

مطالعه اثر نوع پایه و پیوندک مرکبات بر میزان جذب بر

محمد سعید تدین^{*} و غلامرضا معافپوریان^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 جدگانه پایه‌های ماقروفیلا (Citrus macrophylla Wester)، ولکامریانا (Citrus aurantium)، نارنج (Citrus aurantiifolia Swing) و لیموترش (Washington Navel) و ترکیب این پایه‌ها با پیوندک‌های پرتقال 'والنسیا' (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 ماقروفیلا بود. بیشترین تأثیر متقابل رقم‌های پیوندی در افزایش سطح بر برگ، روی پایه نارنج دیده شد، هر چند این پایه خود از میزان متوسط جذب بر، برخوردار بود. پیوندک‌های پرتقال 'والنسیا'، 'واشنگتن ناول' و پرتقال توسرخ 'مورو' روی پایه ماقروفیلا، 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 ۲۰۰ 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 دریاهای 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

گیاهان و استفاده از این قابلیت‌ها برای افزایش حداکثر رشد گیاهان روی خاک‌های دارای بر زیاد، از کارایی بیشتری برخوردار گردیده است. بیشتر تحقیقات جدید نشان‌دهنده دامنه وسیع گوناگونی درون گونه‌ای در عکس العمل به بر در محصولات زراعی و باغی می‌باشد. این مسئله در مورد مركبات نیز مورد بررسی قرار گرفته شده است^{(۹) و (۲۱)}. در حال حاضر ارزش طبقه‌بندی هر یک از گونه‌ها در پژوهش‌های گذشته، وابسته به آزمون رقم‌های و واریته‌های آن می‌باشد. این مقاومت، نه تنها در سطح کل گیاه، بلکه در سطح اندام و سلول‌ها نیز عمل می‌نماید. در گونه‌های بسیار نزدیک، نژادگان‌های حساس به مسمومیت بر اغلب دارای غلظت‌های بالاتر بر در برگ‌ها و شاخه‌ها نسبت به نژادگان‌های مقاوم هستند^(۱۳). گونه مركبات حساس *Citrus limonia* دارای بر بیشتری در برگ‌هایش نسبت به خویشاوند خود *Severina buxifolia* است^(۱۴). بسیاری از نژادگان‌های مقاوم به بر از غلظت بر اندرکی در شاخه‌هایشان نسبت به خویشاوندان حساس برخوردارند. تعیین این مسئله که آیا نژادگان‌های مقاوم به بر از مکانیسم‌های جلوگیری از ورود برای کاهش تجمع بر در کل گیاه استفاده می‌کنند یا نه، امکان‌پذیر نمی‌باشد، چرا که اطلاعات کمی در رابطه با غلظت‌های بر در ریشه موجود است. با این وجود، با آزمایش ریشه‌ها و شاخه‌ها در محلول کشت مشاهده گردید که مکانیسم‌های بازدارنده ورود بر در دامنه وسیعی از گونه‌ها وجود دارد. پایه‌ها و پیوندک‌های مركبات نیز از نظر حساسیت به سمیت بر متفاوت می‌باشند. حدکمبوبد، مطلوب، زیاد و بسیار زیاد بر در نمونه‌های برگ مركبات در شرایط خاک‌های آهکی به ترتیب به میزان کمتر از ۲۰-۱۰۰ و ۱۰۰-۲۵۰ و بیش از ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک برگ است^(۳۵). در بین رقم‌های پیوندی لمون‌ها دارای بیشترین حساسیت و به دنبال آن نارنگی، گریپ فروت و انواع پرتقال می‌باشند. در بین پایه‌های مركبات پایه ماکروفیلا و رانگپورلایم دارای بیشترین مقاومت به سمومیت بر می‌باشند. این پایه‌ها هم‌چنین دارای مقاومت مناسب در برابر کلریدها و زهکش ضعیف هستند. پایه پرتقال و

آبشویی باشد، تجمع بر در منطقه ریشه اتفاق می‌افتد^(۵). قبل از استفاده از چنین خاکی می‌بایستی غلظت بر محلول در خاک به حد غیر سمی برای گیاهان کاهش یابد و یا از نژادگان‌های مقاوم گیاهی استفاده شود. پیشرفتهای اخیر در زمینه علم ژنتیک امکان اصلاح گونه‌های گیاهی مقاوم به بر را افزایش داده است. اگر چه، تا زمان دستیابی به اطلاعات بیشتر، انتخاب گونه‌های مقاوم به بر از طریق آزمون و خطأ در اولویت است^(۲۷). سمیت بر در مركبات همانند مسمومیت ناشی از نمک با زرد شدن و سوختگی سر شاخه‌ها و برگ‌ها شروع شده اما در ادامه زردی در مریستم انتهایی با لکه‌های پراکنده بافت مردگی تؤام می‌شود. این زردی تا بین رگ‌برگ‌های نزدیک به انتهای برگ‌ها توسعه می‌یابد. ریزش برگ به‌ویژه در بهار سنگین بوده و سرشاخه‌ها خشکیده و محصول کاهش می‌یابد. به دلیل آن که غلظت بر در ریشه‌ها در مقایسه با برگ‌ها، حتی در شرایط فراهم بودن مقادیر بالای بر، به نسبت بسیار پایین بوده، علائم مسمومیت بر در ریشه‌ها مشاهده نمی‌شود^{(۲۶) و (۲۸)}. اگرچه آب آبیاری می‌تواند منبع اولیه افزایش بر در خاک باشد اما مسئله عمدۀ به سبب ضعف در زهکشی و عملیات آبیاری می‌باشد که باعث تجمع بر در منطقه ریشه می‌گردد این مسئله به‌ویژه در سیستم آبیاری قطره‌ای تشدید می‌شود^(۲۲). در جهرم و جیرفت زیادی بر در آب‌های آبیاری تا حد مسمومیت در بسیاری از مناطق عامل محدود کننده افزایش عملکرد مركبات بوده و علاوه بر آن درختان مركبات با کمبود عناصر کم مصرف از جمله آهن، روی و منگنز مواجه هستند. زیادی بر در آب‌های آبیاری منطقه، چه در آب رودخانه قره‌آغاج (منطقه خفر) و چه در آب‌های استخراجی از چاه‌های دشت جهرم مسئله‌ساز می‌باشد و این اخطار جدی برای متخصصین امر در پیدا کردن رقم‌های مركبات مقاوم به مسمومیت بر است^(۳). در کوتاه مدت مصرف مقادیر بالاتر ازت و روی می‌تواند سهم مهمی در کاهش مسمومیت داشته باشد^{(۳) و (۳۸)}. در حال حاضر مدیریت مسمومیت بر، به‌واسطه شناخت جزئیات گوناگونی فیزیولوژیکی و ژنتیکی مقاومت

پایه‌های نارنج موجب افزایش غلظت بر در برگ رقم‌های پیوندی پرتفال 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 بخوردارند اما از بین رقم‌های پیوندی رقم نارنگی امپرور (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 aurantium) و لیموترش (Citrus volkameriana)، نارنج (Citrus aurantium)، پرتقال (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 اوخر فروردین ماه ۱۳۷۸ پیوندک‌ها نیز براساس طرح آزمایشی روی نهال‌های پایه پیوند شدند و تعدادی از پایه‌ها نیز که در طرح پیش‌بینی شده بود، بدون پیوندک در زمین باقی‌ماندند. تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک شامل اندازه‌گیری ازت به روش کجلدا، 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 خشی شونده به روش

نارنج سه برگ (*Poncirus trifoliata*) نیز از مقاومت بالای نسبت به مسمومیت بر بخوردارند اما در شرایط خاک‌های شور و قلیایی مقاومت مناسبی ندارند^(۴۱). در ارزیابی درختان پرتفال 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 منزیم، منگنز و بر می‌شود^(۲۵). در یک آزمایش گلخانه‌ای^(۳۱) مشاهده شد که درختان پرتفال 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 مسئله 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 ۲/۵ به ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر موجب کاهش غلظت کلروفیل، پارامترهای فلئورسنت کلروفیل و میزان فتوسنتز در پرتفال ناول پیوندی شد. پاپاداکیس و همکاران^(۴۰) در آزمایشی دیگر روی نارنگی کلمانتین 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 حساس ترا از پایه سوینگل سیتروملو بودند. پایه ماکروفیلا از قابلیت بهتری در شرایط خاک‌های آهکی نسبت به پایه نارنج بخوردار 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 $7/16$ میلی‌گرم در کیلوگرم و $3/45$ 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 استخرآجی 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 به عنوان 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 250 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک برگ می‌باشد(۳۵). همان‌گونه که برآون و هو(۸) نیز در بررسی‌های خود در مورد تحرک بور در آوند آبکش اشاره می‌کنند، در گونه‌های فاقد سوروبیتول در آوند آبکش، مانند 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 $(Y = 0/0129 X_+ + 0/011)$ بود. در این پژوهش،

تیتراسیون، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با دستگاه الکتروکانداتومتر، pH خاک در گل اشباع به وسیله الکترود شیشه‌ای، آهن، روی، منگنز و مس قابل جذب خاک با روش عصاره‌گیری DTPA. میزان بر استخراج شده با آب داغ با روش کالریمتری آزمون 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 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 به روش آرنون (۴) استفاده شد. لازم به ذکر است که اندازه‌گیری غلظت کلروفیل برگ، به منظور کالیبراسیون دستگاه کلروفیل متر در آزمایش انجام شد. جهت تعیین غلظت عناصر نمونه‌های برگی، به روش استاندارد مورد شیوه قرار داده (این کار شامل شیوه با آب معمولی و بعد با اسید کلریدریک 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 به روش میکروکلدل (۷)، فسفر به روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات و وانادات)، پتاسیم به روش نشر شعله‌ای، کلسیم و منیزیم توسط دستگاه جذب اتمی و غلظت بر در برگ و ریشه به روش آزمون 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 به کارگیری 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 خشی شونده (%)	کربن آلی (%)	پتابسیم	فسفر	شن (%)	سیلت (%)
میلی گرم در کیلو گرم							
۳/۸۶	۸/۳	۰/۱۹	۱/۲	۳۳۶	۲۳/۹	۴۲/۱	
رس (%)		کلسیم	آهن	منگنز	روی	مس	بر
میلی گرم در کیلو گرم							
۳۴	۲۱۶	۵۱۲	۲/۶۲	۰/۴۲	۷/۱۶	۰/۴۸	۴۲/۱

جدول ۲. نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده

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

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

منابع تغییر	آزادی (%)	درجه منزیم برگ	غلظت	غلظت ارت	غلظت فسفر	غلظت پتابسیم	برگ (%)	برگ (%)	برگ (%)	شده توسط کلروفیل متر	میزان کلروفیل اندازه گیری
سال	۱		۲/۴۴۱ ns	۲۴/۷۶۳**	۶۶/۱۳۴ ns	۰/۰۰۱ ns	۱/۰۰۶ ns	۱/۱۳۶ ns	۱۱/۰۸۲ ns	۳۹۲/۳۸۵**	
سال × تکرار	۴		۲/۲۱۸ ns	۳/۸۲۵ ns	۲۳/۴۱۵ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۱۸۲*	۰/۱۸۲*	۴۴۸/۳۹۰**	
پایه	۳		۲/۸۱۵*	۲/۷۹۵**	۲/۹۲۱**	۰/۰۰۸**	۰/۰۰۰۸**	۰/۱۸۲*	۰/۱۸۲*	۱۷۵/۸۲۷**	
سال × پایه	۳		۲/۲۲۴ ns	۱/۲۹*	۱/۲۵۳*	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۱۸*	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۲ ns	۴۰۸/۹۴۰**	
پیوندک	۴		۲/۳۷ ns	۰/۷۶۲**	۱/۵۳۸**	۰/۰۰۰۳ ns	۰/۸۹۶**	۰/۰۰۰۳ ns	۰/۸۹۶**	۵۳/۴۷۴ ns	
سال × پیوندک	۴		۲/۴۰۷ ns	۰/۰۶۶ ns	۰/۳۱۲ ns	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۱۰۴ ns	۰/۱۰۴ ns	۰/۱۳۶ ns	۱۱/۰۸۲ ns	
پایه × پیوندک	۱۲		۲/۴۱۳ ns	۱/۵۹۲**	۱/۹۳**	۰/۰۴**	۰/۱۱۴ ns	۰/۱۱۴ ns	۰/۱۱۴ ns	۱۳۵/۴۷۵**	
سال × پایه × پیوندک	۱۲		۲/۳۳۴ ns	۰/۳۳ ns	۰/۰۷۳ ns	۰/۰۰۰۳ ns	۰/۲۰۴*	۰/۰۰۰۳ ns	۰/۰۰۰۳ ns	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	٪۱۲/۹۷		٪۱۲/۷۹	

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

ادامه جدول ۳

منابع تغییر	آزادی	درجه	غاظت بر ریشه ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{DW}$)	غاظت بر ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{DW}$)	غاظت مس برگ ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{DW}$)	غاظت روی برگ ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{DW}$)	غاظت منگنز برگ ($\mu\text{g.g}^{-1}\text{DW}$)	غاظت 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	۲۵۰/۰۴۲ ns	۳۴۸/۶۲۷ ns	۳۵۶/۴۰۹*
اشتهای 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 دارد. **: در سطح احتمال ۱٪ معنی دارد. ns : عدم اختلاف معنی دار است.

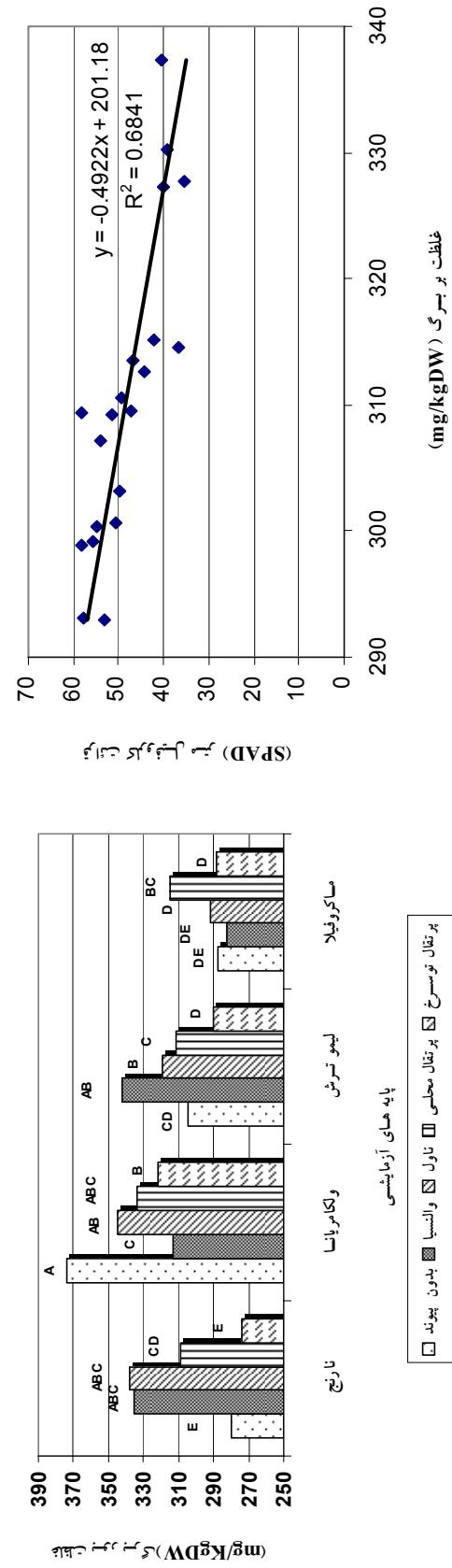
متقابل پایه و پیوندک بر غاظت بر در نمونه های برگی رقم های پیوندی والنسیا و پرتقال تو سرخ مورو بر روی پایه ولکامریانا، موجب کاهش معنی دار غاظت بر برگ نسبت به خود پایه بدون انجام پیوند شده است. این مسئله علی رغم معنی دار نشدن اثر پیوندک روی غاظت بر نمونه های برگی اتفاق افتاده است و نشان دهنده اهمیت اثر متقابل پایه و پیوندک بر کاهش مسمومیت بر در رقم های مرکبات می باشد. این نتایج با مشاهدات حاصل از آزمایش تیلور و دیمسی (۳۹) که نشان دهنده اثر متقابل پایه و پیوندک در کاهش میزان مسمومیت بر در رقم های مرکبات می باشد مطابقت دارد. بیشترین تأثیر متقابل رقم های پیوندی در افزایش سطح بر برگ، روی پایه نارنج مشاهده می شود، برخلاف پایه ولکامریانا، پایه نارنج گرچه از میزان غاظت بر کمتری در نمونه های برگی نسبت به پایه ولکامریانا برخوردار است، ولی موجب افزایش غاظت بر در نمونه های برگی رقم های پیوندی پرتقال والنسیا، واشنگتن ناول

غاظت کلروفیل با مصرف بر به طور معنی داری کاهش یافت. گزارش شده است که غاظت بالای بر سبب آسیب کلروفیل است در سلول های مزو فیل برگ می شود و به این دلیل غاظت کلروفیل در نتیجه مصرف بر کاهش می یابد (۲۷). پاپاداکیس و همکاران (۳۱) نیز در آزمایش خود مشاهده کردند که بر سبب کاهش معنی دار مقدار کلروفیل در برگ لیموترش می شود. اگرچه دامنه تغییرات غاظت بر در نمونه های برگی کمتر از ۵۰ میلی گرم در کیلو گرم وزن خشک است (شکل ۲)، اما کاهش میزان کلروفیل در این دامنه کاملاً معنی دار است. این مسئله هم چنین نشان دهنده کم بودن دامنه حد مسمومیت بر در رابطه با کاهش میزان کلروفیل نمونه های برگی است.

با توجه به معنی دار بودن اثر متقابل پایه و پیوندک بر غاظت بر در نمونه های برگی رقم های پیوندی در سطح ۵ درصد آماری (جدول ۳)، می توان مشاهده نمود که بیشترین میزان اثر متقابل پایه و پیوندک در کاهش غاظت بر در برگ و کاهش مسمومیت بر، مربوط به پیوند رقم های پرتقال والنسیا و واشنگتن ناول روی پایه ماکروفیلا بوده است (شکل ۲). اثر

جدول ۴. ضرایب همبستگی بین غلطات بر دربرگ و ریشه رقم‌های پایه و پیوندک و صفات اندازه‌گیری شده

ضریب رگرسیونی در سطح احتمال ۵٪ معنی دار است. در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است. عدم اختلاف معنی دار



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

برگی رقم پیوندی پرتفاک توسرخ مورو تا حد زیادی تحت تأثیر پایه به کار رفته در آزمایش بود اما از نظر غلظت کلروفیل برگ این رقم کمتر تحت تأثیر نوع پایه آزمایشی قرار گرفته است. رقم‌های پیوندی پرتفاک از نظر غلظت برگی بر بیشتر تحت تأثیر پایه ماکروفیلا بوده و از بین رقم‌های پیوندی، پرتفاک واشنگتن ناول و والنسیا به میزان کمتری تحت تأثیر پایه نارنج و لیمو ترش 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 برگی ($r=0.848$) 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.

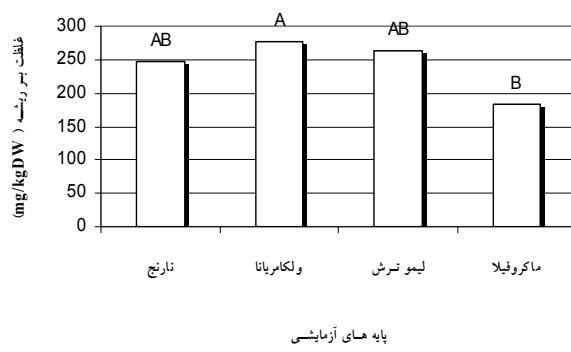
در این آزمایش اثر پایه‌های آزمایشی بر غلظت بر در نمونه‌های برگی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). همان‌گونه که در شکل ۶ دیده می‌شود از بین پایه‌های آزمایشی پایه ولکامریانا بیشترین تأثیر را بر افزایش غلظت بر نمونه‌های برگ داشته و پس از آن پایه‌های نارنج لیموترش و ماکروفیلا در نمونه‌های برگی قرار دارند. اثر پایه بر غلظت بر در نمونه‌های برگی 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 ویژگیهای همچون جذب سایر عناصر تأثیر گذار در مقاومت کیا به مسمومیت بر نیز ارتباط دارد.

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

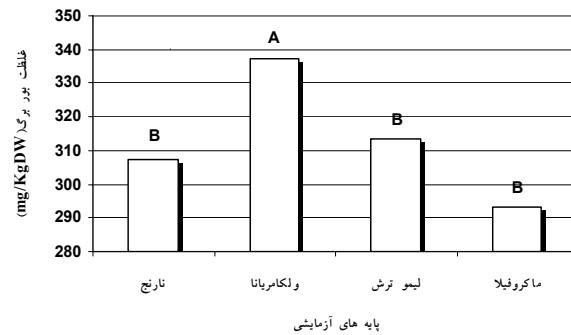
و محلی جهرم روی آن شده است(شکل ۲). در این میان اثر متقابل پرتفاک پیوندی توسرخ روی پایه نارنج از نظر غلظت بر در نمونه‌های برگی اختلاف معنی‌دار با غلظت بر در نمونه‌های برگی پایه نارنج بدون انجام پیوند نداشت. در ارزیابی درختان پرتفاک والنسیا پیوندی بر روی پایه نارنج و ولکامریانا در شرایط خاک‌های آهکی مشاهده 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 مشت پایه‌های نارنج و ماکروفیلا بر میزان شاخص کلروفیل نمونه‌های برگ رقم‌های پیوندی پرتفاک والنسیا، واشنگتن ناول، پرتفاک محلی جهرم و به‌ویژه پرتفاک 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 برگی رقم پیوندی پرتفاک توسرخ مورو به میزان حدود ۲۰ درصد شد. از بین رقم‌های پیوندی نیز همان‌گونه که مشاهده می‌شود، شاخص کلروفیل در پرتفاک واشنگتن ناول گروه آماری بوده و پس از آنها پایه ولکامریانا قرار دارد.

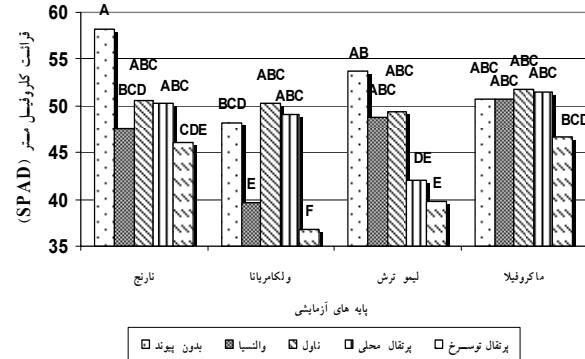
با توجه به شکل‌های ۲ و ۳ می‌توان مشاهده نمود، که با وجود معنی‌دار بودن ضریب همبستگی بین میزان کلروفیل برگ و غلظت بر در نمونه‌های برگی (جدول ۴)، این همبستگی بین میزان بر و کلروفیل در مورد رقم پیوندی پرتفاک توسرخ مورو بر روی پایه‌های آزمایشی به‌ویژه روی پایه نارنج کمترین میزان بوده، اما بیشترین میزان همبستگی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



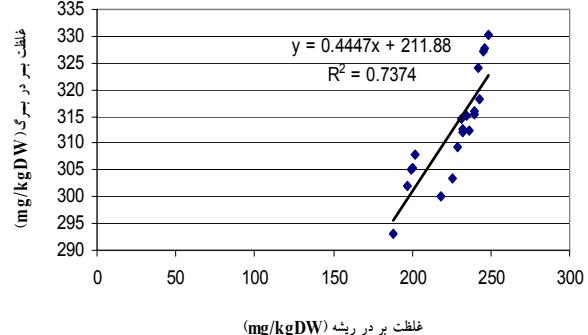
شکل ۴. مقایسه پایه‌های مورد آزمایش از نظر غلظت بر در ریشه



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



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 برگی ریشه پایه‌های آزمایشی

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 نالول 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 لوكاميريانا و پیوندک‌های والنسیا و مورو موجب کاهش غلظت بر در نمونه‌های برگی نسبت به خود پایه لوكاميريانا بدون انجام پیوند شد. اثر متقابل پایه ليموتresh و پیوندک‌های پرتقال والنسیا و واشنگتن نالول موجب افزایش غلظت بر نمونه‌های برگ نسبت به خود پایه ليموتresh بدون انجام پیوند شده، این در حالی است که اثر متقابل پایه ليموتresh و پیوندک پرتقال محلی جهرم

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 به جز 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 مركبات در ارقام پیوندی می‌تواند به عنوان یک مکانیسم داخلی مقاومت مطرح گردد. به جز پایه لوكاميريانا، پایه‌های ماکروفيلا، ليموتresh 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

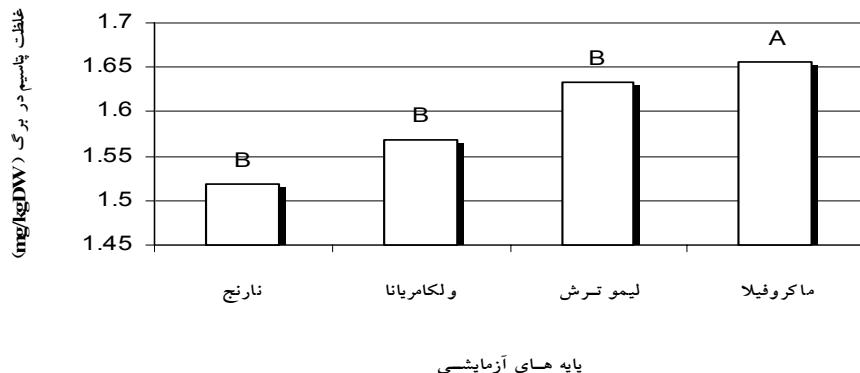
در نتیجه افزایش جذب پتاسیم می‌شود. در این آزمایش غلظت کلسیم در برگ در حد پایین آستانه مورد نیاز برای مرکبات (۳۵) قرار داشت. افزایش pH خاک توسط آهک غلظت بر در گیاه را کاهش می‌دهد (۶ و ۳۲)، اما از طرف دیگر دسترسی به روی در pH بالای خاک کاهش می‌یابد، بنابراین، کمبود روی و زیادی pH بر برای گیاهان ممکن است به طور هم‌زمان اتفاق افتد (۳۷). در این آزمایش ارتباط معنی‌دار بین غلظت روی و غلظت بر در برگ دیده نشد (جدول ۴). نسبت برگی پتاسیم به بر در برگ به عنوان 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 برگی پتاسیم به بر و غلظت بر در نمونه‌های برگی وجود دارد. نسبت برگی پتاسیم به بر در رقم‌های پیوندی پرتقال والنسیا، پرتقال محلی و پرتقال توسرخ مورو بر روی پایه ماکروفیلا 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 مسئله با توجه به نظر روزما و همکارانش (۲۳) که نشان دادند هنگام بالا بودن غلظت بر در گیاه کمپلکس‌های محلول بر از اهمیت کمتری برخوردار بوده و رسوب بر در دیوارهای

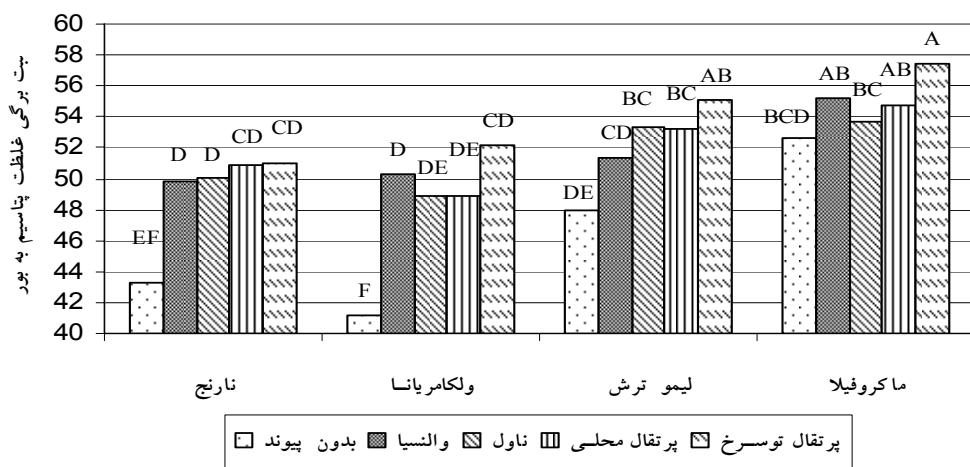
از نظر غلظت بر در نمونه‌های برگی اختلاف معنی‌دار با شاهد (پایه لیموترش بدون انجام پیوند) نداشت. اثر متقابل پایه ماکروفیلا و پیوندک‌های پرتقال والنسیا، واشنگتن ناول و مورو اختلاف معنی‌داری روی غلظت بر در نمونه‌های برگی نسبت به خود پایه ماکروفیلا بدون انجام عمل پیوند نداشت، و تنها اثر متقابل پیوند پرتقال محلی روی پایه ماکروفیلا موجب افزایش غلظت بر نمونه های برگی و اختلاف معنی‌دار با خود پایه ماکروفیلا بدون انجام پیوند شده بود. به‌طور کلی، برخلاف عدم اختلاف معنی‌دار بین پایه‌های نارنج، لیموترش و ماکروفیلا روی غلظت بر در نمونه‌های برگی (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 برگی نسبت به سایر پایه‌ها شده است.

در بررسی اثر غلظت سایر عناصر غذایی در نمونه‌های برگی 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 برگی هم‌بستگی معنی‌دار با غلظت بر در نمونه‌های برگ نداشت و تنها غلظت پتاسیم و نیز نسبت پتاسیم به بر در برگ با غلظت بر برگ هم‌بستگی منفی و معنی‌دار به‌ترتیب 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 برگی، به عنوان 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 برگی 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



شکل ۷. اثر نوع پایه بر غلظت پتابسیم در نمونه های برگی



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

بودند(۳۰). در آزمایش ووشر(۴۰) نیز مشاهده گردید که پایه نارنج موجب افزایش غلظت بر در برگ رقم 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 فتوسترن 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 بازداشتی بر در تنہ برخوردار بوده و مقدار بر بیشتری به شاخصاره انتقال می دهد، این مسئله 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 مسئله به دلیل جذب کمتر بر از محلول غذایی و بازداشته شدن بیشتر بر در تنہ 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

می توان 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 پایه ها و نیز پایین بودن میزان جذب بر و غلظت بر در رقم های پیوندی بر روی آن در این آزمایش، می توان آن را به عنوان پایه مناسب در منطقه معرفی نمود. در این آزمایش همان گونه که هافمن(۲۲) نشان داد، آب آبیاری تنها منبع اولیه افزایش بر در خاک نبوده و ضعف در زهکشی و عملیات آبیاری می تواند تا حدود زیادی باعث تجمع بر در منطقه ریشه می گردد این مسئله به ویژه در سیستم آبیاری قطره ای مورد کاربرد در منطقه جهرم تشدید می شود.

رقم های پیوندی بر روی آن برخوردار باشد. همچنانی پایه ماکروفیلا به طور معنی دار میزان جذب پتاسیم و عناصر ریز مغذی از جمله آهن، روی، منگنز و مس را افزایش داده که می تواند از این نظر اهمیت زیادی در منطقه داشته باشد. پایه پرنتال و نارنج سه برگ (*Poncirus trifoliata*) نیز از مقاومت بالایی نسبت به مسمومیت بر برخوردارند اما در شرایط خاک های شور و قلیایی مقاومت مناسبی ندارند(۳۴). پایه ماکروفیلا به خاک های مختلف سازگار بوده و در خاک های قلیایی و نسبتاً شور رشد خوبی دارد، به طوری که در pH حدود ۸ مقاومت قابل ملاحظه ای از خود نشان داده است و به ندرت

منابع مورد استفاده

۱. احیائی، ع.، م. بهبهانی زاده و ا. بهبهانی زاده. ۱۳۷۲. شرح روش های تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره ۸۹۳، چاپ اول، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.
۲. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره ۹۸۲، چاپ اول، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.
۳. ملکوتی، م. ج. و ح. رستگار. ۱۳۷۷. شناخت ناهنجاری های تغذیه ای مرکبات و ارائه راه های 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. Carpeta. 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-Vazquez. 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_a, 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_b, 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.