

## تأثیر روی، منگنز و مس بر عملکرد غده و غلظت فسفر و آهن در برگ و غده سیب زمینی

هاجر عروجی\* و احمد گلچین<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۱۶)

### چکیده

سیب زمینی یکی از مهم‌ترین محصولات غده‌ای است که دستیابی به حداکثر عملکرد در آن علاوه بر استفاده از رقم مناسب، مستلزم وجود مقدار کافی و متعادل عناصر غذایی در خاک است. به منظور مطالعه تأثیر روی، منگنز و مس بر عملکرد و غلظت فسفر و آهن در برگ و غده سیب زمینی رقم آگریا، آزمایشی گلخانه‌ای با ۳۲ تیمار و سه تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه گروه خاک‌شناسی دانشگاه زنجان به اجرا درآمد. فاکتورهای مورد بررسی شامل چهار سطح روی (۱/۱۴، ۱/۱۰، ۵ و ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، چهار سطح منگنز (۱/۴، ۱/۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و دو سطح مس (۰/۲۲ و ۰/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بودند. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح روی، منگنز و مس قابل جذب خاک تا حد معینی، عملکرد سیب زمینی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. کاربرد روی و منگنز سبب کاهش معنی‌دار غلظت فسفر و آهن در برگ و غده سیب زمینی شد. کاربرد مس غلظت آهن برگ را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش داد. بیشترین عملکرد سیب زمینی در تیمار کودی به ترتیب ۱۵، ۱۰ و ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم روی، منگنز و مس بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: سیب زمینی رقم آگریا، فسفر، روی، منگنز، مس و آهن

۱. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hajaroroji@yahoo.com

## مقدمه

مهم بهزروعی در افزایش عملکرد سیبزمینی، مصرف بهینه کود و تغذیه صحیح آن است. متأسفانه در مورد تغذیه مناسب این گیاه که خصوصیات کیفی آن را نیز تحت تأثیر قرار دهد، تحقیقات کاربردی رضایت بخشی صورت نگرفته است، بهمین دلیل عملکرد هکتاری کشور ما در مقایسه با کشورهای دیگر پایین تر است، و خصوصیات کیفی محصول تولیدی با استانداردهای جهانی مطابقت ندارد(۳). با توجه به آهکی بودن بیشتر خاک‌های ایران و پایین بودن قابلیت جذب عناصر کم مصرف در این خاک‌ها، کمبود این عناصر می‌تواند یکی از عوامل محدودکننده رشد و نمو و تولید عملکرد در سیبزمینی باشد(۴). به طور کلی مهم‌ترین اهداف مقاله عبارتند از: ۱. مطالعه تأثیر سطوح مختلف روی، منگنز و مس بر عملکرد و کیفیت سیبزمینی ۲. تعیین حد بهینه عناصر روی، منگنز و مس برای حصول بهترین عملکرد و کیفیت در سیبزمینی رقم آگریا ۳. مطالعه اثر متقابل عناصر روی، منگنز و مس با عناصر فسفر و آهن در سیبزمینی

## مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه تأثیر روی، منگنز و مس بر عملکرد، غلظت فسفر و عناصر کم مصرف در برگ و غده سیبزمینی رقم آگریا، آزمایشی گلخانه‌ای با ۳۲ تیمار و سه تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه گروه خاک‌شناسی دانشگاه زنجان به اجرا درآمد. جهت انجام این تحقیق در سال ۱۳۸۸ از چندین منطقه مختلف در استان زنجان، نمونه خاک به صورت مرکب و از لایه سطحی خاک(۰-۵ سانتی‌متر) تهیه و بعد از تجزیه اولیه نمونه‌ها، منطقه‌ای که از لحاظ عناصر کم مصرف فقیر بود انتخاب گردید و میزان ۲۵۰۰ کیلوگرم خاک از این منطقه تهیه و از الک دو میلی‌متر عبور داده شد (جدول ۱). فاکتورهای مورد بررسی شامل چهار سطح روی( $Zn0 = 1/14$ ،  $Zn1 = 5$ ،  $Zn2 = 10$ ،  $Zn3 = 15$ ) میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، چهار سطح منگنز( $Mn0 = 1/4$ ،  $Mn1 = 5$ ،  $Mn2 = 10$  و  $Mn3 = 20$  میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و دو سطح

سیبزمینی یکی از محصولات کشاورزی پر مصرف در تغذیه انسان است که از بیشترین میزان عملکرد در واحد سطح در بین محصولات زراعی برخوردار می‌باشد به همین دلیل این محصول پتانسیل بالایی برای تأمین مواد غذایی مورد نیاز جمعیت در حال رشد جهان دارد(۲ و ۷). کیمیت و کیفیت محصولات غذایی یکی از فاکتورهای مهمی است که امروزه در اکثر کشورها به آن توجه ویژه‌ای می‌شود. در کشور ایران به دلیل آهکی بودن خاک‌ها، مقدار کم مواد آلی، بالا بودن میزان املاح خاک، عدم مصرف کودهای حاوی عناصر کم مصرف و مصرف بیش از اندازه عناصر پر مصرف از قبیل نیتروژن و فسفر باعث کمبود عناصر کم مصرف و از بین رفتن تعادل عناصر غذایی در خاک شده است(۱۶). روی نقش مهمی در متابولیسم گیاهی دارد. روی در ساختمان آنزیمهای دخالت دارد و هم‌چنین در تولید انرژی و چرخه کربس نیز فعالیت دارد. زمانی که روی قابل استفاده گیاه ناکافی می‌شود بازده محصول کاهش یافته و اغلب به کیفیت محصول آسیب می‌زند. روی در متابولیسم گیاهی نقش کلیدی دارد به طوری که کمبود آن منجر به پیشرفت عالیم ظاهری می‌شود که پاره‌ای از آنها عبارت‌اند از: زرد شدن برگ‌ها و بین رگبرگ‌ها، برزنه شدن برگ‌های کوچک و غیرعادی شدن شکل برگ‌ها. این عالیم به گونه گیاهی بستگی دارد(۴). منگنز از جمله عناصر کم مصرفی است که کمبود آن در خاک‌های زراعی با واکنش بالا و کربنات کلسیم زیاد گزارش شده است.

این عنصر در فعل کردن آنزیمهای مختلفی در گیاه دخالت داشته و در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه، تنفس و فتوستتر نقش مهمی ایفا می‌کند(۱۸). کمبود منگنز باعث کاهش شدید فتوستتر و عملکرد می‌شود(۱۰). مس به عنوان یک عنصر غذایی کم مصرف عمده‌ای در فعالیت‌های آنزیمی و در پروسه‌های اکسایش-کاهش دخالت می‌کند. وجود مس کافی در بافت‌های گیاه باعث مقاومت گیاه به بیماری‌های گیاهی شده و بیماری بوته‌میری در سیبزمینی را کنترل می‌کند(۱۳). یکی از عوامل

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در این آزمایش

Fe	Cu	Mn	Zn	K	P	FC	OC(%)	EC(Ms/m)	pH	SP(%)	بافت خاک
میلی گرم در کیلوگرم خاک											
۵/۸	۰/۲	۱/۴	۱/۱	۲۴۰	۱۹/۲	۲۲	۱/۴	۱/۶	۷/۳	۴۵/۱	لوم

به برداشت غده‌های سیب‌زمینی گردید. پس از به دست آوردن داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای محاسبات آماری و تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزار MSTATC استفاده شد. هم‌چنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطوح یک و پنج درصد استفاده شد.

### نتایج و بحث

عملکرد غده: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده سطوح روی، منگنز و مس و اثرات متقابل آنها بر عملکرد غده سیب‌زمینی معنی دار بود ( $F=0.01$ ) (جدول ۳). بررسی تأثیر سطوح مختلف روی بر عملکرد غده نشان داد که بالاترین عملکرد مربوط به سطح ۱۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک به دست آمد که باعث افزایش عملکرد غده به میزان  $15/69$  درصد نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۵). طی بررسی که بر روی تأثیر کود روی بر عملکرد و خصوصیات کیفی سیب‌زمینی صورت گرفت مشخص گردید که مصرف  $40$  کیلوگرم در هکتار کود سولفات روی برای کشت سیب‌زمینی کافی می‌باشد (۳). هم‌چنین نتایج آزمایش اسدی‌منش و همکاران (۱) نشان داد که استفاده از سولفات‌روی سبب افزایش تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد استولون، تعداد برگ و عملکرد غده سیب‌زمینی می‌شود. بررسی تأثیر سطوح مختلف منگنز بر عملکرد غده نشان داد که بالاترین عملکرد مربوط به سطح  $20$  میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک می‌باشد که باعث افزایش عملکرد به میزان  $7/29$  درصد نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۵). موسوی و همکاران (۱۶) گزارش کردند که محلول پاشی منگنز باعث افزایش غلظت منگنز در برگ و غده و هم‌چنین باعث افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی می‌شود. این

مس ( $0/22 = Cu0$  و  $2 = Cu1$  میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بودند که به صورت  $32$  تیمار مختلف به  $20$  کیلوگرم خاک داخل جعبه‌های چوبی کاشت به طول  $50$ ، عرض و ارتفاع  $30$  سانتی‌متر اضافه گردیدند. جهت اعمال تیمارها، کودهای سولفات‌روی، منگنز و مس مربوط به هر تیمار در سه لیتر آب مقطر حل، سپس محلول کودی به دست آمده به خاک داخل جعبه‌ها اسپری شده و با آن مخلوط گردید. هم‌چنین براساس تجزیه خاک صورت گرفته کمبود سایر عناصر غذایی ضروری با رساندن غلظت آنها به حد بهینه از طریق افزودن کودهای لازم به خاک برطرف شد (جدول ۱).

حد بهینه فسفر  $20-15$  ppm است و چون در خاک ما غلظت فسفر  $19$  ppm بود بنابراین فسفری به خاک اضافه نشد. و غلظت پتاسیم را نیز با افزودن کود سولفات پتاسیم به  $300$  ppm رسانیدیم. و غلظت آهن موجود در خاک  $6$  ppm بود و کود آهنی اضافه نشد و میزان ازت براساس آزمایشات قبلی در منطقه به میزان  $200$  kg در هکتار اضافه شد (حدود  $425$  kg او ره در هکتار) (جدول ۲). بذر سیب‌زمینی رقم آگریا تهیه و در هر جعبه سه عدد بذر سیب‌زمینی در عمق پنج سانتی‌متری از سطح خاک در تاریخ  $25$  خرداد کشت گردید. بعد از کشت، جعبه‌های کاشت آبیاری شدند و میزان آب مصرفی در هر دور آبیاری به اندازه‌ای بود که رطوبت خاک را به حد ظرفیت مزرعه برساند. جهت اندازه‌گیری مقدار فسفر و عناصر کم مصرف برگ سیب‌زمینی در زمان گل‌دهی بوته‌ها، برگ‌های سوم و چهارم ساقه اصلی انتخاب و نمونه برداری گردید. اندازه‌گیری فسفر در گیاه به روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات و اناندات) و اندازه‌گیری عناصر میکرو با استفاده از دستگاه طیف جذب اتمی انجام شد. در  $10$  آبان ماه  $1388$  اقدام

جدول ۲. میزان عناصر پرمصرف و کمصرف در برگ سیب زمینی

عناصر غذایی	کم	مطلوب	زياد	میزان
ازت	۳/۵-۴/۵	۴/۵-۶	> ۶	
فسفر	۰/۲۲-۰/۲۸	۰/۲۹-۰/۵	> ۶	
پتاس	۸/۵-۹/۳	۹/۳-۱۱/۵	> ۱۱/۵	
کلسیم	۰/۶۵-۰/۷۵	۰/۷۶-۱	> ۱	گرم در صد گرم ماده خشک
منیزیم	۰/۷-۰/۹۹	۱-۱/۲	> ۱/۲	
مس	۵-۶	۷-۲۰	> ۲	
آهن	۴۰-۴۹	۵۰-۱۰۰	> ۱۰۰	میلی گرم در کیلو گرم ماده
منگنز	۲۰-۲۹	۳۰-۲۵۰	> ۲۵۰	(ppm) خشک
روی	۳۵-۴۴	۴۵-۲۵۰	> ۲۵۰	

جدول ۳. میانگین مربعات اثر روی، منگنز و مس بر عملکرد، مقدار فسفر و عناصر کمصرف کاتیونی در غله سیب زمینی

مقادیر میانگین مربعات (MS) برای صفات مورد بررسی							منع تغییرات	درجه آزادی
آهن	مس	منگنز	روی	فسفر	عملکرد غده (تن در هکتار)			
۱۰/۹**	۹/۹**	۸۴/۴**	۶۸۰۹/۶**	۰/۰۱۹**	۴۲/۶**	۳	Zn	
۰/۴**	۰/۶**	۵/۹**	۳۵۵/۴**	۰/۰۰۱**	۱۰/۴**	۳	Mn	
۰/۰۴**	۰/۰۲**	۰/۰۰۰۱*	۴/۲*	۰/۰۰۰۱ns	۱/۵**	۹	Zn×Mn	
۰/۰۰۱ns	۰/۰۶**	۰/۷۹۸**	۱۰۱/۲**	۰/۰۰۰۱ns	۳/۴**	۱	Cu	
۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۱ns	۴ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۶**	۳	Zn×Cu	
۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۰۵ns	۰/۰۰۱ns	۲/۳ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۹**	۳	Mn×Cu	
۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۱ns	۱/۹ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۸**	۹	Zn×Mn×Cu	
۰/۰۱۶	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰۱	۲/۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵	۶۴	خطا	
۲/۲	۱/۹	۱/۱	۲/۶	۱/۵	۱/۳	-	CV	

درصد نسبت به تیمار شاهد گردید(جدول ۵). بررسی اثر متقابل روى و مس بر عملکرد غده نشان داد که بالاترین عملکرد غده از سطح ۱۵ میلی گرم روی و دو میلی گرم مس در کیلو گرم خاک به دست آمد(جدول ۶). نتایج به دست آمده نشان می دهد که تعادل عناصر غذایی در خاک و گیاه یکی از عوامل مهم و مؤثر در کمیت و کیفیت محصول می باشد(۱۱). مطالعه اثر متقابل منگنز نتایج با نتایج کورت رفو و همکاران(۶)، موندال و همکاران و مورت ودت و همکاران(۱۴ و ۱۵) در ارتباط با تأثیر سولفات منگنز بر عملکرد و کیفیت سیب زمینی مطابقت دارد. بررسی تأثیر سطوح مختلف مس بر عملکرد غده نشان می دهد که بالاترین عملکرد غده مربوط به سطح ۲ میلی گرم مس در کیلو گرم خاک می باشد که باعث افزایش عملکرد به میزان ۱/۷۹

جدول ۴. میانگین مربعات اثر روی، منگنز و مس بر مقدار فسفر و عناصر کم مصرف کاتیونی در برگ سیب زمینی

مقادیر میانگین مربعات (MS) برای صفات مورد بررسی						منبع تغییرات
آهن	مس	منگنز	روی	فسفر	درجه آزادی	
۴۶۷۰ **	۱۴۴**	۱۸۲۷۵**	۱۶۹۰۷**	۰/۰۱۷**	۳	Zn
۷/۸**	۷/۰۴**	۷۷۴/۹**	۷۰۸**	۰/۰۰۱**	۳	Mn
۱/۹**	۰/۱**	۱۲/۶**	۲۷/۴**	۰/۰۰۰۱ns	۹	Zn×Mn
۰/۳**	۰/۹**	۱۲۷/۶**	۱۱۹**	۰/۰۰۰۱*	۱	Cu
۰/۰۰۳**	۰/۱*	۱/۶**	۳/۱**	۰/۰۰۰۱ns	۳	ZnxCu
۰/۰۰۱ns	۰/۱ns	۱/۳**	۳/۱**	۰/۰۰۰۱ns	۳	MnxCu
۰/۰۰۰۴**	۰/۱ns	۲/۲**	۱/۲**	۰/۰۰۰۱ns	۹	Zn×MnxCu
۰/۰۰۰۱	۰/۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۶۴	خطا
۰/۹	۲/۵	۰/۴	۰/۸	۱/۴	-	ضریب تغییرات

ns اختلاف معنی دار نیست \*\* و \* : به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد معنی دار می باشند.

جدول ۵. مقایسه میانگین های اثر سطوح مختلف روی، منگنز و مس بر مقدار فسفر و عناصر کم مصرف کاتیونی در غده و برگ سیب زمینی

عملکرد غده							تیمار					
آهن	مس	منگنز	روی	فسفر	آهن	مس	منگنز	روی	فسفر	عملکرد	غده	تیمار
برگ												
۱۵۵/۸ <sup>a</sup>	۱۱/۲ <sup>a</sup>	۱۶۲/۶ <sup>a</sup>	۴۷/۹ <sup>d</sup>	۰/۴ <sup>a</sup>	۵۲/۲ <sup>a</sup>	۶/۳ <sup>a</sup>	۲۸/۲ <sup>a</sup>	۳۵/۳ <sup>d</sup>	۰/۱ <sup>a</sup>	۱۸/۹ <sup>d</sup>	Zn0	
۱۳۰/۵ <sup>b</sup>	۹/۱ <sup>b</sup>	۱۵۰/۵ <sup>b</sup>	۶۰/۸ <sup>c</sup>	۰/۴ <sup>b</sup>	۵۱/۷ <sup>b</sup>	۰/۸ <sup>b</sup>	۲۶/۷ <sup>b</sup>	۴۷/۶ <sup>c</sup>	۰/۱ <sup>b</sup>	۲۱/۱ <sup>c</sup>	Zn1	
۱۲۷/۸ <sup>c</sup>	۷/۱ <sup>c</sup>	۱۲۴/۹ <sup>c</sup>	۸۸/۱ <sup>b</sup>	۰/۳ <sup>c</sup>	۵۱/۱ <sup>c</sup>	۰/۳ <sup>c</sup>	۲۵/۲ <sup>c</sup>	۶۰/۸ <sup>b</sup>	۰/۱ <sup>c</sup>	۲۱/۵ <sup>b</sup>	Zn2	
۱۲۶/۲ <sup>d</sup>	۵/۶ <sup>d</sup>	۱۰۰/۶ <sup>d</sup>	۱۰۶/۸ <sup>a</sup>	۰/۳ <sup>d</sup>	۵۰/۶ <sup>d</sup>	۴/۸ <sup>d</sup>	۲۳/۸ <sup>d</sup>	۷۴/۳ <sup>a</sup>	۰/۲ <sup>d</sup>	۲۱/۸ <sup>a</sup>	Zn3	
Mn												
۱۳۵/۸ <sup>a</sup>	۹ <sup>a</sup>	۱۲۸/۱ <sup>d</sup>	۸۲/۱ <sup>a</sup>	۰/۴ <sup>a</sup>	۵۱/۵ <sup>a</sup>	۰/۸ <sup>a</sup>	۲۵/۴ <sup>d</sup>	۵۸/۹ <sup>a</sup>	۰/۱ <sup>a</sup>	۱۹/۹ <sup>d</sup>	Mn0	
۱۳۵/۱ <sup>b</sup>	۸/۳ <sup>b</sup>	۱۳۲/۹ <sup>c</sup>	۷۸/۳ <sup>b</sup>	۰/۳ <sup>ab</sup>	۵۱/۴ <sup>b</sup>	۰/۶ <sup>b</sup>	۲۵/۸ <sup>c</sup>	۵۶/۲ <sup>b</sup>	۰/۱ <sup>a</sup>	۲۰/۸ <sup>c</sup>	Mn1	
۱۳۴/۸ <sup>c</sup>	۸/۱ <sup>c</sup>	۱۳۶/۲ <sup>b</sup>	۷۳/۴ <sup>c</sup>	۰/۳ <sup>bc</sup>	۵۱/۳ <sup>b</sup>	۰/۵ <sup>c</sup>	۲۶/۲ <sup>b</sup>	۵۲/۹ <sup>c</sup>	۰/۱ <sup>b</sup>	۲۱/۲ <sup>b</sup>	Mn2	
۱۳۴/۵ <sup>d</sup>	۷/۷ <sup>d</sup>	۱۴۱/۶ <sup>a</sup>	۶۹/۸ <sup>d</sup>	۰/۳ <sup>c</sup>	۵۱/۲ <sup>c</sup>	۰/۴ <sup>d</sup>	۲۶/۵ <sup>a</sup>	۵۰/۱ <sup>d</sup>	۰/۱ <sup>c</sup>	۲۱/۳ <sup>a</sup>	Mn3	
Cu												
۱۳۵/۱ <sup>a</sup>	۸/۲ <sup>b</sup>	۱۳۵/۸ <sup>a</sup>	۷۷ <sup>a</sup>	۰/۴ <sup>a</sup>	۵۱/۴ <sup>a</sup>	۰/۵ <sup>b</sup>	۲۶/۱ <sup>a</sup>	۵۵/۵ <sup>a</sup>	۰/۱ <sup>a</sup>	۲۰/۶ <sup>b</sup>	Cu0	
۱۳۵ <sup>b</sup>	۸/۴ <sup>a</sup>	۱۳۳/۵ <sup>b</sup>	۷۴/۸ <sup>b</sup>	۰/۴ <sup>a</sup>	۵۱/۴ <sup>a</sup>	۰/۶ <sup>a</sup>	۲۵/۹ <sup>b</sup>	۵۳/۵ <sup>b</sup>	۰/۱ <sup>a</sup>	۲۱ <sup>a</sup>	Cu1	

با ۱۵ میلی گرم روی و مقادیر ۲۰ و ۱۰ میلی گرم منگنز کیلوگرم خاک ۳۰/۴۵ درصد افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد دارند(جدول ۸). نتایج موسوی و همکاران (۱۶) نشان داد که با کاربرد تؤام روی و منگنز عملکرد سیب زمینی به طور

و مس بر عملکرد غده نشان داد که تیمار با ۲۰ میلی گرم منگنز و ۲ میلی گرم مس در کیلوگرم خاک ۱۰/۳۰ درصد افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد دارند نسبت به تیمار شاهد داشت(جدول ۷). نتایج حاصل از اثر متقابل روی و منگنز بر عملکرد غده نشان داد که تیمارهای

جدول ۶. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح روی و مس بر عملکرد و مقدار عناصر کم‌صرف کاتیونی برگ سیب‌زمینی

آهن	مس	منگنز	صفات مورد بررسی		عملکرد(تن در هکتار)	تیمار
			میلی‌گرم در کیلوگرم	روی		
۱۵۵/۹ <sup>a</sup>	۱۱/۱ <sup>b</sup>	۱۶۳/۴ <sup>a</sup>	۴۸/۶ <sup>g</sup>	۱۸/۴ <sup>h</sup>	Zn0xCu0	
۱۵۵/۸ <sup>b</sup>	۱۱/۴ <sup>a</sup>	۱۶۱/۸ <sup>b</sup>	۴۷/۲ <sup>h</sup>	۱۹/۳ <sup>g</sup>	Zn0xCu1	
۱۳۰/۶ <sup>c</sup>	۹ <sup>d</sup>	۱۵۱/۹ <sup>c</sup>	۶۲/۲ <sup>e</sup>	۲۱ <sup>f</sup>	Zn1xCu0	
۱۳۰/۴ <sup>d</sup>	۹/۳ <sup>c</sup>	۱۴۹/۱ <sup>d</sup>	۵۹/۵ <sup>f</sup>	۲۱/۲ <sup>e</sup>	Zn1xCu1	
۱۲۷/۸ <sup>e</sup>	۷/۱ <sup>e</sup>	۱۲۶ <sup>e</sup>	۸۹/۶ <sup>c</sup>	۲۱/۴ <sup>d</sup>	Zn2xCu0	
۱۲۷/۷ <sup>f</sup>	۷/۱ <sup>e</sup>	۱۲۳/۸ <sup>f</sup>	۸۶/۸ <sup>d</sup>	۲۱/۵ <sup>c</sup>	Zn2xCu1	
۱۲۶/۲ <sup>g</sup>	۵/۵ <sup>f</sup>	۱۰۱/۹ <sup>g</sup>	۱۰۷/۸ <sup>a</sup>	۲۱/۷ <sup>b</sup>	Zn3xCu0	
۱۲۶/۱ <sup>h</sup>	۵/۶ <sup>f</sup>	۹۹/۳ <sup>h</sup>	۱۰۵/۸ <sup>b</sup>	۲۲ <sup>a</sup>	Zn3xCu1	

در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل داری یک حرف مشترک می‌باشند معنی دار نیست.

جدول ۷. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح منگنز و مس بر عملکرد و مقدار روی و منگنز در برگ سیب‌زمینی

منگنز	روی	صفات مورد بررسی		عملکرد(تن در هکتار)	تیمار
		میلی‌گرم در کیلوگرم	عملکرد(تن در هکتار)		
۱۲۹/۲ <sup>g</sup>	۸۳/۶ <sup>a</sup>	۱۹/۴ <sup>h</sup>	Mn0xCu0		
۱۲۶/۹ <sup>h</sup>	۸۰/۸ <sup>b</sup>	۲۰/۴ <sup>g</sup>	Mn0xCu1		
۱۳۴/۳ <sup>e</sup>	۷۹/۴ <sup>c</sup>	۲۰/۷ <sup>f</sup>	Mn1xCu0		
۱۳۱/۴ <sup>f</sup>	۷۷/۲ <sup>d</sup>	۲۰/۹ <sup>e</sup>	Mn1xCu1		
۱۳۷ <sup>c</sup>	۷۴/۹ <sup>e</sup>	۲۱/۱ <sup>d</sup>	Mn2xCu0		
۱۳۵/۳ <sup>d</sup>	۷۲ <sup>f</sup>	۲۱/۳ <sup>b</sup>	Mn2xCu1		
۱۴۲/۸ <sup>a</sup>	۷۰/۴ <sup>g</sup>	۲۱/۳ <sup>c</sup>	Mn3xCu0		
۱۴۰/۴ <sup>b</sup>	۶۹/۲ <sup>h</sup>	۲۱/۴ <sup>a</sup>	Mn3xCu1		

در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل داری یک حرف مشترک هستند معنی دار نیست.

کودهای حاوی روی، منگنز، آهن و مس عملکرد سیب‌زمینی را افزایش می‌دهد<sup>(۶)</sup>. مونداو و همکاران و مورت ودت و همکاران<sup>(۱۴) و (۱۵)</sup> براساس آزمایش‌های مزرعه‌ای اظهار کردند که عملکرد غده سیب‌زمینی هم‌ستگی معنی دار و مثبتی با میزان کربن آلی، ازت، فسفر، پتاسیم، روی، مس و منگنز

معنی داری افزایش پیدا کرد. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح روی، منگنز و مس بر عملکرد غده نشان می‌دهد که بالاترین عملکرد غده، از سطح ۱۵ میلی‌گرم روی، ۱۰ میلی‌گرم منگنز و دو میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک به دست آمد. مطالعات صورت گرفته در داکوتای شمالی نشان می‌دهد که کاربرد

جدول ۸ مقایسه میانگین اثر متقابل روی و منگنز بر عملکرد و مقدار عناصر کم مصرف کاتیونی برگ و غده سیب زمینی

تیمار	عملکرد	روی	منگنز	مس	آهن	صفات مورد بررسی					
						برگ	آهن	مس	منگنز	روی	
							غده				
1۵۶/۲ <sup>a</sup>	۱۲ <sup>a</sup>	۱۵۷/۵ <sup>d</sup>	۵۰/۸ <sup>m</sup>	۵۲/۲ <sup>a</sup>	۶/۴ <sup>a</sup>	۲۷/۶ <sup>d</sup>	۳۸ <sup>m</sup>	۱۶/۹ <sup>۱</sup>	Zn0Mn0		
۱۵۵/۹ <sup>b</sup>	۱۱/۴ <sup>b</sup>	۱۶۱/۳ <sup>c</sup>	۴۹/۲ <sup>n</sup>	۵۲/۲ <sup>ab</sup>	۶/۳ <sup>b</sup>	۲۸ <sup>c</sup>	۳۷/۴ <sup>m</sup>	۱۹/۲ <sup>k</sup>	Zn0Mn1		
۱۵۵/۷ <sup>c</sup>	۱۱ <sup>c</sup>	۱۶۳ <sup>b</sup>	۴۶/۶ <sup>o</sup>	۵۲/۱ <sup>b</sup>	۶/۲ <sup>b</sup>	۲۸/۴ <sup>b</sup>	۳۴/۴ <sup>n</sup>	۱۹/۶ <sup>j</sup>	Zn0Mn2		
۱۵۵/۴ <sup>d</sup>	۱۰/۵ <sup>d</sup>	۱۶۸/۵ <sup>a</sup>	۴۴/۹ <sup>p</sup>	۵۲/۱ <sup>b</sup>	۶/۲ <sup>bc</sup>	۲۸/۸ <sup>a</sup>	۳۱/۴ <sup>o</sup>	۱۹/۸ <sup>i</sup>	Zn0Mn3		
۱۳۲/۶ <sup>e</sup>	۹/۹ <sup>e</sup>	۱۴۲/۵ <sup>h</sup>	۶۸/۵ <sup>i</sup>	۵۱/۸ <sup>c</sup>	۶/۱ <sup>c</sup>	۲۶/۲ <sup>h</sup>	۵۲/۲ <sup>i</sup>	۲۰/۴ <sup>h</sup>	Zn1Mn0		
۱۳۰/۱ <sup>f</sup>	۹/۱ <sup>f</sup>	۱۴۹/۶ <sup>g</sup>	۶۳ <sup>j</sup>	۵۱/۷ <sup>cd</sup>	۵/۸ <sup>d</sup>	۲۶/۶ <sup>g</sup>	۴۵ <sup>j</sup>	۲۱ <sup>f</sup>	Zn1Mn1		
۱۲۹/۸ <sup>g</sup>	۸/۹ <sup>g</sup>	۱۵۴ <sup>f</sup>	۵۸/۲ <sup>k</sup>	۵۱/۷ <sup>cd</sup>	۵/۸ <sup>d</sup>	۲۶/۹ <sup>f</sup>	۴۵/۶ <sup>k</sup>	۲۱/۴ <sup>e</sup>	Zn1Mn2		
۱۲۹/۴ <sup>h</sup>	۸/۴ <sup>h</sup>	۱۵۶/۱ <sup>e</sup>	۵۳/۸ <sup>l</sup>	۵۱/۶ <sup>d</sup>	۵/۷ <sup>e</sup>	۲۷/۳ <sup>e</sup>	۴۳/۷ <sup>l</sup>	۲۱/۶ <sup>d</sup>	Zn1Mn3		
۱۲۸/۱ <sup>i</sup>	۷/۷ <sup>i</sup>	۱۱۷/۷ <sup>l</sup>	۹۶/۷ <sup>e</sup>	۵۱/۳ <sup>e</sup>	۵/۶ <sup>f</sup>	۲۴/۷ <sup>l</sup>	۶۵/۹ <sup>e</sup>	۲۰/۷ <sup>g</sup>	Zn2Mn0		
۱۲۷/۹ <sup>j</sup>	۶/۹ <sup>jk</sup>	۱۲۲/۶ <sup>k</sup>	۹۱/۶ <sup>f</sup>	۵۱/۲ <sup>f</sup>	۵/۴ <sup>g</sup>	۲۵/۱ <sup>k</sup>	۶۲/۵ <sup>f</sup>	۲۱/۴ <sup>e</sup>	Zn2Mn1		
۱۲۷/۷ <sup>k</sup>	۷ <sup>j</sup>	۱۲۵/۹ <sup>j</sup>	۸۵ <sup>g</sup>	۵۱ <sup>g</sup>	۵/۳ <sup>g</sup>	۲۵/۵ <sup>j</sup>	۵۹/۲ <sup>g</sup>	۲۱/۸ <sup>b</sup>	Zn2Mn2		
۱۲۷/۳ <sup>l</sup>	۶/۸ <sup>k</sup>	۱۳۳/۵ <sup>i</sup>	۷۹/۴ <sup>h</sup>	۵۰/۸ <sup>h</sup>	۵/۲ <sup>h</sup>	۲۵/۹ <sup>i</sup>	۵۵/۸ <sup>h</sup>	۲۲ <sup>a</sup>	Zn2Mn3		
۱۲۶/۵ <sup>m</sup>	۶/۶ <sup>l</sup>	۹۴/۶ <sup>p</sup>	۱۱۲/۸ <sup>a</sup>	۵۰/۸ <sup>hi</sup>	۵ <sup>i</sup>	۲۳/۳ <sup>p</sup>	۷۹/۴ <sup>a</sup>	۲۱/۶ <sup>d</sup>	Zn3Mn0		
۱۲۶/۳ <sup>n</sup>	۵/۸ <sup>m</sup>	۹۷/۹ <sup>o</sup>	۱۰۹/۳ <sup>b</sup>	۵۰/۷ <sup>i</sup>	۴/۹ <sup>i</sup>	۲۳/۶ <sup>o</sup>	۷۶/۱ <sup>b</sup>	۲۱/۷ <sup>c</sup>	Zn3Mn1		
۱۲۶/۱ <sup>o</sup>	۵/۲ <sup>n</sup>	۱۰۱/۸ <sup>n</sup>	۱۰۳/۹ <sup>c</sup>	۵۰/۶ <sup>i</sup>	۴/۸ <sup>j</sup>	۲۴ <sup>n</sup>	۷۷/۷ <sup>c</sup>	۲۲ <sup>a</sup>	Zn3Mn2		
۱۲۵/۸ <sup>p</sup>	۵/۱ <sup>n</sup>	۱۰۸/۲ <sup>m</sup>	۱۰۱ <sup>d</sup>	۵۰/۳ <sup>j</sup>	۴/۵ <sup>k</sup>	۲۴/۴ <sup>m</sup>	۶۹/۴ <sup>d</sup>	۲۲ <sup>a</sup>	Zn3Mn3		

در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل داری یک حرف مشترک می‌باشد معنی دار نیست.

ناهمسازی با یکدیگر هستند<sup>(۳)</sup>. مطالعات مختلف نشان داد است که در بسیاری از گیاهان زراعی مانند سیب زمینی و ذرت پیوند یون فسفات و روی و تشکیل فسفات روی علاوه بر ریشه در ساقه و گره‌ها نیز رخ می‌دهد<sup>(۱۲)</sup>. نتایج به دست آمده در این تحقیق با نتایج حاصل از مطالعات دانشمندان بسیاری از جمله گیل و همکاران<sup>(۹)</sup> و هاپکینز و السورس<sup>(۱۱)</sup> مطابقت دارد. نتایج اثر سطوح مختلف مس بر مقدار فسفر برگ سیب زمینی نشان داد که کاربرد مس بر مقدار این عنصر تأثیر معنی داری ندارد و مقدار این عنصر در برگ در حد کفایت بود(جدول ۵). بین منگنز و مس با فسفر اثر متقابل منفی وجود دارد<sup>(۳)</sup>. افزایش غلظت فسفر در خاک باعث کاهش حلالیت منگنز و مس و حجم میکوریز ریشه شده که این امر باعث

خاک داشت. ولی هم‌ستگی بین عملکرد غده سیب زمینی با فسفر شدیدتر بود.

#### فسفر برگ و غده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده روی و منگنز در سطح یک درصد و اثر ساده مس در سطح پنج درصد بر مقدار فسفر برگ معنی دار است ولی هیچ کدام از اثرات متقابل آنها بر مقدار فسفر برگ معنی دار نمی‌باشند(جدول ۴). نتایج تأثیر سطوح مختلف روی و منگنز بر مقدار فسفر برگ نشان داد که افزایش سطوح روی و منگنز باعث کاهش بهتر ترتیب ۱۵/۷۹ و ۵/۵۵ درصدی مقدار فسفر برگ نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۵). دو عنصر روی و فسفر دارای واکنش

مس در کیلوگرم خاک بود که نشان‌دهنده کاهش غلظت آهن برگ با افزایش سطوح روی و مس مصرفی می‌باشد (جدول ۶). نتایج جدول ۸ اثر متقابل روی و منگنز مصرفی را بر غلظت آهن برگ سیب‌زمینی نشان می‌دهد. بالاترین غلظت آهن برگ از تیمار شاهد و کمترین غلظت آهن برگ از تیمار حاوی ۱۵ میلی‌گرم روی و ۲۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک به دست آمد. همچنین غلظت آهن برگ با افزایش سطوح روی و منگنز مصرفی کاهش یافت.

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل روی، منگنز و مس مصرفی بر غلظت آهن برگ سیب‌زمینی نشان داد که بالاترین غلظت آهن برگ از تیمار شاهد و کمترین غلظت آهن برگ از تیمار حاوی ۱۵ میلی‌گرم روی، ۲۰ میلی‌گرم منگنز و ۲ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار حاوی ۱۵ میلی‌گرم روی، ۲۰ میلی‌گرم منگنز و شاهد مس نداشت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر روی و منگنز بر غلظت آهن غده در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی تأثیر مس بر غلظت آهن غده معنی‌دار نشد. از بین اثر متقابل تیمارها فقط اثر متقابل روی و منگنز در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). افزایش سطوح روی و منگنز باعث کاهش غلظت آهن غده به ترتیب به میزان ۲/۹۹ و ۰/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۵). در سطوح بالای روی، این عنصر جایگزین سایر عناصر کم‌صرف از جمله آهن، در کمپلکس انتقال‌دهنده می‌شود (۱۷). مهم‌ترین اثر متقابل تغذیه‌ای منگنز، رقابت آن با آهن است که این رقابت بیشتر در جذب توسط ریشه اتفاق می‌افتد. در گیاهانی که نسبت به کمبود آهن واکنش نشان می‌دهند و با ترشح یون  $H^+$  موجب اسیدی شدن محیط ریشه می‌شوند کارایی جذب و انتقال منگنز نیز افزایش می‌یابد (۳). جدول ۸ اثر متقابل روی و منگنز مصرفی بر غلظت آهن غده به میزان ۵۲/۲۵ میلی‌گرم نشان می‌دهد. بالاترین غلظت آهن غده به میزان ۵۰/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم از سطح ۲۰ میلی‌گرم برگ به میزان

کاهش جذب یون‌های دیگر به خصوص عناصر کم‌صرف می‌گردد (۱۲). نتایج به دست آمده در این بررسی با نتایج حاصل از تحقیق هاپکینز و السورس (۱۱) مطابقت دارد. همچنین دانشمندانی مثل فاگربا (۸) در ارتباط با اثر متقابل منفی بین منگنز و فسفر، روی و فسفر نتایج مشابهی گزارش کرده‌اند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فقط اثرات ساده روی و منگنز بر مقدار فسفر غده معنی‌دار بود (جدول ۳). افزایش سطوح روی و منگنز باعث کاهش به ترتیب ۱۸/۰۵ و ۴/۷۲ درصدی مقدار فسفر غده نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۴). همان‌طور که ملاحظه می‌شود یک رابطه ناهم‌سازی شدید بین فسفر و روی در گیاه سیب‌زمینی وجود دارد (۱۱).

### آهن برگ و غده

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر روی، منگنز و مس بر غلظت آهن برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. از بین اثرات متقابل تیمارها به جز اثر متقابل منگنز و مس، بقیه آنها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج نشان می‌دهند که مصرف کودهای حاوی عناصر کم‌صرف روی، منگنز و مس باعث افزایش غلظت آنها در برگ و غده سیب‌زمینی می‌شود ولی غلظت آهن را به دلیل خاصیت ناهم‌سازی کاهش می‌دهند. افزایش سطوح روی، منگنز و مس باعث کاهش معنی‌دار غلظت آهن برگ به ترتیب به میزان ۱۸/۹۹، ۰/۹۵۷ و ۰/۰۷ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۵). بین آهن و عناصر کم‌صرف کاتیونی دیگر از جمله منگنز به علت خصوصیات شیمیایی مشابه یک رابطه ناهم‌سازی وجود دارد و این کاتیون‌ها برای مکان‌های جذبی و انتقالی در سطح ریشه یا در داخل بافت گیاهی با یکدیگر روابط می‌کنند (۸). بررسی اثر متقابل روی و مس بر غلظت آهن برگ نشان می‌دهد که بالاترین غلظت آهن برگ از تیمار شاهد به دست آمد و کمترین غلظت آهن برگ متعلق به تیمار حاوی سطح ۱۵ میلی‌گرم روی و ۲ میلی‌گرم

به دست آمد. نتایج این تحقیق بیانگر وجود روابط ناهمسازی بین فسفر و عناصر کم مصرف کاتیونی از جمله روی و منگنز می‌باشد. اثر ناهمسازی بین مس و فسفر چندان قوی نیست. مصرف کودهای حاوی عناصر کم مصرف روی، منگنز و مس باعث افزایش غلظت آنها در برگ و غده سبب زمینی می‌شود ولی غلظت آهن را کاهش می‌دهد.

و ۱۵ میلی گرم روی در کیلوگرم خاک به دست آمد. بررسی تجزیه برگی با جداول استاندارد حد کفایت غلظت عناصر در برگ سبب زمینی نشان داد که تمام مقادیر اندازه‌گیری شده برگ سبب زمینی، در محدوده کفایت قرار دارند (جدول ۲).

### نتیجه‌گیری

بیشترین عملکرد غده سبب زمینی با مصرف ۱۵ میلی گرم روی، ۱۰ میلی گرم منگنز و دو میلی گرم مس در کیلوگرم خاک

### منابع مورد استفاده

1. اسدی منش، ح.، ع عبادی، ا. تویه و ب. دهدار. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر محلول پاشی سولفات روی بر عملکرد سبب زمینی در اردبیل. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.
2. پوریای ولی، ح. ۱۳۸۸. روشن کاشت، داشت و برداشت سبب زمینی. مرکز نشر جهاد دانشگاهی اصفهان.
3. ملکوتی، م. ج. و م. م. طهرانی. ۱۳۸۴. نقش ریز مغذی‌ها در عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
4. Alloway, B.J. 2004. Zinc in Soils and Crop nutrition. International Zinc Association, Belgium.
5. Boawn, L.C. and G.E. Leggett. 2002. Phosphorus and zinc concentrations in Russet Burbank potato tissues in relation to development of zinc deficiency symptoms. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 28: 229-232.
6. Corrufo, C., D.C. Nelson and E.P. Lana. 2008. Effect of micronutrient on yield, tuber-set and specific gravity of potatoes grown in North Dak. *Amer. J. Potato Res.* 10: 88-95.
7. Faberio, C., F. Martin and J.A. de Juan. 2001. Yield and size of deficit irrigated potatoes. *Agric. Water Manage.* 48: 255-266.
8. Fageria, N.K. 2002. Influence of micronutrients on dry matter yield and interaction with other nutrients in annual crops. *J. Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 37(12).
9. Gill, M.A., S. Kanwal and T. Aziz. 2004. Difference in phosphorus-zinc interaction among sun flower, brassica and maize. *Journal of Pakistan Agric. Sci.* 41(2): 29-34.
10. Heckman, J.R. 2000. Manganese needs of soils and crops in New Jersey. New Jersey Agricultural Experiment Station FS. 973. Available in: [www.rce.rutgers.edu](http://www.rce.rutgers.edu).
11. Hopkins, B. and J. Ellsworth. 2002. Phosphorus nutrition in potato production. *J. Idaho Univ.* 12(4): 75-80.
12. Loneragan, J.F. and M.J. Webb. 1993. Interaction between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. PP: 119-134. In: Robson, A.D. (Ed.), Zinc in Soils and Plants. Kluwer Academic Pub., Dordrecht.
13. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, England.
14. Mondal, T.N., H.S. Mishra and N.P. Singh. 2005. Effect of nutrition and irrigation on soil properties and yield of potato on a mollisoils in Tarai region of Uttarakhand. Department of Soil Science University of Agriculture and Technology. pp: 145-263.
15. Mortvedet, J.J., P.N. Soltanpour, R.T. Zink and R.D. Davidson. 2006. Fertilizing potatoes. *J. Colorado Univ.* 17(6): 28-39.
16. Mousavi, S.R., M. Galavi and G. Ahmadi. 2007. Effect of zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato. *Asian J. Plant Sci.* 6(8): 1256-1260.
17. Neue, H.U., C. Quijano, D. Senadhira and T. Setter. 1998. Strategies for dealing with micronutrient disorders and salinity in lowland rice system. *J. Field Crops Res.* 56: 139-155.
18. Yilmaz, A., H. Ekiz, B. Torun, I. Gottekin, S. Karanlik, S.A. Bagci and I. Cakmak. 1997. Effect of different zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc deficient calcareous soils. *J. Plant Nutr.* 20: 461-471.