

تأثیر کلات آهن بر برخی صفات کمی و کیفی درختان پسته

هادی شیرخانی^۱، بهرام عابدی^{۲*}، غلامحسین داوری نژاد^۳، رضا خراسانی^۴، مجتبی صلاحی استاد^۵

ملیحه مرشدلو^۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۷

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۰۷/۱۵

چکیده

سورفکتانت و الکترواستاتیک + سورفکتانت) و فاکتور دوم، غلظت‌های کلات آهن (آب مقطر به عنوان شاهد، ۰/۵، ۱، ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب) می‌باشد. نتایج نشان داد که اثر متقابل تیمار محلول‌پاشی الکترواستاتیک همراه با سورفکتانت و غلظت‌های کلات آهن تنها بر صفات غلظت آهن برگ و وزن تر و خشک مغز اثر معنی‌داری داشت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که داده‌های غلظت آهن برگ و وزن خشک و تر مغز دارای اختلاف معنی‌داری شدند. به طوریکه بیشترین غلظت آهن برگ (۲۳۰/۹ ppm در ماده خشک) در تیمار سورفکتانت و هد الکترواستاتیک و ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۳ برابر افزایش داشت. بالاترین وزن خشک مغز (۱۲/۴ گرم) و وزن تر مغز (۲۲/۲۵

در سالیان اخیر، رشد تولید پسته در ایران همگام با رشد جهانی این محصول نبوده است که یکی از دلایل مهم آن تغذیه نامناسب باغ‌های پسته به ویژه تغذیه با عناصر کم مصرف می‌باشد. با توجه به شور و آهکی بودن خاک مناطق کشت پسته و بالا بودن pH و غلظت بی‌کربنات، جذب آهن از خاک به وسیله درختان پسته به دشواری صورت می‌گیرد. به منظور ارزیابی روش‌های کاربرد کلات آهن و غلظت‌های مختلف آن بر خصوصیات کمی و کیفی پسته و همچنین میزان جذب آهن، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام پذیرفت. فاکتور اول شامل محلول‌پاشی کلات آهن (محلول‌پاشی بدون سورفکتانت و هد الکترواستاتیک، الکترواستاتیک،

^۱ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۲ استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

* نویسنده مسئول: abedy@um.ac.ir

^۳ استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۴ دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۵ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

مقدمه

پسته متعلق به خانواده (*Anacardiaceae*) است که محصول آن به دلیل ارزآوری، ایجاد ارزش افزوده و سایر جنبه های اقتصادی از مهمترین محصولات صادراتی غیرنفتی ایران است. به نظر می رسد یکی از دلایل کاهش تولید پسته در ایران شور و قلیایی بودن خاک و افزایش pH خاک باعث کاهش حلالیت عناصر ضروری به خصوص آهن شده است. وجود یون بی کربنات در خاک های آهکی نیز از عوامل کمبود مستقیم و غیر مستقیم آهن در گیاه است (Roosta & Mohammadi, 2013). آهن به عنوان یکی از مهمترین عناصر کم مصرف در فرایند فتوسنتز، تنفس، ساخت پروتئین و همچنین در ساخت کلروپلاست نقش اساسی دارد. نقش آهن در فرایند فتوسنتز و تنفس به واسطه شرکت آن در واکنش های اکسیداسیون و احیا در کلروپلاست و میتوکندری است که آهن در آنها به عنوان گروه های دهنده- گیرنده الکترون شرکت می کند (Marschner, 1995). کمبود آهن از نظر اقتصادی دارای اهمیت زیادی است زیرا کیفیت محصول و عملکرد را به شدت تحت تأثیر قرار می دهد. بنابراین روش هایی که بتواند آهن را به آسانی در دسترس گیاه قرار دهد و کمبود آن را برطرف کند، مورد نیاز است (Alvarez-Fernandez *et al.*, 2011; El-Jendoubi *et al.*, 2011). یکی از مسائل مهم در مصرف کودهای عناصر کم مصرف مقایسه روش ها و مقادیر مصرف این

گرم) در تیمار سورفکتانت و هد الکترواستاتیک و ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب مشاهده شد که به ترتیب ۳/۵ و ۷ گرم نسبت به تیمار شاهد افزایش وزن داشت. درصد پوکی (۸/۱۶ درصد) در تیمار ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب مشاهده شد که کاهش ۳ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت. غلظت آهن مغز پسته (۵۲/۴۱ ppm در ماده خشک) در تیمار ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب مشاهده شد که تا ۳ برابر نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. درصد خندانی (۶۵/۲۵ درصد) در تیمار ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب مشاهده شد که ۱۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. همچنین بیشترین غلظت آهن مغز پسته (۴۲/۶۵ ppm در ماده خشک) در تیمار محلول پاشی الکترواستاتیک و سورفکتانت مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۳ برابر افزایش یافت. بیشترین درصد خندانی (۶۳/۹۱ درصد) در تیمار محلول پاشی الکترواستاتیک و سورفکتانت بود که نسبت به تیمار شاهد ۴ درصد افزایش یافت. به طور کلی در این پژوهش محلول پاشی با روش الکترواستاتیک همراه با سورفکتانت با غلظت ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب اثر بهتری بر غلظت آهن برگ و مغز پسته، درصد خندانی و وزن تر و خشک مغز پسته نسبت به شاهد داشت.

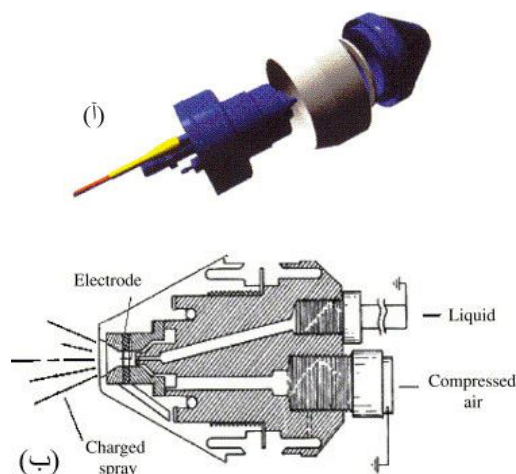
واژه های کلیدی: الکترواستاتیک، تغذیه، جذب، سورفکتانت، عناصر کم مصرف

نوع کودها است که از دیدگاه افزایش تولید و جنبه‌های اقتصادی بسیار با اهمیت است (Fernandez & Ebert, 2005). نفوذپذیری آهن و سایر عناصر تحت تأثیر عوامل گیاهی، شرایط محیطی، طبیعت محلول اسپری شده و روش‌های کاربرد قرار می‌گیرد. اسپری آهن به همراه موادی مثل سورفکتانت استفاده می‌شود که هزینه‌های تولید و اثرات منفی شرایط محیطی را کم می‌کند. سورفکتانت‌ها گروهی از افزودنی‌ها هستند که موجب

پخش، خیس‌شدگی و تعلیق بیشتر محلول و نهایتاً افزایش جذب آن می‌شوند (راهداری و همکاران، ۱۳۹۱). هنگامی که مقدار زیادی از ملکول‌های آب روی هم و یا کنار هم و در یک جای محدود جمع می‌شوند (مثلاً سطح برگ) قطب‌های مثبت و منفی ملکول آب همدیگر را جذب می‌کنند. این جذب موجب بروز پدیده‌ای به نام کشش سطحی آب خواهد شد، بنابراین افزایش کشش سطحی موجب کاهش جذب و نفوذ محلول در داخل بافت و همچنین غلطیدن قطرات محلول از روی برگ‌ها و افزایش ریزش خواهد شد. در خاک‌های آهکی رفع کمبود آهن به صورت کاربرد خاکی کلات آن نیاز به غلظت‌های بالای آن دارد که از نظر اقتصادی به صرفه نیست. محلول پاشی با کلات آهن به همراه یک سورفکتانت مناسب در زمانی که روزنه‌های برگ باز هستند ممکن است باعث جذب بیشتر آهن توسط گیاه شوند که از نظر اقتصادی نسبت به کاربرد خاکی کلات آهن به صرفه می‌باشد (Abadia

et al., 2011) و باعث افزایش کارایی محلول پاشی می‌شود (Gimenes et al., 2013). یکی دیگر از راه‌های بالا بردن راندمان جذب محلول، استفاده از محلول پاشی الکترواستاتیکی است. محلول پاش‌های الکترواستاتیکی محاسن زیادی دارند از جمله استفاده حداکثری محلول توسط گیاه، افزایش نفوذ محلول به داخل برگ، کاهش مصرف محلول و همچنین کاهش آلودگی محیط زیست را می‌توان نام برد (Edward, 2001).

مایع (محلول کود) و هوای فشرده در سمپاش اتومایزر به هد الکترواستاتیک نصب شده روی خروجی سمپاش، وارد شده و در هنگام خروج از آن، با گذر از وسط الکتروود حلقوی شکل دهانه و به دلیل القای بارالکتریکی توسط آن، در هنگام خروج از هد الکترواستاتیک دارای الکتریسیته ساکن هم بار می‌گردند (شکل ۱). ذرات مایع به دلیل داشتن بار همنام به تندی از یکدیگر دور شده و به اندازه‌های کوچکتر تقسیم می‌گردند. از طرفی این ذرات به دلیل انباشت بار الکتریکی بر روی سطح خود، به جهت تمایل به تخلیه بار اضافی، پس از نزدیک شدن به محدوده‌ی برگ، به سمت آن کشیده شده و به خوبی جذب سطحی برگ می‌شوند (چیت ساز و همکاران، ۱۳۸۲؛ Zhao et al., 2005). در افشانه‌های باردار، هر چند میزان بار قطرات محلول کمتر می‌باشد ولی نیروی الکتریکی که ذرات را به طرف گیاه می‌کشد خیلی بزرگتر از نیروی



شکل ۱- نمای ظاهری هد الکترواستاتیک که به خروجی سمپاش اتومایزر متصل می‌گردد (آ) و نمای شماتیک از اجزای درونی هد الکترواستاتیک (ب).

بیشتر گرده به وسیله کلاله باعث افزایش گرده افشانی نسبت به شاهد و در نتیجه افزایش عملکرد شد (Kabashima *et al.*, 1995). به دلیل اهمیت نقش عناصر غذایی خصوصا آهن در تولید و افزایش عملکرد که تأثیر مهمی در صادرات این محصول دارد در طی این تحقیق، اثر روش‌های مختلف محلول‌پاشی کلات آهن و غلظت‌های مختلف آن روی صفات کیفی پسته مثل خندانی و درصد پوکی و وزن تر و خشک آن و همچنین افزایش میزان آهن برگ و مغز پسته مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر روش‌های مختلف محلول‌پاشی برگی کلات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی پسته رقم کله قوچی آزمایشی در سال ۱۳۹۱ در

ثقل است بدین معنی که هنگام رسیدن قطرات محلول به اطراف گیاه، جهت حرکت آنها برعکس شده و بر خلاف نیروی ثقل به طرف بالا حرکت کرده و تشکیل کمربند الکترواستاتیکی می‌دهند (Edward, 2001). اسپری الکترواستاتیک در کشاورزی علاوه بر محلول‌پاشی عناصر غذایی کاربردهای زیادی مانند سم‌پاشی بر علیه آفت‌ها، گرده‌افشانی گیاهان و عملیات پس از برداشت برای طعم‌دار کردن، شیرینی و اسپری قارچ کش‌ها دارد (Czarnota & Thomas, 2013). از سم‌پاشی‌های الکترواستاتیک برای کنترل حشرات و آفات به ویژه شته‌ها که در سطح زیر برگ و نقاط پوشیده گیاه فعالیت می‌کنند همچنین استفاده می‌شود (Fernandez *et al.*, 2006). در آزمایشاتی که در کالیفرنیا بر روی گرده‌افشانی پسته انجام شد مشخص شد که گرده‌افشانی الکترواستاتیکی از طریق جذب

باغ‌های شهرستان خوشاب انجام گرفت. این شهرستان با وسعت ۱۷۸۶ کیلومتر مربع، در فاصله ۱۸۰ کیلومتری از مشهد در مدارهای ۵۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی / غربی و ۳۶۰ درجه و ۲۴ دقیقه عرض شمالی / جنوبی قرار دارد. ارتفاع شهرستان از سطح دریاهای آزاد ۱۱۰۰ تا ۱۴۰۰ متر، اقلیم منطقه سرد و نیمه خشک، متوسط بارندگی سالیانه حدود ۱۸۵/۳ میلی‌متر، حداکثر درجه حرارت ۴۵ درجه سانتی‌گراد و حداقل درجه حرارت ۲۰/۵- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. برای بررسی وضعیت خاک نمونه‌گیری از عمق ۸۰-۰ سانتی‌متر از نقاط مختلف باغ انجام شد که نتایج آن در جدول ۱ قابل مشاهده است.

این باغ دارای درختان ۱۵ ساله می‌باشد که پایه‌ی آنها بادامی و رقم کله قوچی روی آن‌ها پیوند زده شده بود. ارتفاع تقریبی آن‌ها به طور میانگین بین ۳ تا ۴ متر و فاصله‌ی کشت ۶ متر روی ردیف و ۸ متر بین ردیف بود که در یک قطعه‌ی ۲ هکتاری قرار داشت. همه‌ی درختان انتخابی دارای خصوصیات مشابه ظاهری مانند حجم کانوپی، قطر تنه و رشد یکسان بودند. این پژوهش بصورت آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور روش-های کاربرد کلات آهن در چهار سطح (محللول پاشی

ساده، الکترواستاتیک، سورفکتانت و الکترواستاتیک + سورفکتانت) و غلظت کلات آهن در چهار سطح (آب مقطر به عنوان شاهد، ۰/۵، ۱، ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن به فرم EDTA در هزار لیتر آب) و در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. بر این اساس ۴۸ درخت برای عملیات اعمال تیمارها انتخاب شدند. کلات آهن با روش‌های مختلف (۱- محللول پاشی با سمپاش اتومایزر، ۲- محللول پاشی با سمپاش اتومایزر مجهز به هد الکترواستاتیک، ۳- محللول پاشی با سمپاش اتومایزر به همراه سورفکتانت (سورفکتانت غیر یونی با نام تجاری کالو ۹۰ با غلظت یک و نیم لیتر در هزار لیتر آب) و محللول پاشی با سمپاش اتومایزر مجهز به هد الکترواستاتیک به همراه سورفکتانت با غلظت ذکر شده) بر اساس تیمارهای تعیین شده روی درختان موردنظر در ساعات اولیه صبح محللول پاشی انجام شد. محللول پاشی در دو نوبت صورت گرفت. اولین نوبت در مرحله رشد سریع مغز میوه پسته در نیمه دوم اردیبهشت ماه انجام شد و مجدداً ۲۰ روز بعد، نوبت دوم محللول پاشی صورت گرفت. ۷۰ روز پس از تشکیل میوه و مصادف با اواسط مرداد نمونه برداری برگ انجام شد. شاخه‌های انتخابی درختان جهت نمونه برداری، بدون محصول بودند و در

جدول ۱- نتایج تجزیه نمونه خاک محل انجام آزمایش.

آهن (میلی‌گرم در لیتر)	کربنات کلسیم (%)	کربن آلی (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	pH
۲/۲	۸/۵۶	۰/۴۸۴	۷/۱۷۵	۷/۶۱

اندازه‌گیری شد (Rayan *et al.*, 2001). داده‌های حاصل از آزمایش پس از نرمال کردن با استفاده از نرم افزار JMP 8 تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. رسم اشکال و برخی محاسبات با استفاده از نرم افزار Excel ۲۰۱۳ انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های بدست آمده نشان داد (جدول ۲) که اثرات ساده تیمار روش‌های مختلف کاربرد کلات آهن بر غلظت آهن برگ و مغز، درصد خندانی و همچنین وزن تر و خشک مغز در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری داشته است. مقایسه میانگین (جدول ۳) روش‌های مختلف کاربرد کلات آهن نشان داد که بیشترین غلظت آهن مغز پسته (۴۲/۶۵ ppm در ماده خشک) و درصد خندانی (۶۳/۹۱ درصد) در تیمار محلول‌پاشی الکترواستاتیک همراه با سورفکتانت مشاهده گردید که تفاوت معنی‌داری با سایر روش‌های محلول‌پاشی کلات آهن داشت. کمترین غلظت آهن مغز پسته (۱۴/۸۱ ppm در ماده خشک) و درصد خندانی (۵۹/۹۱ درصد) در محلول‌پاشی بدون سورفکتانت و هد الکترواستاتیک مشاهده شد که این تفاوت با سایر روش‌های محلول‌پاشی معنی‌دار است. با توجه به محدودیت‌های مصرف خاکی عناصر کم مصرف از قبیل تثبیت شدن در خاک و اثرات باقیمانده، تغذیه

ارتفاع حدود ۱۸۰ سانتی‌متری سطح زمین قرار داشتند. نمونه‌برداری از برگچه‌های سالم توسعه یافته واقع در زیر برگ‌های انتهایی شاخه و به تعداد ۵ نمونه از هر درخت بود. پس از اینکه نمونه‌ها به آزمایشگاه دانشکده کشاورزی منتقل شدند، نمونه‌های برگ‌گی به منظور حذف گرد و غبار و آلاینده‌های موجود در سطح برگ پس از شستشو با آب مقطر، به وسیله آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شده و سپس آسیاب گردیدند. پس از آن نمونه‌های آسیاب شده گیاه را با استفاده از روش هضم تر (هضم با اسید نیتریک و اسید پرکلریک) عصاره‌گیری و میزان آهن در برگ توسط دستگاه جذب اتمی Spectrophotometer مدل AA-670 Shimadzu اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری درصد خندانی، درصد میوه‌های مغزدار، وزن تر و خشک مغز پسته در زمان اپتیمم برداشت محصول در منطقه (۲۵ شهریور ماه)، نمونه برداری صورت گرفت که تقریباً در هنگامی است که مغز حداقل ۹۰ درصد پسته‌هایی که به صورت تصادفی از درختان چیده می‌شوند به طور کامل پر شده است. از هر تکرار در هر تیمار ۱۰ خوشه انتخاب و تعداد یک صد عدد پسته با پوست تازه و به صورت کاملاً تصادفی جمع‌آوری شد. برای تعیین میزان آهن مغز پسته، پس از انتخاب تصادفی از نمونه‌ها، مغزهای پسته در آون به مدت ۷۲ ساعت تحت دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا خشک گردند. سپس به روش اندازه‌گیری آهن برگ، میزان آهن مغز پسته نیز

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات اثرروش‌های مختلف محلول‌پاشی کلات آهن بر روی صفات اندازه‌گیری شده در پسته.

منابع تغییرات	درجه آزادی	غلظت آهن برگ	غلظت آهن مغز	درصد خندانی	درصد پوکی	وزن تر مغز	وزن خشک مغز
روش‌های محلول‌پاشی کلات آهن	۳	۴۱/۶۷**	۵۶/۱۸**	۳۲/۲۲**	۲/۵ ^{ns}	۱۲/۰۴**	۴/۰۷**
غلظت‌های کلات آهن	۳	۳۹/۷۳**	۲۱/۴۲**	۱۷۵/۵**	۲۲/۵۵**	۳۷/۵**	۱۳/۲۳**
روش‌های محلول‌پاشی × غلظت‌های کلات آهن	۹	۲۲/۰۳**	۲۰/۷۵ ^{ns}	۴/۰۵ ^{ns}	۲/۶۴ ^{ns}	۰/۹۸*	۰/۷**
خطا	۳۲	۱۶/۲۱	۱۰/۳۳	۲/۱۲	۲/۳۳	۰/۴۲	۰/۱۷۹

** و * - به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد و ns عدم معنی‌داری.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرروش‌های مختلف محلول‌پاشی کلات آهن بر روی صفات اندازه‌گیری شده در پسته.

روش‌های محلول‌پاشی کلات آهن	غلظت آهن مغز (ppm در ماده خشک)	خندانی (درصد)
آب (شاهد)	۱۴/۸۱c	۵۹/۹۱c
سورفکتانت	۲۱/۹۱b	۶۱/۷۵b
الکترواستاتیک	۲۲/۵۸b	۶۲/۰۸b
سورفکتانت + الکترواستاتیک	۴۲/۶۵a	۶۳/۹۱a

در هرستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارد.

برگی از راه‌های موثر در برطرف کردن نیاز غذایی گیاهان به عناصر کم مصرف است (بای بوردی و همکاران، ۱۳۹۷). واکس موجود بر روی برگ گیاه مقدار آبی که می‌تواند به درون برگ نفوذ کند را کاهش می‌دهد و از آن جا که اکثر کودها و حتی سموم بر اساس آب فرموله می‌گردند اضافه کردن یک سورفکتانت می‌تواند کشش سطحی قطره ی آب را کاهش داده و باعث پخش شدگی و افزایش سطح تماس ذرات آب با سطوح برگ شود (Rasmussen et al., 2015; Zhao et al., 2005). اضافه کردن سورفکتانت می‌تواند راه حل مناسبی برای افزایش جذب آهن باشد به طوری که باعث کاهش کشش سطحی محلول شده و سطح تماس محلول با برگ افزایش یافته و در نتیجه نفوذ کلات آهن به داخل برگ بیشتر شده و راندمان محلول‌پاشی بالا می‌رود (Paul & Helga, 1969).

نتایج واریانس داده‌های بدست آمده نشان داد (جدول ۲) که تیمار سطوح مختلف غلظت کلات آهن بر غلظت آهن برگ و مغز، درصد خندانی، درصد پوکی و وزن تر و خشک مغز در سطح یک درصد تأثیر

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف کلات آهن بر روی صفات اندازه گیری شده در پسته.

غلظت‌های مختلف کلات آهن (کیلوگرم در هزار لیتر آب)	غلظت آهن مغز (ppm در ماده خشک)	خندانی (درصد)	درصد پوکی
۰	۱۲/۵۸c	۵۶/۵۰d	۱۱/۰۰b
۰/۵	۲۷/۹۱b	۶۲/۱۶c	۸/۸۳b
۱	۴۰/۲۷a	۶۳/۷۵b	۸/۳۳b
۱/۵	۴۱/۵۲a	۶۵/۲۵a	۸/۱۶a

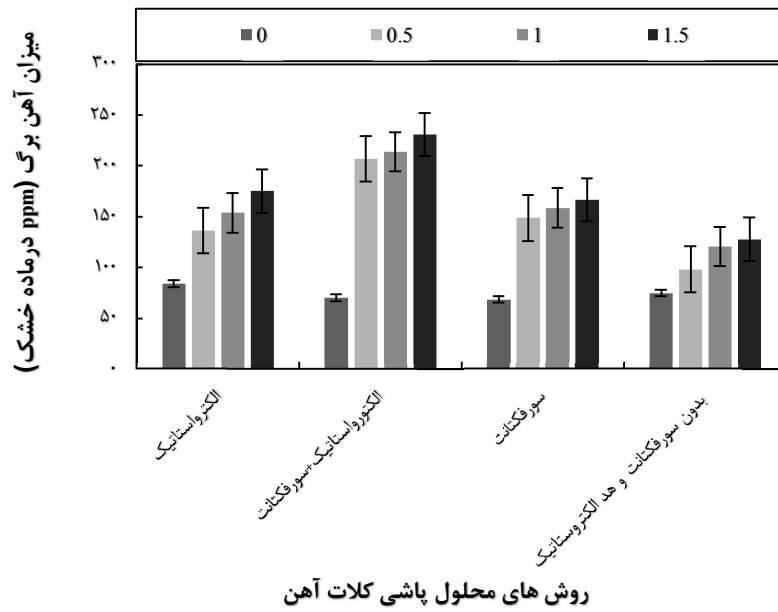
در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارد.

مغز پسته مقادیر بالاتر را دارا بودند که احتمالاً به دلیل جذب بیشتر آهن توسط برگ‌های گیاه می‌باشد. این افزایش جذب توسط محلول‌پاش الکترواستاتیک و محلول‌پاشی با سورفکتانت توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است (Fernandez *et al.*, 2006; Kabashima *et al.*, 1995). مقایسه میانگین (جدول ۴) غلظت‌های مختلف کلات آهن نشان داد که کمترین میزان درصد پوکی (۸/۱۶ درصد) در غلظت ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سایر غلظت‌های کلات آهن داشت. بیشترین غلظت آهن مغز (۵۲/۴۱ ppm در ماده خشک) در غلظت ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب مشاهده شد که به جز غلظت ۱ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب با دیگر غلظت‌ها تفاوت معنی‌داری نشان داد. کمبود آهن در پسته باعث عدم رشد مغز به طور کامل شده و یا باعث تولید میوه‌های پوک می‌شود و تعداد میوه در خوشه کم می‌شود (درویشیان، ۱۳۸۱). وقتی ارتباط فتوسنتز با مغز پسته‌ها در یک خوشه قطع

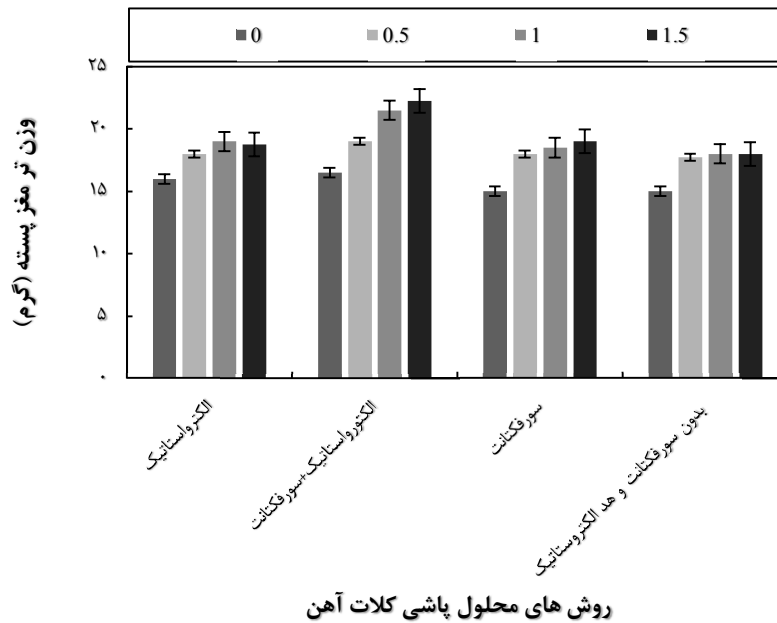
معنی‌داری داشته است. مقایسه میانگین (جدول ۴) غلظت‌های مختلف کلات آهن نشان داد که بیشترین میزان درصد خندانی (۶۵/۲۵ درصد) در غلظت ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سایر غلظت‌های کلات آهن نشان داد. کمترین میزان درصد خندانی (۵۶/۵۰ درصد) در غلظت صفر (شاهد) مشاهده شد. همچنین بین سایر روش‌های محلول‌پاشی این تفاوت، معنی‌داری شد. غلظت آهن برگ و مغز به شدت تحت تأثیر سطوح مختلف و برهمکنش روش محلول‌پاشی و سطوح مختلف آهن قرار گرفت. در این تحقیق مشاهده شد استفاده از محلول‌پاش الکترواستاتیک و محلول‌پاشی با سورفکتانت تأثیر بسیار زیادی بر افزایش جذب آهن در پسته داشت به طوری که در بین روش‌های مختلف محلول‌پاشی کلات آهن در این تحقیق محلول‌پاشی الکترواستاتیک به همراه سورفکتانت و با غلظت ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن لیتر در هزار لیتر آب از لحاظ غلظت آهن برگ و مغز پسته، درصد خندانی و وزن تر و خشک

همراه با سورفکتانت در غلظت ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب مشاهده گردید که با غلظت ۱ در هزار تفاوت معنی‌داری نداشت اما با غلظت ۰/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب و غلظت صفر (شاهد) و همچنین با سایر روش‌های محلول‌پاشی کلات آهن و غلظت‌های مختلف آن‌ها تفاوت بسیار معنی‌داری داشت. کمترین غلظت آهن برگ (۰/۰۵۵ درصد) و وزن تر مغز پسته (۱۵ گرم) در روش‌های مختلف محلول‌پاشی، در غلظت صفر (شاهد) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سایر روش‌های و غلظت‌های مختلف آن‌ها نشان داد. بیشترین میزان وزن خشک مغز پسته (۱۲/۴ گرم) در روش محلول‌پاشی الکترواستاتیک همراه با سورفکتانت در غلظت ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب مشاهده گردید که با سایر غلظت‌ها تفاوت معنی‌داری داشت در حالی که بین غلظت ۱ و ۰/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴). اما با سایر روش‌های محلول‌پاشی کلات آهن و غلظت‌های مختلف آن‌ها تفاوت بسیار معنی‌دار شد. کمترین وزن خشک مغز پسته (۹/۵ گرم) در روش‌های مختلف محلول‌پاشی، در غلظت صفر (شاهد) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سایر روش‌های محلول‌پاشی و غلظت‌های مختلف آن‌ها نشان داد وجود عنصر آهن موجب تأخیر در پیری و افزایش فعالیت‌های رشد و نمو گیاه می‌شود و در نتیجه

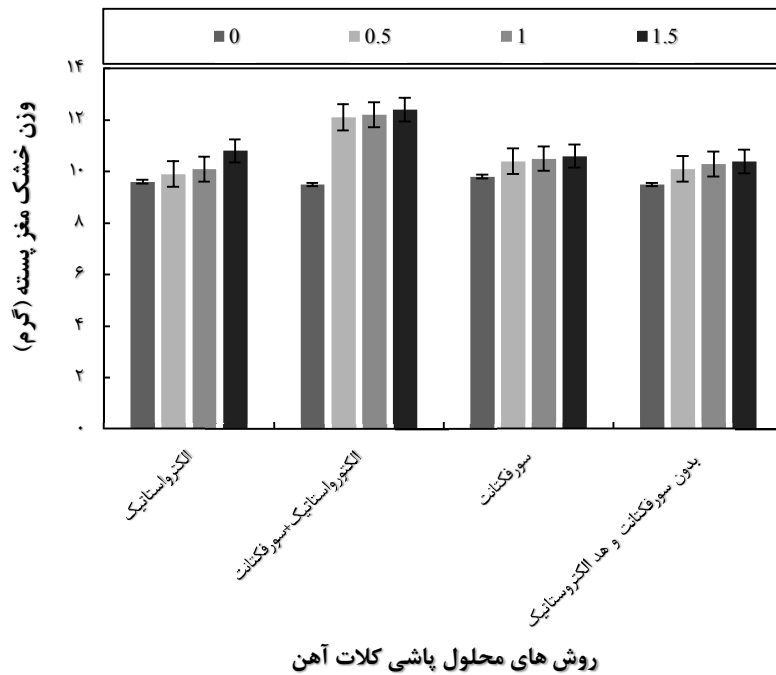
می‌شود و مغز پسته به حجم نهایی خود نرسیده و میوه‌ها پوک می‌شود. جالب توجه است که درصد پسته‌های پوک در سال‌های کم محصول بیشتر از سال پر محصول است. حسینی فرد و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که با اعمال محلول‌پاشی کلات آهن بر پسته میزان آهن موجود در برگ نسبت به درختان شاهد افزایش یافت. در پژوهشی استفاده از سورفکتانت همراه با محلول آهن منجر به افزایش نفوذ آهن از راه روزنه‌های هوایی در برگ مرکبات شد (Wallihan *et al.*, 1964). با توجه به اینکه آهن نقش بسیار مهمی در تنفس، کاهش نیترات و فتوسنتز دارد افزایش جذب آن می‌تواند باعث افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی و اسیمیلاسیون برگ شده و در نتیجه باعث افزایش سطح برگ و بهره‌وری می‌شود. این افزایش سطح برگ باعث می‌شود آسیمیلاسیون در برگ افزایش یافته و سپس مواد آلی به میوه و قسمت ذخیره‌ای آن منتقل شده و باعث افزایش وزن دانه شده است. با توجه به نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها (جدول ۲) اثر متقابل روش‌های محلول‌پاشی کلات آهن و غلظت‌های کلات آهن نشان داد غلظت آهن برگ و وزن خشک مغز در سطح یک درصد و غلظت آهن مغز در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده و بر سایر صفات بی‌تأثیر بوده است. شکل ۲ و ۳ نشان می‌دهد که بیشترین غلظت آهن برگ (۲۳۰/۹ ppm در ماده خشک) و وزن تر مغز پسته (۲۲/۲۵ گرم) در روش محلول‌پاشی محلول‌پاشی الکترواستاتیک



شکل ۲- اثر متقابل روش های محلول پاشی کلات آهن و غلظت های آن (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب) بر غلظت آهن برگ.



شکل ۳- اثر متقابل روش های محلول پاشی کلات آهن و غلظت های آن (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب) بر میزان وزن خشک مغز پسته.



شکل ۴- اثر متقابل روش‌های محلول پاشی کلات آهن و غلظت‌های آن (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب) بر میزان وزن خشک مغز پسته.

افزایش اندازه این روند ادامه پیدا می‌کند (بای بوردی و همکاران، ۱۳۹۷).

نتیجه‌گیری کلی

بنابر نتایج به دست آمده استفاده از محلول پاش‌های الکترواستاتیک و استفاده از سورفکتانت در موقع محلول پاشی می‌تواند باعث افزایش میزان جذب آهن شود. با توجه به شرایط نامساعد مناطق پسته خیز و مشکلات جذب آهن در این خاک‌ها و پایین بودن راندمان محلول پاشی در این مناطق استفاده از محلول پاشی با روش الکترواستاتیک همراه با سورفکتانت می‌تواند روشی بسیار مفید در برطرف کردن

رشد میوه افزایش یافته و میوه دارای وزن بهتری شده است (چیت ساز و همکاران، ۱۳۸۲). همچنین اثرات مثبت غلظت آهن برگ روی وزن میوه پسته طی تحقیقی توسط Roosta & Mohammadi (۲۰۱۳) نشان داده شد. با افزایش حجم مغز، خندانی افزایش می‌یابد. خندانی یکی از صفات مهم و مورد توجه در استاندارد و تجارت پسته است. این صفت فقط در گونه پسته اهلی (*P. vera*) دیده می‌شود. اولین شکافتگی درون بر زمانی اتفاق می‌افتد که رشد مغز به اندازه نهایی خود رسیده باشد. نیروی فیزیکی که مغز بر درون بر وارد می‌کند باعث شکافتگی می‌شود و در طول بلوغ با

مشکل کمبود آهن در مناطق پسته خیز باشد و همانطور که عنوان شد محلول پاشی با روش الکترواستاتیک همراه با سورفکتانت با غلظت ۱/۵ کیلوگرم کلات آهن در هزار لیتر آب اثر بهتری بر غلظت آهن برگ و مغز پسته، درصد خندانی و وزن تر و خشک مغز پسته در این پژوهش نشان داد. مسلماً استفاده از این نوع محلول پاشی ها و استفاده از سورفکتانت در شرایط باغات پسته ایران می تواند در جذب عناصر توسط گیاه بسیار مفید باشد.

منابع

- ۱- بای بوردی، م، بای بوردی، ا، حجازی، م، نوشیروانی، ر، و ناصرعصر، ع. (۱۳۹۷). مقایسه روش های مصرف عناصر ریزمغذی (آهن، روی و مس) بر کمیت و کیفیت پیاز قرمز در دو منطقه بناب و خسروشهر. پژوهش و سازندگی، ۷۴: ۱۶۰-۱۵۳.
- ۲- چیت ساز، م، حسن پور، د، باغچه وان، م، و نرمانی، س. (۱۳۸۲). طراحی هد الکترواستاتیک سمپاش دیسکی به منظور بهینه سازی مصرف سموم کشاورزی. سومین همایش ملی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، ۴-۲ اسفند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی کرج، ۵۴۲-۵۳۸.
- ۳- حسینی فرد، ج، تاج آبادی پور، ع، علی پور، ح، آزاد، ا، طالقانی، ف، نیکویی، م، اسماعیلی رنجبر، ع، و زاده پاریزی، ر. (۱۳۹۰). بررسی اثر محلول پاشی کودهای آهن و چهار کود مرکب بر روی جذب عناصر، عملکرد و کیفیت میوه پسته. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. پژوهشکده پسته کرمان. رفسنجان. ۲۸ اسفند. ۴۹-۱.
- ۴- درویشیان، م. (۱۳۸۱). کشت و تولید پسته. موسسه نشر آیندگان. تهران.
- ۵- راهداری، پ، مظفری، ا، و پناهی، ب. (۱۳۹۱). بررسی اثر محلول پاشی اسید آمینه های آزاد بر برخی ویژگی های کمی و کیفی پسته (*Pistachio vera L*) رقم فندقی. مجله زیست شناسی ایران، ۲۵ (۴): ۶۱۷-۶۰۶.
- 6- Abadia, JS, Vazquez, R, Rellan-Alvarez, H, El-Jendoubi, A, Abadia, A, Alvarez-Fernandez, & Lopez-Millan, AF. (2011). Towards a knowledge-based correction of iron chlorosis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49, 471-482.
- 7- Alvarez-Fernandez, A, Melgar, JC, Abadia, J, & Abadia, A. (2011). Effect of moderate and sever iron deficiency chlorosis on fruit yield, appearance and composition in pear (*Pyrus communis L.*) and Peach (*Prunus persica L.*) Batsch). *Environmental and Experimental Botany*, 71, 280-289.
- 8- Czarnota, M, & Thomas, P. (2013). Using surfactants, wetting agents, and adjuvants in the greenhouse. *Bulletin-1319*. 1-7.

- lipophile balance of surfactants to enhancement of foliar uptake of iron. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 17, 148-152.
- 17- Rasmussen, H, Chatterjee, A, Lovas, S, & Goos, RJ. (2015). Foliar application of iron chelated fertilizer and surfactants for management of iron deficiency chlorosis in soybean. Thesis Submitted to the Graduate Faculty of the North Dakota State University of Agriculture and Applied Science.
- 18- Rayan, JR, Estefan, G, & Rashid, A. (2001). Soil and plant analysis laboratory manual. 2nd ed., ICARDA Syria., 244 p.
- 19- Roosta, HR, & Mohammadi, Z. (2013). Improvement of some nut quality factors by manure, ammonium, and iron application in alkaline soil pistachio orchards. *Journal of Plant Nutrition*, 36(5), 691–701.
- 20- Wallihan, EF, Embleton, TW, & Sharpless, RG. (1964). Response of chlorotic citrus leaves to iron sprays in relation to surfactants and stomatal apertures. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 85, 210–217.
- 21- Zhao, S, Castle, GSP & Adamiak, K. (2005). The effect of space charge on the performance of an electrostatic induction charging spray nozzle. *Journal of Electrostatics*, 63, 261–272.
- 9- Edward, LS. (2001). Agricultural electrostatic spray application: a review of significant research and development during the 20th century. *Journal of electrostatics*, 51, 25-42.
- 10- El-Jendoubi, H, Melgar, JC, Alvarez-fernandez, A, Sanz, M, Abadia, A, & Abadia, J. (2011). Setting good practices to assess the efficiency of iron fertilizer. *Journal of Plant Physiology*, 49, 483-488.
- 11- Fernandez, V, & Ebert, G. (2005). Foliar Iron Fertilization: A Critical Review. *Journal of Plant Nutrition*, 28, 2113–2124.
- 12- Fernandez, V, Del Rio, V, Abadia, J, & Abadia, A. (2006). Foliar iron fertilization of peach (*Prunus persica* L.): effects of iron compounds, surfactant and other adjuvants. *Plant Soil*, 289, 239-252.
- 13- Gimenes, MJH, Zhu, CG, Raetano, B, & Oliveira, R. (2013). Dispersion and evaporation of droplets amended with adjuvants on soybeans. *Crop Protection*, 44, 84-90.
- 14- Kabashima, JN, Ken Giles, D, & Parrella, M. (1995). Electrostatic sprayer improve pesticide efficacy in greenhouses. *California Agriculture*, 49, 31-35.
- 15- Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed., Academic Press, USA, 899 p.
- 16- Paul, N, & Helga, G. (1969). Relationship of chemical classification and hydrophile-

The Effect of Iron Chelate on Some Qualitative and Quantitative Traits of Pistachio Trees

Abstract

In recent years, the growth of pistachio production in Iran has not been in line with the global growth of this product, one of the important reasons for which is the improper nutrition of pistachio orchards, especially nutrition with low consumption elements. Due to the salinity and calcareous soil of pistachio cultivation areas, high pH and bicarbonate concentration, it is difficult to absorb iron from soil by pistachio trees. In order to evaluate the methods of application of iron chelate and its different concentrations on the quantitative and qualitative properties of pistachio and iron uptake, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications. The first factor consisted of iron chelate foliar solution (spraying without electrostatic head and surfactant, electrostatic, surfactant and electrostatic + surfactant) and the second factor, iron chelate concentrations (distilled water as control, 0.5, 1, 5 1 kg of iron chelate per thousand liters of water). The results showed that the interaction effect of electrostatic spray treatment with surfactant and iron chelate concentrations had only significant effect on leaf iron concentration and fresh and dry weight of pistachio kernel. The results of the mean comparison showed that the data on leaf iron concentration and dry and wet brain weight were significantly different. So that the highest concentration of leaf iron (302.9 ppm in dry matter) was observed in the treatment of surfactant and electrostatic head and 1.5 kg of

iron chelate in one thousand liters of water, which was 3 times higher than the control treatment. The highest dry kernel weight (12.4 g) and wet kernel weight (22.25 g) were observed in the treatment of surfactant and electrostatic head and 1.5 kg of iron chelate per thousand liters of water, which were 3.5 and 7 g, respectively. Control treatment increased weight gain. The percentage of blankness (8.16%) in the treatment of 1.5 kg of kalat iron per thousand liters of water was observed, which was a 3% decrease compared to the control treatment. The concentration of iron in pistachio kernels (52.41 ppm in dry matter) was observed in 1.5 kg of iron chelate treatment per thousand liters of water, which increased up to 3 times compared to the control treatment. The percentage of dehisced nuts (65.25%) in the treatment of 1.5 kg of iron chelate in one thousand liters of water was observed, which increased by 10% compared to the control treatment. Also, the highest concentrations of pistachio kernel iron (42.65 ppm in dry matter) were observed in the electrostatic and surfactant solution treatment, which increased 3 times compared to the control treatment. The highest percentage of dehisced nuts (63.91%) was in electrostatic and surfactant solution spraying, which increased by 4% compared to the control treatment. In general, in this study, electrostatic solution spraying with surfactant with a concentration of 1.5 kg of iron chelate per thousand liters of water had a better effect on the concentration of leaf iron and pistachio kernel, percentage of laughter and wet and dry weight of pistachio kernel than control.

Keywords: Absorption, Electrostatic,
Microelement, Nutrition, Surfactant