Bruin and R. A. Broekman. 1992. Effect of boron on growth and mineral economy of some halophytes and nonhalophytes. *New Phytol.* 121: 249-256.
 34. Salem, S.E., A.M. Aboel-Raham and L.F. Guindy. 1994. Evaluation of valencia orange trees on sour orange and Volkamer lemon under sandy conditions. *Bull. Faculty of Agric. University of Cairo*, 45(4): 827-838.
 35. Sauls, J.W. 2002. Nutrition and fertilization. Texas Cooperative Extension. Available at <http://www.texas/>.
 36. Shani Y. and R. J. Hanks. 1993. Model of integrated effects of boron, inert salt, and water flow on crop yield. *Agron. J.* 85: 713-717.
 37. Singh J. P., D. J. Dahiya and R. P. Narwal. 1990. Boron uptake and toxicity in wheat in relation to zinc supply. *Fertilizer Res.* 24: 105- 110.
 38. Swietlik, D. 1995. Interaction between zinc deficiency and boron toxicity on growth and mineral nutrition of sour orange seedlings. *J. Plant Nutr.* 18: 6: 1191-1207.
 39. Taylor, B.K. and R.T. Dimsey. 1993. Rootstock and scion effects on the leaf nutrient composition of citrus trees. *Aust. J. Exp. Agric.* 33(3): 363-371.
 40. Wutscher, H.K. 1986. Effects of three rootstocks on concentration and distribution of 14 elements in young ' Hamlin' orange trees. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, 34th Annual Meeting*, 30: 95-104.
 41. Yadav, H. D., O. P. Yadav, O. P. Dhankar and M. C. Oswal. 1989. Effect of chloride salinity and boron on germination, growth, and mineral composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Ann. Arid Zone* 28:69-78.