نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد نهم، شماره ۲(۳۴)، تابستان ۱۳۹۴، صفحه ۱۹۰-۱۷۷

نقش عناصر ریز مغذی آهن و روی در عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی

الهام جم[۱]، علی عبادی[۲] و قاسم پرمون[۳]*

چکیده

خاک‌های مزارع سیب‌زمینی اردبیل به علت شرایط قلیایی و عدم اجرای تناوب‌های زراعی مناسب با کمبود برخی عناصر ریزمغذی مواجه است. جهت بررسی تأثیر مصرف کودهای ریزمغذی بر عملکرد و برخی صفات مؤثر بر تولید غده‌های سیب‌زمینی، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۱ در منطقه اردبیل اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل غلظت‌های مختلف کودهای ترکیبی آهن و روی (غلظت‌های ۲، ۴ و ۸ در هزار به صورت Fe_1Zn_1، Fe_1Zn_2، Fe_1Zn_3، Fe_2Zn_1، Fe_2Zn_2، Fe_2Zn_3، Fe_3Zn_1، Fe_3Zn_2، Fe_3Zn_3) و یک تیمار شاهد (Fe_0Zn_0) بودند. نتایج تجزیه واریانس وجود اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارها از لحاظ عملکرد غده، تعداد غده در بوته، سایزبندی غده، ضخامت پوسته و وزن حجمی غده‌ها و وزن خشک غده را نشان داد. بالاترین عملکرد غده (۴۸/۱۰ تن در هکتار) و بیشترین ضخامت پوسته در تیمار کودی Fe_1Zn_3 مشاهده شدند. بیشترین تعداد غده در بوته متعلق به تیمار کودی Fe_2Zn_1 (غلظت ۴ در هزار آهن و ۲ در هزار روی) و Fe_1Zn_3 (غلظت ۲ در هزار آهن و ۸ در هزار روی) به‌دست آمد. بیشترین غده‌های غیربذری کمتر از ۳۵ گرم و بیشترین وزن حجمی غده‌ها نیز در تیمار Fe_3Zn_2 حاصل شدند. به‌طورکلی تیمار Fe_1Zn_3 (غلظت ۲ در هزار آهن و ۸ در هزار روی) با داشتن بالاترین عملکرد دانه، ضخامت پوسته و مقدار مناسب از دیگر صفات ترکیب تیماری مناسبی برای تولید غده می‌باشد.

واژگان کلیدی: تولید بذر، ریزمغذی‌ها، سیب‌زمینی، عملکرد.

۱- دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه مازندران، ایران
تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۱۳
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۶
۳- دانشجوی دکتری فیزولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (* نگارنده‌ی مسئول)
Ghasem.parmoon@gmail.com

مقدمه

بهبود وضعیت محیط کشت از طریق به‌کارگیری صحیح نهاده‌های کشاورزی نظیر آب، کود، ماشین‌آلات، سموم دفع آفات و بذور اصلاح‌شده امکان پذیر است. یکی از نهادهای مهم کشاورزی مصرف صحیح کودهای شیمیایی است (Shahoy, 2006). حاصل‌خیزی خاک به منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان جهت دست‌یابی به محصولات زراعی با عملکرد بالا و کیفیت مطلوب دارای اهمیت زیادی می‌باشد. تأمین عناصر مورد نیاز گیاه در خاک‌های فقیر و استفاده از کودهای شیمیایی موجب افزایش عملکرد و کیفیت محصول شده است. استفاده‌ی بی‌رویه از کودهای شیمیایی به‌ویژه عناصر ریز مغذی، علاوه بر آلودگی محیط‌زیست، اثرات سمی و منفی بر تولید و کیفیت محصول کشاورزی به جای می‌گذارند (Scheiner *et al.*, 2002).

سیب‌زمینی یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی با عملکرد بالا است که زراعت آن دارای اهمیت زیادی می‌باشد. کشت متوالی محصولات زراعی، منجر به کاهش حاصل‌خیزی خاک در اثر مصرف بیش از حد و کاهش قابلیت دسترسی برخی از عناصر ضروری گیاه در خاک و همچنین موجب افزایش آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در مزارع می‌گردد. در این خصوص، پرساد و امرا (Prasad and Umra, 1990) گزارش کردند که کشت متوالی گیاهانی مانند سیب‌زمینی که دارای عملکرد بالایی در هکتار هستند منجر به کاهش قابلیت دسترسی گیاه در کشت بعدی به عناصر غذایی به‌ویژه روی و آهن می‌شود. در کشاورزی متمرکز کمبود روی رایج و گسترده است. این پدیده به علت برداشت شدید روی قابل استفاده از منطقه نفوذ ریشه به وجود می‌آید. همچنین، در خاک‌های آهکی و قلیایی کمبود روی به علت pH بالای خاک ناشی می‌شود (Graham and Mcdonald, 2000). عنصر روی برای تولید هورمون اکسین و انجام فتوسنتز و عنصر آهن نیز در تشکیل کلروفیل گیاهی نقش اساسی را ایفا می‌کنند. افزودن این عناصر به خاک‌های فقیر، افزایش عملکرد و کیفیت محصول تولیدی را به دنبال خواهد داشت (Kholdbarin and Eslam-Zadeh, 2001). وجود مقدار زیادی بی‌کربنات در محلول خاک باعث شده است که در بیشتر خاک‌های کشور کمبود آهن ایجاد شود (Malakoti and Tehrani, 1999). آهن با ایجاد رشد رویشی مناسب از طریق افزایش تعداد و سطح برگ، مشارکت در فتوسنتز، افزایش ارتفاع و ماده خشک، زمینه تشکیل و توسعه عملکرد و اجزای عملکرد را فراهم می‌آورد (Pinto *et al.*, 2005). اسدی‌منش (Asadimanesh, 2005) با بررسی کاربرد عنصر روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام متداول سیب‌زمینی، به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی اشاره کرده است. همتی (Hemayati, 2006) با محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز نشان داد که این عناصر تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی دارند و با افزایش غلظت آهن و به‌ویژه عنصر روی در محلول‌پاشی، عملکرد سیب‌زمینی افزایش یافت (EI-Hadi, 1986). عیوضلو و همکاران (Aivazlo *et al.*, 2010) در محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد سیب‌زمینی نشان دادند که استفاده از کود زیستی فسفر بارور ۲ به همراه محلول‌پاشی سولفات آهن بالاترین عملکرد را حاصل کرد. با محلول‌پاشی آهن و روی در چندین محصول از جمله سیب‌زمینی افزایش عملکردی بین یک تا ۵۱ درصد را نشان داد. محلول‌پاشی عنصر آهن به تنهایی تأثیری بر میزان عملکرد ندارد ولی استفاده از آن به‌همراه عنصر روی منجر به افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی به میزان

۱۰/۴ تن در هکتار در مقایسه با شاهد شد (Sheikhi-Hesar *et al.*, 2001). اگرچه آنها در بررسی اثر کودهای میکروی فوسین آهن، فوسین روی، فوسین منگنز، فوسین بور+ آهن و فوسین بور، در سیب‌زمینی بین تیمارها از لحاظ وزن غده و عملکرد اختلاف معنی‌داری گزارش نکردند، ولی بیشترین عملکرد از تیمارهای محلول‌پاشی روی و آهن حاصل شد که نسبت به سایر تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری داشتند.

آروجی و گلچین (Arojy and Golchin, 2012) در مطالعه تأثیر روی، منگنز و مس بر عملکرد غده سیب‌زمینی و غلظت فسفر و آهن برگ و غده نشان دادند، با افزایش سطوح روی، منگنز و مس قابلیت جذب خاک تا حد معینی و عملکرد سیب‌زمینی به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. همچنین، کاربرد روی و منگنز سبب کاهش معنی‌دار غلظت فسفر و آهن در برگ و غده سیب‌زمینی شد و بیشترین عملکرد سیب‌زمینی در تیمار کودی به‌ترتیب ۱۵، ۱۰ و ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم روی، منگنز و مس به دست آمد (Arojy and Golchin, 2012). محمدیان و طهماسب‌پور (Mohmadyan and Tahmaseb por, 2010) نیز در بررسی تأثیر کودهای میکروالمنت در افزایش سیب‌زمینی رقم آگریا نشان دادند، تیمارهای کودی از نظر تعداد غده، وزن غده و عملکرد غده معنی‌دار بوده و کودهای میکروالمنت بر عملکرد و اجزای عملکرد تأثیر متفاوت داشتند. مصرف انواع میکروالمنت‌ها نسبت به شاهد باعث افزایش عملکرد شد و بالاترین عملکرد نیز از محلول‌پاشی روی و آهن حاصل گردید که موجب افزایش ۶ تن در هکتار در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد کود) شد (Mohmadyan and Tahmaseb por, 2010).

هدف از این پژوهش بررسی نقش کودهای میکروی آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد و برخی از صفات غده که در تولید غده بذری مناسب است و انتخاب ترکیب مناسب از آنها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۱ در منطقه ویلکیج واقع در ۱۵ کیلومتری اردبیل (با ^{o}۳۸ و ′۱۵ عرض و ^{o}۴۸ و ′۱۵ طول جغرافیایی، ارتفاع ۱۳۳۲ متر از سطح دریا و بارش سالیانه ۴۰۰ میلی‌متر) اجرا شد. بر اساس نتایج آزمون تجزیه خاک خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محل در جدول ۱ آمده است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل Fe_0Zn_0 (شاهد)، Fe_1Zn_1 (غلظت ۲ در هزار آهن و روی)، Fe_1Zn_2 (غلظت ۲ در هزار آهن و ۴ در هزار روی)، Fe_1Zn_3 (غلظت ۲ در هزار آهن و ۸ در هزار روی)، Fe_2Zn_1 (غلظت ۴ در هزار آهن و ۲ در هزار روی)، Fe_2Zn_2 (غلظت ۴ در هزار آهن و روی)، Fe_2Zn_3 (غلظت ۴ در هزار آهن و ۸ در هزار روی)، Fe_3Zn_1 (غلظت ۸ در هزار آهن و ۲ در هزار روی)، Fe_3Zn_2 (غلظت ۸ در هزار آهن و ۴ در هزار روی) و Fe_3Zn_3 (غلظت ۸ در هزار آهن و روی) بودند.

رقم کاشت شده رقم آگریا که به‌صورت مکانیزه بوده، فاصله ردیف‌های کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۲۵ سانتی‌متر و اندازه هر کرت ۱۸ مترمربع و با ۴ ردیف کاشت در نظر گرفته شد. عناصر غذایی مورد نیاز خاک بر اساس نتایج آزمون خاک (۳۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۱۶۰ کیلوگرم گوگرد) به‌کاربرده شد. آبیاری به صورت نشتی (شیاری) از کاشت تا ۴ هفته قبل از برداشت انجام گرفت. سطوح مختلف عناصر کم‌مصرف روی و آهن با غلظت‌های ۲، ۴ و ۸ در هزار در دو مرحله، قبل از گلدهی و آغاز حجیم شدن غده‌ها به‌صورت محلول پاشی انجام گرفت. حدود ۱۵ روز

قبل از برداشت اندام‌های هوایی سربرداری شدند. تعداد غده در بوته نیز در حین برداشت با انتخاب تصادفی ۱۰ بوته از هر کرت و میانگین تعداد غده در بوته‌ها محاسبه گردید. برای محاسبه ماده خشک پس از جدا نمودن غده‌ها از اندام هوایی، اندام هوایی را در درون پاکت قرار داد و به آون تهویه‌دار با دمای ۷۵ درجه سلسیوس و به مدت ۴۸ ساعت منتقل شدند. در ادامه وزن خشک اندام هوایی به‌وسیله ترازوی ۰/۰۱ گرم توزین شدند. طبقه‌بندی غده‌ها بر اساس وزن آنها در سه گروه غده‌های کمتر از ۳۵ گرم به‌عنوان غده‌های غیره بذری، بین ۳۵ تا ۵۵ گرم به‌عنوان غده‌های بذری و بیشتر از ۵۵ گرم به‌عنوان غده‌های خوراکی تفکیک شدند (Arshady *et al.*, 2010). همچنین، وزن حجمی غده‌ها در هر نمونه نیز پس از برداشت از نسبت تغییر حجم غده به وزن غده به دست آمد. ضخامت پوسته نیز در آخرین مرحله یادداشت‌برداری (که ضخامت پوسته غده سیب‌زمینی به حداکثر مقدار خود می‌رسد) با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ و رسم نمودارها با استفاده از برنامه Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد عملکرد غده تحت تاثیر کاربرد عناصر غذای روی و آهن در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۲). براساس مقایسه میانگین‌ها در بین ترکیب‌های مختلف عناصر، ترکیب Fe_1Zn_3 دارای بیشترین تاثیر بر عملکرد دانه (۴۸/۱۰ تن در هکتار) در مقایسه با شاهد (۳۶/۴۳ تن در هکتار) را داشت و موجب افزایش ۳۳ درصد در عملکرد غده سیب‌زمینی شد. کمترین عملکرد غده نیز از تیمار Fe_3Zn_3 (کاربرد غلظت ۸ در هزار آهن و ۸ در هزار عنصر روی) مشاهده شد، که با تیمار شاهد از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۱). کاربرد غلظت ۲ در هزار آهن و ۸ در هزار عنصر روی در تیمار Fe_1Zn_3 موجب افزایش ۳۳/۳ درصدی عملکرد غده سیب‌زمینی شد که این نشان‌دهنده تاثیر بیشتر روی بر عملکرد غده در مقایسه با آهن می‌باشد.

همتی (Hemayati, 2006) با محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز نشان داد که این عناصر تاثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی داشتند. همچنین، با افزایش غلظت آهن در محلول پاشی، عملکرد سیب‌زمینی افزایش یافت. ضعیفی‌زاده و همکاران (Zaifie zadeh *et al.*, 1998) نیز با آزمایشی اعلام کردند که محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف به‌طور معنی‌داری باعث افزایش وزن غده در بوته، تعداد غده در بوته و عملکرد غده می‌گردد. چنین نتایجی توسط اسدی‌منش (Asadimanesh, 2005) و عیوضلو (Aivazlo *et al.*, 2010) نیز گزارش شده است.

عروجی و گلچین (Arojy and Golchin, 2012) نیز در مطالعه تاثیر روی، منگنز و مس بر عملکرد و غلظت فسفر و آهن در برگ و غده سیب‌زمینی رقم آگریا افزایش عملکرد غده در اثر روی، منگنز و مس شد. بیشترین عملکرد سیب‌زمینی در تیمار کودی به‌ترتیب ۱۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی، منگنز و مس به‌دست آمد. طی بررسی که بر تاثیر کود روی بر عملکرد و خصوصیات کیفی سیب زمینی صورت گرفت، مشخص گردید که مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی برای کشت سیب‌زمینی کافی می‌باشد (Malakoti and Tehrani, 2005). محمدیان و طهماسب‌پور (Mohmadyan and Tahmaseb Por, 2010) معتقد هستند افزایش عملکرد غده در اثر کاربرد کودهای ریزمغذی ناشی از افزایش وزن خشک اندام هوایی و افزایش وزن غده‌ها

بوده که موجب افزایش عملکرد شده است. دیوید (Dwievedi,1991) معتقد است محلول‌پاشی عنصر آهن به تنهایی تأثیری بر میزان عملکرد ندارد اما مصرف آهن و روی منجر به افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی می‌شود. افزایش عملکرد می‌تواند به علت افزایش میـزان عناصر تغذیه‌ای گیاه و افزایش فتوسنتز و رشد گیاه باشد. روی با جلوگیری از انتقال آهن به‌عنوان یک کاتیون رقیب از انتقال متابولیک فعال آهن در مکان‌های جذب در ساقه جلوگیری می‌کند (Cumbus *et al.*, 1977). احتمالاً به همین دلیل کاربرد غلظت ۲ در هزار آهن و ۸ در هزار روی در تیمار Fe_1Zn_3 بهترین تاثیر را بر عملکرد داشت. سیفی نادرگلی و همکاران (Seifi Nadergoli *et al.*, 2011). نیز در مطالعه خود نشان دادند که کاربرد روی و منگنز موجب افزایش عملکرد دانه، تعداد دانه، وزن خشک اندام هوایی، طول ساقه و شاخص برداشت در لوبیا شد.

نتایج تجزیه واریانس تعداد غده در بوته نشان داد کاربرد عناصر غذایی روی و آهن موجب اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشـــان داد بیشترین تعـداد غده در بوته به‌ترتیب معادل ۱۰/۹ و ۱۰/۲ از تیمار Fe_2Zn_1 (غلظت ۴ در هزار آهن و ۲ در هزار روی) و Fe_1Zn_3 (غلظت ۲ در هزار آهن و ۸ در هزار روی) و کمترین تعداد غده در بوته (۷/۳ عدد) از تیمار Fe_3Zn_3 حاصل شد (شکل ۲). این تیمارها به‌ترتیب موجب افزایش ۳۲، ۲۵ و کاهش ۱۰ درصدی تعداد غده در مقایسه با شاهد شدند (شکل ۲). با توجه به نتایج مشاهده شد، تیماری که نسبت آهن به روی بیشتری دارد تعداد غده بیشتری نیز تشکیل داده است. به‌طوری‌که تیمار ۴ در هزار آهن و ۲ در هزار روی، بالاترین تعداد غده را نشان داد.

آهن به طور مشخصی در سنتز کلروفیل نقش دارد. این عنصر به عنوان دهنده و گیرنده الکترون در واکنش‌ها عمل کرده و در زنجیره‌های انتقال الکترون فتوسنتزی و تنفسی، نقش به‌سزایی را ایفا می‌کند (Yruela *et al.*, 2000). آهن آزاد می‌تواند در واکنش فنتون به عنوان کاتالیزور، تولید رادیکال هیدروکسیل و گونه‌های اکسیژن فعال عمل کند (Yu *et al.*, 2002). بنابراین آهن می‌تواند موجب افزایش توان فتوسنتزی و تخصیص آسیمیلات‌های بیشتر برای متابولیسم مواد ذخیره‌ای شود و از این رو موجب افزایش تعداد غده‌ها می‌شود (Shiemshi, 2007). نتایج مشابهی از پژوهش همانتارجان و گارج (Hemantaranjan and Garg, 1988) به دست آمده است.

قبادی و همکاران (Ghobadi *et al.*, 2014) در مطالعه تاثیر کودهای زیستی بر عملکرد سیب‌زمینی اعلام کردند کاربرد فسفر موجب افزایش تعداد غده در سیب‌زمینی شد. تعداد غده یکی از اجزای مؤثر بر میزان عملکرد سیب زمینی به شمار می‌رود و افزایش آن می‌تواند به افزایش عملکرد غده منجر شود. با این حال، تعداد غده در بوته بسته به خصوصیات ژنتیکی رقم، تعداد ساقه، شرایط آب و هوایی و عناصر غذایی می‌تواند متغیر باشد (Khajepor, 2004).

استفاده ترکیبی از آهن و روی بر ضخامت پوسته و وزن حجمی غده در سطح ۱ درصد تأثیر داشت (جدول ۲). بیشترین ضخامت پوسته و وزن حجمی غده به‌ترتیب از تیمارهای Fe_1Zn_3 (غلظت ۲ در هزار آهن و ۸ در هزار روی) و Fe_3Zn_2 (غلظت ۸ در هزار آهن و ۲ در هزار روی مشاهده شد (شکل ۳ و۴). ضخامت پوسته غده در انبارداری سیب‌زمینی اهمیت زیادی دارد. این تیمارها موجب افزایش ۶۰ درصدی ضخامت پوسته و ۹ درصدی وزن حجمی غده شـــد. ضخامت پوسته غـده در انبـــارداری

سیب‌زمینی اهمیت زیادی دارد. وزن حجمی غده‌ها از عوامل تعیین کننده عملکرد غده می‌باشد، به‌طوری که محمدیان و طهماسب‌پور (Mohmadyan and Tahmaseb Por, 2010) در مطالعه خود نشان دادند محلول‌پاشی کودهای عناصر ریزمغذی موجب افزایش وزن غده‌ها و در نهایت افزایش عملکرد شده است. افزایش وزن غده‌ها در اثر کاربرد روی و آهن در نتایج همتی (Hemayati, 2006) نیز گزارش شد. همچنین، وجود پوسته ضخیم با جلوگیری از هجوم آفات و بیماری‌های انباری می‌تواند در بهبود و دوام دوره انبارداری مؤثر باشد. روی به علت نقش در فعالیت‌های بیولوژیک مانند ثبات در پلاسمای سلولی، کاربرد مقادیر بالاتر آن تأثیر مستقیم بر میزان ضخامت پوسته و وزن حجمی غده داشت (Zhao *et al.*, 2005).

روی نقش مهمی در تنظیم متابولیسم نیتروژن، تقسیم سلولی، فتوسنتز و سنتز اکسین در گیاهان دارد. همچنین، نقش مهمی در سنتز اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌ها و در استفاده و بکارگیری فسفر و نیتروژن در زمان جوانه‌زنی بذر نقش مهمی دارد (Rout and Das, 2003). عنصر روی و گروه اکسین‌ها به عنوان تحریک کننده رشد ریشه در گیاهان مطرح می‌باشند و هنگامی که گیاه در شرایط تنش و از جمله خشکی خشکی قرار می‌گیرد می‌توانند با حفظ تعادل رطوبتی موجب بهبود عملکرد دانه گردد. افزایش تعداد غده و اندازه غده در اثر مصرف روی نیز می‌تواند به این علت باشد (Gadallah, 2000). تیمارهای کودی در سطح ۱ درصد بر سایزبندی غده‌ها تأثیر معنی‌دار داشتند (جدول ۲). در سایزبندی غده‌های از نظر وزن غده‌های کمتر از ۳۵ گرمی، بیشترین تعداد این گروه از تیمار Fe_3Zn_2 (غلظت ۸ در هزار آهن و ۴ در هزار روی) و کمترین آن از تیمار Fe_2Zn_2 (غلظت ۴ در هزار آهن و روی) به‌دست آمد. این در حالی است که در رده غده‌های ۳۵ تا ۵۵ گرمی که مناسب‌ترین اندازه جهت کشت به شمار می‌رود. تیمار Fe_2Zn_3 (غلظت ۴ در هزار آهن و ۸ در هزار روی) بیشترین مقدار و تیمار Fe_1Zn_1 (غلظت ۲ در هزار آهن و روی) کمترین مقدار را به خود اختصاص داد. در رده غده‌های بیشتر از ۵۵ گرمی نیز بیشترین مقدار مربوط به تیمار Fe_2Zn_2 (غلظت ۴ در هزار آهن و روی) و کمترین مقدار آن نیز از تیمار Fe_2Zn_3 (غلظت ۴ در هزار آهن و ۸ در هزار روی) مشاهده شد (شکل ۵). به‌طور معمول، غده‌های با وزن کمتر از ۳۵ گرم به‌عنوان عملکرد غیراقتصادی و غیرقابل فروش در سیب‌زمینی محسوب می‌شوند. لذا تیمارهای کودی که قادر به تولید غده‌های با وزن بالاتر از ۳۵ گرم را داشته باشند، می‌توانند در بهبود بازارپسندی محصول مؤثر باشند به‌خصوص تیمارهایی که موجب افزایش تعداد غده‌های متوسط که به‌منظور بذر و کشت مجدد استفاده می‌شود بسیار مناسب و مفید می‌باشد.

وزن خشک اندام‌هوایی گیاه نیز از دیگر صفاتی است که تحت تأثیر کاربرد عناصر روی و آهن در سطح ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین وزن خشک اندام‌هوایی (۴۴/۵ گرم بر بوته) از تیمار Fe_2Zn_3 (غلظت ۴ در هزار آهن و ۸ در هزار روی) و کمترین مقدار (۳۳/۷ گرم بر بوته) نیز از تیمار Zn_3Fe_3 (غلظت ۸ در هزار آهن و روی) به دست آمد. این تیمارها به ترتیب موجب تغییر ۲۱ و ۲ درصدی در وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با شاهد شدند (شکل ۶). این نتایج با یافته‌های اسدی منش (Asadimanesh, 2005) در کاربرد روی بر عملکرد سیب‌زمینی مطابقت دارد.

مطلبی‌فرد و همکاران (Motalby Fard *et al.*, 2014) نیز در مطالعه تاثیر فسفر و روی بر ویژگی‌های رشدی سیب‌زمینی در شرایط گلخانه‌ای خود نیز

نشان دادند مصرف فسفر و روی موجب افزایش معنی‌داری در طول ساقه، طول برگ، و وزن خشک بخش‌های هوایی سیب زمینی شد. آنها نشان دادند مصرف ۲۰ میلی‌گرم روی و ۳۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک برای تولید سیب زمینی در شرایط مناسب رطوبتی توصیه می‌شود. شیخی حسار و همکاران (Sheikhi-Hesar *et al.*, 1998) نیز با استفاده از کودهای میکروی فوسین آهن، روی، منگنز، بر + آهن و بر روی سیب زمینی نتایج متفاوتی به‌دست‌آوردند. بهتاش و همکاران (Behtash *et al.*, 2010) عنوان کردند که کاربرد روی باعث افزایش وزن تر و خشک، شاخص کلروفیل، تعداد برگ و سطح برگ چغندر لبویی شده است. محمدیان و طهماسب‌پور (Mohmadyan and Tahmaseb por, 2010) نیز گزارش کردند رشد اندام‌هوایی سیب‌زمینی تحت تأثیر محلول‌پاشی کودهای ریزمغذی قرار گرفته و این امر موجب افزایش وزن خشک اندام‌هوایی شده است. پینتو و همکاران (Pinto *et al.*, 2005) اعلام کردند آهن با ایجاد رشد رویشی مناسب از طریق افزایش تعداد و سطح برگ، مشارکت در فتوسنتز، افزایش ارتفاع و ماده‌خشک، زمینه تشکیل و توسعه اجزای عملکرد و عملکرد را فراهم می‌آورد. همچنین، روی به علت نقش در فعالیت‌های بیولوژیکی مانند ثبات در پلاسمای سلولی و به‌عنوان کوفاکتور در بسیاری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و سنتز پروتئین‌ها در افزایش رشد و وزن خشک اندام‌هوایی مؤثر می‌باشد (Zhao *et al.*, 2005).

نتیجه‌گیری کلی

طی این آزمایش مشخص شد که با کاربرد دو عنصر ریزمغذی آهن و روی می‌توان انتظار عملکرد بالاتری از سیب‌زمینی داشت. با این حال، به نظر می‌رسد مصرف روی تأثیر ناچیزی نسبت به آهن دارد و در غلظت‌های بالای آهـن میزان عملکرد کاهش می‌یابد که می‌تواند ناشی از رقابت بین این دو عنصر به هنگام جذب در گیاه و یا تأثیر بر جذب سایر عناصر باشد. افزایش تعداد غده در واحد سطح، ضخامت پوسته غده تأثیر مستقیم بر میزان عملکرد غده سیب زمینی گذاشت، به‌طوری‌که بالاترین میزان عملکرد غده در هکتار در سطوح بالاتری این صفات به دست آمد. در بین تیمارهای غلظت ۲ در هزار آهن و ۸ در هزار روی (Fe_1Zn_3) در اکثر صفات بالاترین مقدار را به خود اختصاص داد که می‌تواند جهت مطالعات بعدی جهت به‌دست آوردن یک نتیجه قابل کاربرد استفاده شود.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Results analyses soil of the experimental

ویژگی نمونه خاک Characteristics of soil samples		مقدار Content
بافت خاک	Soil texturee	Loam
شن	Sand	40 (%)
سیلت	Silt	34 (%)
رس	Clay	26 (%)
آهن*	Fe	4.90 (ppm)
پتاسیم*	K	454(ppm)
روی*	Zn	1.56 (ppm)
فسفر*	P	5.5 (ppm)
نیتروژن*	N	0.06 (ppm)
کربن آلی	Organic carbon	0.6 (%)
کربنات کلسیم	Calcium carbonate	6.8(%)
اشباع بازی	Saturation base	0.43(%)
اسیدیته	pH	7.6
شوری	Salinity	0.6 ($DSm.m^{-2}$)

* در مورد عناصر میزان قابل دست رس آنها در جدول آورده شده است.

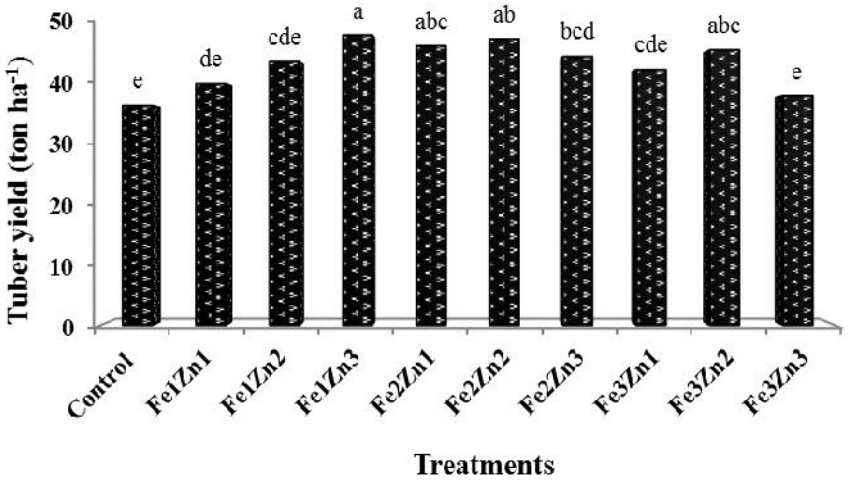
جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی سیب زمینی در غلظت‌های مختلف آهن و روی

Table 2- Variance analysis of measured traits in potato under different Fe and Zn concentrations

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means square							
		عملکرد غده Tuber yield	تعداد غده در بوته Tuber number of per plant	ضخامت پوسته غده Tuber shell	وزن حجمی غده Tuber weight volume	Tubers size: غده‌های درشت Large tuber	Tubers size: غده‌های متوسط Seeds tuber	Tubers size: غده‌های ریز Non seed tuber	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight
تکرار Replication	2	46.44^{ns}	1.24^{ns}	0.0023^{ns}	0.0001^{ns}	47.33^{ns}	13.56^{ns}	15.64^{ns}	51.43^{ns}
تیمار Treatment	9	190.29**	3.72**	0.0086**	0.0105**	145.1**	37.23**	45.66**	38.54*
اشتباه Error	18	23.84	0.93	0.0022	0.0029	21.36	8.94	6.92	12.88
ضریب تغییرات CV%		11.3	10.6	11.6	4.8	5.6	35.5	28.9	9.4

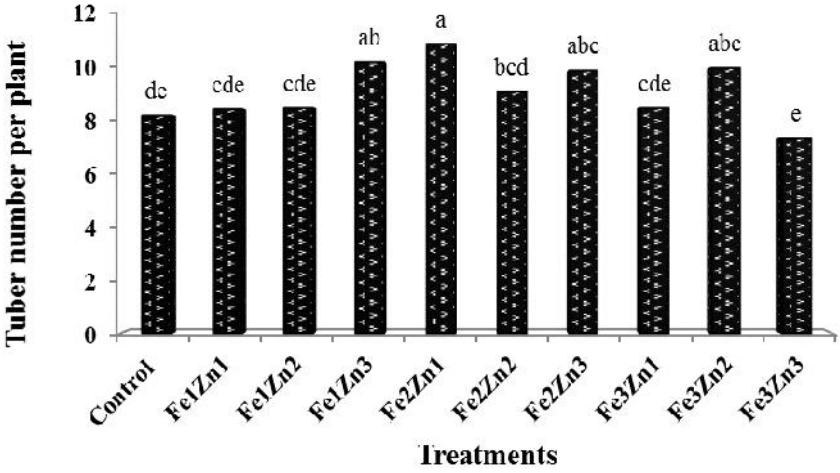
ns، *و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns, ** and **: non-significant and significant at the 1% probability levels, respectively



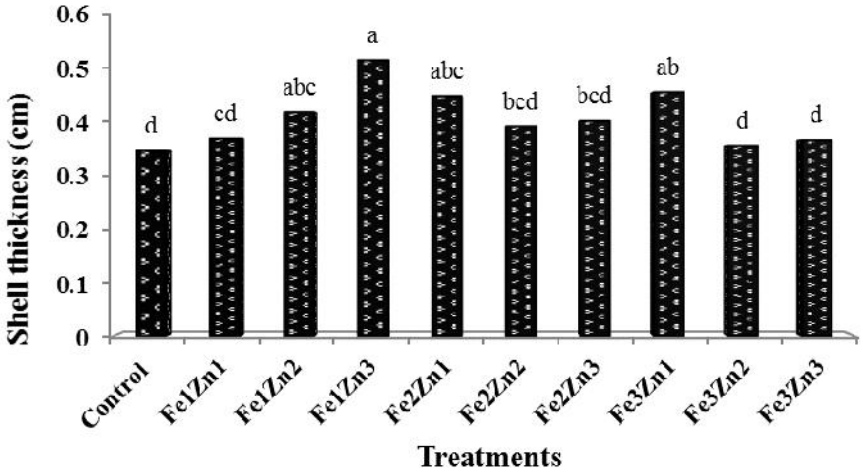
شکل ۱- تاثیر عناصر غذایی آهن و روی بر عملکرد غده سیب‌زمینی

Figure 1- Effect of Fe and Zn nutrients on potato tuber yield



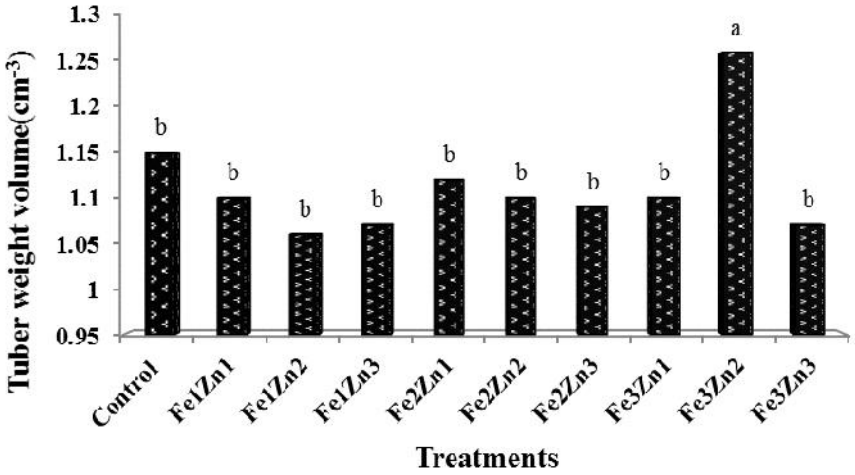
شکل ۲- تأثیر عناصر غذایی آهن و روی بر تعداد غده در بوته

Figure 2- Effect of Fe and Zn nutrients on potato number of tubers per plant



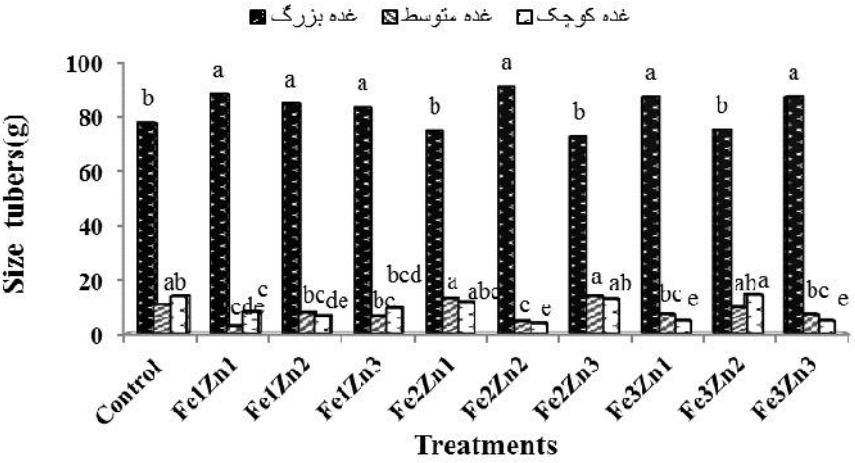
شکل ۳- تأثیر کاربرد عناصر غذایی آهن و روی بر ضخامت پوسته غده سیب‌زمینی

Figure 3- Effect of Fe and Zn nutrients on potato tuber shell thickness



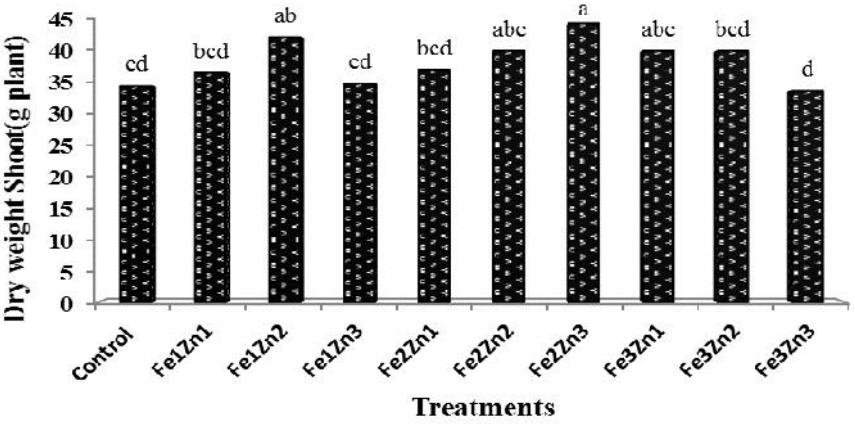
شکل ۴- تأثیر عناصر غذایی آهن و روی بر وزن حجمی غده سیب‌زمینی

Figure 4- Effect of Fe and Zn nutrient on weight volume of potato



شکل ۵- تأثیر عناصر غذایی آهن و روی بر اندازه غده‌های سیب‌زمینی

Figure 5- Effect of Fe and Zn on divide tubers potatoes



شکل ۶- تأثیر کاربرد عناصر غذایی آهن و روی بر وزن خشک اندام هوایی سیب‌زمینی

Figure 6- Effect of Fe and Zn nutrients on dry weight shoot of potato

References منابع مورد استفاده

- Aivazlo, A., A. Nasrolah Zade Asl, and M. Zaify Zade. 2010. Effect overall soil and fertilizer bio P-fertilized 2 combinations with foliar micronutrients in yield of potatoes. *Journal of Agricultural Science*. 3(10): 61-72. (In Persian).
- Arojy, H., and A. Golchin. 2012. Effect of Zn, Mu and Cu in yield and phosphor and iron content in leaf and tuber potato. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 16 (61): 221-229. (In Persian).
- Arshady, M., H.R. Khazay, M. Nasiry Mohalaty, and S.A. Aghly. 2010. Effects some trait import crop potato (*Solanum tuberosum* L.) and possibility determination time require plant potato to nitrogen fertilizer by using Chlorophyll meter. *Journal of Agricultural Ecology*. 2(1): 119-128. (In Persian).
- Asadimanesh, H. 2005. Effect of different Zn concentration on yield and yield components of two potato cultivars in Ardabil. MSc Thesis. Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, 193p. (In Persian).
- Behtash, F.G., M.G. Tabatabai, M.H. Malkoty, and O. Srvaldyn vash. 2010. Effect of zinc and cadmium on growth, chlorophyll content, photosynthesis and cadmium concentrations in beet. *Journal of Soil Research*. 24(6): 31-41. (In Persian).
- Cumbus, I.P., D.J. Hornsey, and L.W. Robinson. 1977. The influence of phosphorus, zinc and manganese on absorption and translocation of iron in watercress. *Plant and Soil Science*. 78: 651-660.
- Dwievedi, G.K. 1991. Mode of application of micronutrients on potato in acid soil of Garhwal Himalaya. *Indian Journal Horticulture*. 45(3): 258-263.
- EI-Hadi, A. 1986. Effect of foliar fertilization in different crops under Egyptian conditions. *Plant and Soil Science*. 22(1): 126-141.
- Gadallah, M.A. 2000. Effect of indole-3-acetic acid and zinc on the growth, osmotic potential and soluble carbon and nitrogen components of soybean plants growing under water deficit. *Journal of Arid Environment*. 44: 451-467.
- Ghobadi, M., S.H. Jahanbin, H. Ovliaye, R. Motalbifard, and K.H. Parvize. 2014. Effect bio fertalzeition phosphor in yield and uptack phosphor in potato. *Journal of Water and Soil Sicence*. 23(2): 125-138. (In Persian).
- Graham, A., and G.K. Mcdonald. 2000. Effects of zinc on photosynthesis and yield of wheat under heat stress. *Australian Agronomy Conference*. 6 (1): 27-33.
- Hemayati, A. 2006. Effect micronutrients application on potato yield. Water and Soil Research Institute. (In Persian).
- Khajepor, M.R. 2004. Industrial plants. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. 564 pp. (In Persian).

- Khaldbarin, B., and T. Eslam-Zadeh, 2001. Mineral nutrition of plants. Volume 1, Shiraz University Publications. (In Persian).
- Malakoti, M.J., and M.M. Tehrani, 2005. The role of micronutrients in yield increasing and quantity improving of plant crops, tiny nutrients with high effect. Tarbiat Modares University Publications, 292.pp. (In Persian).
- Mohmadyan, M., and B. Tahmaseb por. 2010. Study effect microelement fertilizations in increased yield potato cultivar Agria. Fifth National Conference on New Ideas in Agriculture. 1-10. (In Persian).
- Motalby Fard, R., N.A. Najafy, S.H. Ovstan, R. Nishabori, and M. Valizade, 2014. Effect moisture soil, phosphor and Zine in trait growth potao in greenhouse. *Iranian Water and Soil Rresearch.* 45(1): 75-89. (In Persian).
- Pinto, A., M. Mota, and A. Varennes. 2005. Influence of organic matter on the uptake of zinc, copper and iron by sorghum plants. *Science Total Environment* 326: 239-247
- Prasad, B., and S. M. Umra. 1990. Effect of rice based six multiple cropping sequences under two cycles of crop rotations on yield and fertility status of soil. *Plant and Soil.* 127: 251-258.
- Rout, G., and R.P. Das. 2003. Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc. *Agronomie*. 23: 3–11
- Scheiner, J.D., F.H. Gutierrez-Boem, and R.S. Lavado. 2002. Sunflower nitrogen requirement and 15N fertilizer recovery in Western Pampas, Argentina. *European Journal of Agronomy.* 17: 73-79.
- Shahoy, S. 2006. Fate and perched soil properties. University Kurdistan Press. 880 pp (In Persian).
- Sheikhi-Hesar, H., M. Zaeifi-Zadeh, F. Goliof, and F. Peyghami. 2001. Effect of foliar of micronutrients fertilizers on potato yield in Ardabil region. Articles Abstracts of 5th Iranian Crop Sci Congress, pp: 298. (In Persian).
- Shiemshi, D. 2007. Leaf chlorosis and stomatal aperture. *New Phytol*. 166: 455-461.
- Yruela, I., M. Alfonso, M. Baron, and R. Picorel. 2000. Copper effect on the protein composition of photosystem II. *Physiologia Plantarum.* 110: 551-570.
- Yu, J., S. Hu, J. Wang, and G.K.S. Wong. 2002. A draft sequence of the rice genome (*Oryza sativa* L. ssp. indica). *Science Direct.* 296: 79-92.
- Zaifie zadeh, M., F. Guliyev, F. Peighamei, and H.A. Sheikhei. 1998. Study the combined effects of time and micro-elements foliar application on potato yield. Research Department of Agriculture. Islamic Azad University of Ardabil. 44 pp. (In Persian).
- Zhao, Z.Q., Y.G. Zhu, R. Kneer, and S.E. Smith, 2005. Effect of zinc on cadmium toxicity-induced oxidative stress in winter wheat seedlings. *Journal of Plant Nutrition*. 28: 1947-1959.

The Role of Iron and Zinc on Tuber Yield and Yield Components of Potato

Jam, E.[1], A. Ebadie[2], and G. Parmoon[3*]

Received: January 2013, Accepted: 27 May 2015

Abstract

The soils of potato production fields in Ardabil due to alkalinity and not having a proper crop rotations are deficient in micronutrients. To evaluate the effect of these micronutrients on the yield and some traits affecting potato tubers an experiment was conducted in a complete randomized block design with three replications in Ardabil during 2012. Micronutrient treatments used were the various concentrations of iron and zinc (0.002, 0.004 and 0.008 concentrations of these elements as Fe_1Zn_1, Fe_1Zn_2, Fe_1Zn_3, Fe_2Zn_1, Fe_2Zn_2, Fe_2Zn_3, Fe_3Zn_1 and Fe_3Zn_2) and a control treatment (Fe_0Zn_0). Analysis of variance of traits under study showed statistically significant differences among treatments in terms of tuber yield, number of tubers per plant, tuber size, skin thickness and volumetric weight and dry weight of tubers. The highest tuber yield (48.10 $t.ha^{-1}$) and maximum skin thickness were obtained from Fe_1Zn_3 treatment. The highest tuber number belonged to Fe_2Zn_1 (0.004 and 0.002 concentrations of iron and zinc) and Fe_1Zn_3 (0.002 and 0.008 concentrations of iron and zinc). Tuber weights higher than 35 grams and higest volumetric tuber weight were produced by using Fe_3Zn_2. The conclusion is this that using Fe_1Zn_3 traetment (0.002 and 0.008 concentrations) resulted in highest tuber yield and thickness of tuber skin.

Key words: Iron, Micronutrient elements, Performance, Potatoes, Zinc.

1- MSc. Graduated of Agronomy, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili.
3- PhD Student of Crop Physiology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili.
**** Corresponding Author:*** *ghasem.parmoon@gmail.com*