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

هاجر عروجی* و احمد گلچین[۱]

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

## چکیده

**سیب‌زمینی 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 سیب‌زمینی رقم آگریا، آزمایشی گلخانه‌ای با ۳۲ تیمار و سه تکرار به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه گروه خاک‌شناسی دانشگاه زنجان به اجرا درآمد. فاکتورهای مورد بررسی شامل چهار سطح روی(۱/۱۴، ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، چهار سطح منگنز(۱/۴، ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و دو سطح مس(۰/۲۲ و ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بودند. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح روی، منگنز و مس قابل جذب خاک تا حد معینی، عملکرد سیب‌زمینی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. کاربرد روی و منگنز سبب کاهش معنی‌دار غلظت فسفر و آهن در برگ و غده سیب‌زمینی شد. کاربرد مس غلظت آهن برگ را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش داد. بیشترین عملکرد سیب‌زمینی در تیمار کودی به‌ترتیب ۱۵، ۱۰ و ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم روی، منگنز و مس به‌دست آمد.**

**واژه‌های کلیدی: سیب‌زمینی رقم آگریا، فسفر، روی، منگنز، مس و آهن**

۱. گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

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



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-20 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.17.4 ]

## مقدمه

سیب‌زمینی یکی از محصولات کشاورزی پرمصرف 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).کمیت 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 کم‌مصرف و مصرف بیش از اندازه عناصر پرمصرف از قبیل نیتروژن و فسفر باعث کمبود عناصر کم‌مصرف و از بین رفتن تعادل عناصر غذایی در خاک شده است (۱۶). روی نقش مهمی در متابولیسم گیاهی دارد. روی در ساختمان آنزیم‌ها دخالت دارد و هم‌چنین در تولید انرژی و چرخهٔ کربس نیز فعالیت دارد. زمانی‌که روی قابل استفادهٔ گیاه ناکافی می‌شود بازده محصول کاهش یافته و اغلب به کیفیت محصول آسیب می زند. روی در متابولیسم گیاهی نقش کلیدی دارد به‌طوری‌که کمبود آن منجر به پیشرفت علایم ظاهری می‌شود که پاره‌ای از آنها عبارت‌اند از: زرد شدن برگ‌ها و بین رگبرگ‌ها، برنزه شدن برگ‌های کوچک و غیرعادی شدن شکل برگ‌ها. این علایم به گونهٔ گیاهی بستگی دارد(۴). منگنز از جمله عناصر کم‌مصرفی است که کمبود آن در خاک‌های زراعی با واکنش بالا و کربنات کلسیم زیاد گزارش شده است.

این عنصر در فعال کردن آنزیم‌های مختلفی در گیاه دخالت داشته و در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه، تنفس و فتوسنتز نقش مهمی ایفا می‌کند(۱۸). کمبود منگنز باعث کاهش شدید فتوسنتز و عملکرد می‌شود(۱۰). مس به عنوان یک عنصر غذایی کم‌مصرف عمدتاً 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 مهم به‌زراعی 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 تحت‌تأثیر قرار دهد، تحقیقات کاربردی رضایت بخشی صورت نگرفته است، به‌همین دلیل عملکرد هکتاری کشور ما در مقایسه با کشورهای دیگر پایین‌تر 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 کم‌مصرف در این خاک‌ها، کمبود این عناصر می‌تواند یکی از عوامل محدودکننده رشد و نمو و تولید عملکرد در سیب‌زمینی باشد(۴). به‌طورکلی 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 کم‌مصرف در برگ و غده سیب‌زمینی رقم آگریا، آزمایشی گلخانه‌ای با ۳۲ تیمار و سه تکرار به‌صورت 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 به‌صورت مرکب و از لایه سطحی خاک(۲۰-۰ سانتی‌متری) تهیه و بعد از تجزیه اولیه نمونه‌ها، منطقه‌ای که از لحاظ عناصر کم‌مصرف 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(۱/۱۴ =Zn0، ۵= Zn1، ۱۰= Zn2 و ۱۵= Zn3 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، چهار سطح منگنز(۱/۴= Mn0، ۵= Mn1، ۱۰= Mn2 و ۲۰= Mn3 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و دو سطح



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-20 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.17.4 ]

**جدول ۱. نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در این آزمایش**

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

مس(۰/۲۲= Cu0 و ۲= Cu1 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بودند که به‌صورت ۳۲ تیمار مختلف به ۲۰ کیلوگرم خاک داخل جعبه‌های چوبی کاشت به طول ۵۰، عرض و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر اضافه گردیدند. جهت اعمال تیمارها، کودهای سولفات روی، منگنز و مس مربوط به هر تیمار در سه لیتر آب مقطر حل، سپس محلول کودی به‌دست 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 ۱۵-۲۰ ppm است و چون در خاک ما غلظت فسفر ۱۹ ppm بود بنابراین فسفری به خاک اضافه نشد. و غلظت پتاسیم را نیز با افزودن کود سولفات پتاسیم به ۳۰۰ ppm رساندیم. و غلظت آهن موجود در خاک ۶ ppm بود و کود آهنی اضافه نشد و میزان ازت براساس آزمایشات قبلی در منطقه به میزان ۲۰۰ kg در هکتار اضافه شد(حدود ۴۲۵ kg اوره 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 ۲۵ 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 کم‌مصرف برگ سیب‌زمینی در زمان گل‌دهی بوته‌ها، برگ‌های سوم و چهارم ساقه اصلی انتخاب و نمونه‌برداری گردید. اندازه‌گیری فسفر در گیاه به روش کالریمتری(رنگ زرد مولیبدات وانادات) و اندازه‌گیری عناصر میکرو با استفاده از دستگاه طیف جذب اتمی انجام شد. در ۱۰ آبان‌ماه ۱۳۸۸ اقدام به برداشت غده‌های سیب‌زمینی گردید. پس از به‌دست 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 معنی‌دار بود(P<۰/۰۱)(جدول ۳). بررسی تأثیر سطوح مختلف روی بر عملکرد غده نشان داد که بالاترین عملکرد مربوط به سطح ۱۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک به‌دست آمد که باعث افزایش عملکرد غده به میزان ۱۵/۶۹ درصد نسبت به تیمار شاهدگردید(جدول ۵). طی بررسی که بر روی تأثیر کود روی بر عملکرد و خصوصیات کیفی سیب‌زمینی صورت گرفت مشخص گردید که مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات روی برای کشت سیب‌زمینی کافی می‌باشد(۳). هم‌چنین نتایج آزمایش اسدی‌منش و همکاران(۱) نشان داد که استفاده از سولفات روی 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 ۲۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک می‌باشد که باعث افزایش عملکرد به میزان ۷/۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید(جدول ۵). موسوی و همکاران(۱۶) گزارش کردند که محلول‌پاشی منگنز باعث افزایش غلظت منگنز در برگ و غده و هم‌چنین باعث افزایش عملکرد غده سیب‌زمینی می‌شود. این



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-20 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.17.4 ]

**جدول ۲. میزان عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در برگ سیب‌زمینی**

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

**جدول ۳. میانگین مربعات اثر روی، منگنز و مس بر عملکرد، مقدار فسفر و عناصر کم‌مصرف کاتیونی در غده سیب‌زمینی**

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

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 سیب‌زمینی مطابقت دارد. بررسی تأثیر سطوح مختلف مس بر عملکرد غده نشان می‌دهد که بالاترین عملکرد غده مربوط به سطح ۲ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک می‌باشد که باعث افزایش عملکرد به میزان ۱/۷۹ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید(جدول ۵). بررسی اثر متقابل روی و مس بر عملکرد غده نشان داد که بالاترین عملکرد غده از سطح ۱۵ میلی‌گرم روی و دو میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک به‌دست آمد(جدول ۶). نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که تعادل عناصر غذایی در خاک و گیاه یکی از عوامل مهم و مؤثر در کمیت و کیفیت محصول می‌باشد(۱۱). مطالعه اثر متقابل منگنز



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-20 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.17.4 ]

**جدول ۴. میانگین مربعات اثر روی، منگنز و مس بر مقدار فسفر و عناصر کم‌مصرف کاتیونی در برگ سیب‌زمینی**

| منبع تغییرات | درجه آزادی | مقادیر میانگین مربعات(MS) برای صفات مورد بررسی | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | فسفر | روی | منگنز | مس | آهن |
| Zn | ۳ | ۰/۰۱۷$^{**}$ | ۱۶۹۰۷$^{**}$ | ۱۸۲۷۵$^{**}$ | ۱۴۴$^{**}$ | ۴۶۷۰$^{**}$ |
| Mn | ۳ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۷۰۸$^{**}$ | ۷۷۴/۹$^{**}$ | ۷/۰۴$^{**}$ | ۷/۸$^{**}$ |
| Zn×Mn | ۹ | ۰/۰۰۰۱$^{ns}$ | ۲۷/۴$^{**}$ | ۱۲/۶$^{**}$ | ۰/۲$^{**}$ | ۱/۹$^{**}$ |
| Cu | ۱ | ۰/۰۰۰۱$^{*}$ | ۱۱۹$^{**}$ | ۱۲۷/۶$^{**}$ | ۰/۹$^{**}$ | ۰/۳$^{**}$ |
| Zn×Cu | ۳ | ۰/۰۰۰۱$^{ns}$ | ۳/۱$^{**}$ | ۱/۶$^{**}$ | ۰/۱$^{*}$ | ۰/۰۰۳$^{**}$ |
| Mn×Cu | ۳ | ۰/۰۰۰۱$^{ns}$ | ۳/۱$^{**}$ | ۱/۳$^{**}$ | ۰/۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۱$^{ns}$ |
| Zn×Mn×Cu | ۹ | ۰/۰۰۰۱$^{ns}$ | ۱/۲$^{**}$ | ۲/۲$^{**}$ | ۰/۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۴$^{**}$ |
| خطا | ۶۴ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۴ | ۰/۰۰۰۱ |
| ضریب تغییرات | – | ۱/۴ | ۰/۸ | ۰/۴ | ۲/۵ | ۰/۹ |

ns: اختلاف معنی‌دار نیست $^{**}$ و $^{*}$: به‌ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد معنی‌دار می‌باشند.

**جدول ۵. مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف روی، منگنز و مس بر مقدار فسفر و عناصر کم‌مصرف کاتیونی در غده و برگ سیب‌زمینی**

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

و مس بر عملکرد غده نشان داد که تیمار با ۲۰ میلی‌گرم منگنز و ۲ میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک ۱۰/۳۰ درصد افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد داشت(جدول ۷). نتایج حاصل از اثر متقابل روی و منگنز بر عملکرد غده نشان داد که تیمارهای با ۱۵ میلی‌گرم روی و مقادیر ۲۰ و ۱۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک ۳۰/۴۵ درصد افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد دارند(جدول۸). نتایج موسوی و همکاران(۱۶) نشان داد که با کاربرد توأم روی و منگنز عملکرد سیب‌زمینی به‌طور



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-20 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.17.4 ]

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

| تیمار | صفات مورد بررسی | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | عملکرد(تن در هکتار) | روی | منگنز | مس | آهن |
| | | میلی‌گرم در کیلوگرم | | | |
| Zn0×Cu0 | ۱۸/۴ h | ۴۸/۶ g | ۱۶۳/۴ a | ۱۱/۱ b | ۱۵۵/۹ a |
| Zn0×Cu1 | ۱۹/۳ g | ۴۷/۲ h | ۱۶۱/۸ b | ۱۱/۴ a | ۱۵۵/۸ b |
| Zn1×Cu0 | ۲۱ f | ۶۲/۲ e | ۱۵۱/۹ c | ۹ d | ۱۳۰/۶ c |
| Zn1×Cu1 | ۲۱/۲ e | ۵۹/۵ f | ۱۴۹/۱ d | ۹/۳ c | ۱۳۰/۴ d |
| Zn2×Cu0 | ۲۱/۴ d | ۸۹/۶ c | ۱۲۶ e | ۷/۱ e | ۱۲۷/۸ e |
| Zn2×Cu1 | ۲۱/۵ c | ۸۶/۸ d | ۱۲۳/۸ f | ۷/۱ e | ۱۲۷/۷ f |
| Zn3×Cu0 | ۲۱/۷ b | ۱۰۷/۸ a | ۱۰۱/۹ g | ۵/۵ f | ۱۲۶/۲ g |
| Zn3×Cu1 | ۲۲ a | ۱۰۵/۸ b | ۹۹/۳ h | ۵/۶ f | ۱۲۶/۱ h |

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

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

| تیمار | صفات مورد بررسی | | |
|---|---|---|---|
| | عملکرد(تن در هکتار) | روی | منگنز |
| | | میلی‌گرم در کیلوگرم | |
| Mn0×Cu0 | ۱۹/۴ h | ۸۳/۶ a | ۱۲۹/۲ g |
| Mn0×Cu1 | ۲۰/۴ g | ۸۰/۸ b | ۱۲۶/۹ h |
| Mn1×Cu0 | ۲۰/۷ f | ۷۹/۴ c | ۱۳۴/۳ e |
| Mn1×Cu1 | ۲۰/۹ e | ۷۷/۲ d | ۱۳۱/۴ f |
| Mn2×Cu0 | ۲۱/۱ d | ۷۴/۹ e | ۱۳۷ c |
| Mn2×Cu1 | ۲۱/۳ b | ۷۲ f | ۱۳۵/۳ d |
| Mn3×Cu0 | ۲۱/۳ c | ۷۰/۴ g | ۱۴۲/۸ a |
| Mn3×Cu1 | ۲۱/۴ a | ۶۹/۲ h | ۱۴۰/۴ b |

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

معنی‌داری 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 به‌دست آمد. مطالعات صورت گرفته در داکوتای شمالی نشان می‌دهد که کاربرد کودهای حاوی روی، منگنز، آهن و مس عملکرد سیب‌زمینی را افزایش می‌دهد(۶). موندال و همکاران و مورت ودت و همکاران( ۱۴ و ۱۵) براساس آزمایش‌های مزرعه‌ای اظهار کردند که عملکرد غده سیب‌زمینی هم‌بستگی معنی‌دار ومثبتی با میزان کربن آلی، ازت، فسفر، پتاسیم، روی، مس و منگنز



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-20 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.17.4 ]

**جدول ۸ مقایسه میانگین اثر متقابل روی و منگنز بر عملکرد و مقدار عناصر کم‌مصرف کاتیونی برگ و غده سیب‌زمینی**

| تیمار | عملکرد | صفات مورد بررسی | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | روی | منگنز | مس | آهن | روی | منگنز | مس | آهن |
| | | غده | | | | برگ | | | |
| Zn0Mn0 | ۱۶/۹$^{l}$ | ۳۸$^{m}$ | ۲۷/۶$^{d}$ | ۶/۴$^{a}$ | ۵۲/۲$^{a}$ | ۵۰/۸$^{m}$ | ۱۵۷/۵$^{d}$ | ۱۲$^{a}$ | ۱۵۶/۲$^{a}$ |
| Zn0Mn1 | ۱۹/۲$^{k}$ | ۳۷/۴$^{m}$ | ۲۸$^{c}$ | ۶/۳$^{b}$ | ۵۲/۲$^{ab}$ | ۴۹/۲$^{n}$ | ۱۶۱/۳$^{c}$ | ۱۱/۴$^{b}$ | ۱۵۵/۹$^{b}$ |
| Zn0Mn2 | ۱۹/۶$^{j}$ | ۳۴/۴$^{n}$ | ۲۸/۴$^{b}$ | ۶/۲$^{b}$ | ۵۲/۱$^{b}$ | ۴۶/۶$^{o}$ | ۱۶۳$^{b}$ | ۱۱$^{c}$ | ۱۵۵/۷$^{c}$ |
| Zn0Mn3 | ۱۹/۸$^{i}$ | ۳۱/۴$^{o}$ | ۲۸/۸$^{a}$ | ۶/۲$^{bc}$ | ۵۲/۱$^{b}$ | ۴۴/۹$^{p}$ | ۱۶۸/۵$^{a}$ | ۱۰/۵$^{d}$ | ۱۵۵/۴$^{d}$ |
| Zn1Mn0 | ۲۰/۴$^{h}$ | ۵۲/۳$^{i}$ | ۲۶/۲$^{h}$ | ۶/۱$^{c}$ | ۵۱/۸$^{c}$ | ۶۸/۵$^{i}$ | ۱۴۲/۵$^{h}$ | ۹/۹$^{e}$ | ۱۳۲/۶$^{e}$ |
| Zn1Mn1 | ۲۱$^{f}$ | ۴۹$^{j}$ | ۲۶/۶$^{g}$ | ۵/۸$^{d}$ | ۵۱/۷$^{cd}$ | ۶۳$^{j}$ | ۱۴۹/۶$^{g}$ | ۹/۳$^{f}$ | ۱۳۰/۱$^{f}$ |
| Zn1Mn2 | ۲۱/۴$^{e}$ | ۴۵/۶$^{k}$ | ۲۶/۹$^{f}$ | ۵/۸$^{d}$ | ۵۱/۷$^{cd}$ | ۵۸/۲$^{k}$ | ۱۵۴$^{f}$ | ۸/۹$^{g}$ | ۱۲۹/۸$^{g}$ |
| Zn1Mn3 | ۲۱/۶$^{d}$ | ۴۳/۷$^{l}$ | ۲۷/۳$^{e}$ | ۵/۷$^{e}$ | ۵۱/۶$^{d}$ | ۵۳/۸$^{l}$ | ۱۵۶/۱$^{e}$ | ۸/۴$^{h}$ | ۱۲۹/۴$^{h}$ |
| Zn2Mn0 | ۲۰/۷$^{g}$ | ۶۵/۹$^{e}$ | ۲۴/۷$^{l}$ | ۵/۶$^{f}$ | ۵۱/۳$^{e}$ | ۹۶/۷$^{e}$ | ۱۱۷/۷$^{l}$ | ۷/۷$^{i}$ | ۱۲۸/۱$^{i}$ |
| Zn2Mn1 | ۲۱/۴$^{e}$ | ۶۲/۵$^{f}$ | ۲۵/۱$^{k}$ | ۵/۴$^{g}$ | ۵۱/۲$^{f}$ | ۹۱/۶$^{f}$ | ۱۲۲/۶$^{k}$ | ۶/۹$^{jk}$ | ۱۲۷/۹$^{j}$ |
| Zn2Mn2 | ۲۱/۸$^{b}$ | ۵۹/۲$^{g}$ | ۲۵/۵$^{j}$ | ۵/۳$^{g}$ | ۵۱$^{g}$ | ۸۵$^{g}$ | ۱۲۵/۹$^{j}$ | ۷$^{j}$ | ۱۲۷/۷$^{k}$ |
| Zn2Mn3 | ۲۲$^{a}$ | ۵۵/۸$^{h}$ | ۲۵/۹$^{i}$ | ۵/۲$^{h}$ | ۵۰/۸$^{h}$ | ۷۹/۴$^{h}$ | ۱۳۳/۵$^{i}$ | ۶/۸$^{k}$ | ۱۲۷/۳$^{l}$ |
| Zn3Mn0 | ۲۱/۶$^{d}$ | ۷۹/۴$^{a}$ | ۲۳/۳$^{p}$ | ۵$^{i}$ | ۵۰/۸$^{hi}$ | ۱۱۲/۸$^{a}$ | ۹۴/۶$^{p}$ | ۶/۶$^{l}$ | ۱۲۶/۵$^{m}$ |
| Zn3Mn1 | ۲۱/۷$^{c}$ | ۷۶/۱$^{b}$ | ۲۳/۶$^{o}$ | ۴/۹$^{i}$ | ۵۰/۷$^{i}$ | ۱۰۹/۳$^{b}$ | ۹۷/۹$^{o}$ | ۵/۸$^{m}$ | ۱۲۶/۳$^{n}$ |
| Zn3Mn2 | ۲۲$^{a}$ | ۷۲/۷$^{c}$ | ۲۴$^{n}$ | ۴/۸$^{j}$ | ۵۰/۶$^{i}$ | ۱۰۳/۹$^{c}$ | ۱۰۱/۸$^{n}$ | ۵/۲$^{n}$ | ۱۲۶/۱$^{o}$ |
| Zn3Mn3 | ۲۲$^{a}$ | ۶۹/۴$^{d}$ | ۲۴/۴$^{m}$ | ۴/۵$^{k}$ | ۵۰/۳$^{j}$ | ۱۰۱$^{d}$ | ۱۰۸/۲$^{m}$ | ۵/۱$^{n}$ | ۱۲۵/۸$^{p}$ |

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

خاک داشت. ولی هم‌بستگی بین عملکرد غده سیب‌زمینی 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 معنی‌دار است ولی هیچ کدام از اثرات متقابل آنها بر مقدار فسفر برگ معنی‌دار نمی‌باشند(جدول ۴). نتایج تأثیر سطوح مختلف روی و منگنز بر مقدار فسفر برگ نشان داد که افزایش سطوح روی و منگنز باعث کاهش به‌ترتیب ۱۵/۷۹ و ۵/۵۵ درصدی مقدار فسفر برگ نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۵). دو عنصر روی و فسفر دارای واکنش ناهمسازی با یکدیگر هستند(۳). مطالعات مختلف نشان داده است که در بسیاری از گیاهان زراعی مانند سیب‌زمینی و ذرت پیوند یون فسفات و روی و تشکیل فسفات روی علاوه بر ریشه در ساقه و گره‌ها نیز رخ می‌دهد(۱۲). نتایج به‌دست آمده در این تحقیق با نتایج حاصل از مطالعات دانشمندان بسیاری از جمله گیل و همکاران(۹) و هاپکینز و السورس(۱۱) مطابقت دارد. نتایج اثر سطوح مختلف مس بر مقدار فسفر برگ سیب‌زمینی نشان داد که کاربرد مس بر مقدار این عنصر تأثیر معنی‌داری ندارد و مقدار این عنصر در برگ در حد کفایت بود(جدول ۵). بین منگنز و مس با فسفر اثر متقابل منفی وجود دارد(۳). افزایش غلظت فسفر در خاک باعث کاهش حلالیت منگنز و مس و حجم میکوریز ریشه شده که این امر باعث



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-20 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.17.4 ]

کاهش جذب یون‌های دیگر به‌خصوص عناصر کم‌مصرف می‌گردد(۱۲). نتایج به‌دست آمده در این بررسی با نتایج حاصل از تحقیق هاپکینز و السورس(۱۱) مطابقت دارد. هم‌چنین دانشمندانی مثل فاگریا (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 (P<۰/۰۱)(جدول ۳). افزایش سطوح روی و منگنز باعث کاهش به‌ترتیب ۱۸/۰۵ و ۴/۷۲ درصدی مقدار فسفر غده نسبت به تیمار شاهد گردید(جدول ۴). همان‌طورکه ملاحظه می‌شود یک رابطه ناهمسازی شدید بین فسفر و روی در گیاه سیب‌زمینی وجود دارد(۱۱).

**آهن برگ و غده**

نتایج به‌دست 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 کم‌مصرف روی، منگنز و مس باعث افزایش غلظت آنها در برگ و غده سیب‌زمینی می‌شود ولی غلظت آهن را به‌دلیل خاصیت ناهمسازی کاهش می‌دهند. افزایش سطوح روی، منگنز و مس باعث کاهش معنی‌دار غلظت آهن برگ به‌ترتیب به میزان ۱۸/۹۹، ۰/۹۵۷ و ۰/۰۷ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۵). بین آهن و عناصر کم مصرف 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 رقابت می‌کنند(۸). بررسی اثر متقابل روی و مس بر غلظت آهن برگ نشان می‌دهد که بالاترین غلظت آهن برگ از تیمار شاهد به‌دست آمد و کمترین غلظت آهن برگ متعلق به تیمار حاوی سطح ۱۵ میلی‌گرم روی و ۲ میلی‌گرم 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 به‌دست 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 به‌دست 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 به‌ترتیب به میزان ۲/۹۹ و ۰/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۵). در سطوح بالای روی، این عنصر جایگزین سایر عناصر کم‌مصرف 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 سیب‌زمینی را نشان می‌دهد. بالاترین غلظت آهن غده به میزان ۵۲/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم از تیمار شاهد به‌دست آمد و کمترین غلظت آهن برگ به میزان ۵۰/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم از سطح ۲۰ میلی‌گرم



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-20 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.17.4 ]

و ۱۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک به‌دست آمد. بررسی تجزیه برگی با جداول استاندارد حد کفایت غلظت عناصر در برگ سیب‌زمینی نشان داد که تمام مقادیر اندازه‌گیری شده برگ سیب‌زمینی، در محدوده کفایت قرار دارند (جدول ۲).

## نتیجه‌گیری

بیشترین عملکرد غده سیب‌زمینی با مصرف ۱۵ میلی‌گرم روی، ۱۰ میلی‌گرم منگنز و دو میلی‌گرم مس در کیلوگرم خاک به‌دست آمد. نتایج این تحقیق بیانگر وجودروابط ناهمسازی بین فسفر و عناصرکم مصرف کاتیونی از جمله روی و منگنز می‌باشد.اثر ناهمسازی بین مس و فسفر چندان قوی نیست. مصرف کودهای حاوی عناصر کم‌مصرف روی، منگنز و مس باعث افزایش غلظت آنها در برگ و غده سیب‌زمینی می‌شود ولی غلظت آهن را کاهش می‌دهد.

## منابع مورد استفاده


۱. اسدی‌منش، ح.، ع عبادی، ا. توبه و ب. دهدار. ۱۳۸٦. بررسی تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد سیب‌زمینی در اردبیل. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

۲. پوریای ولی، ح. ۱۳۸۸. *روش کاشت، داشت و برداشت سیب‌زمینی*. مرکز نشر جهاد دانشگاهی اصفهان.

۳. ملکوتی، م. ج. و م. م. طهرانی. ۱۳۸۴. *نقش ریزمغذی‌ها 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. Cortrufo, 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 Brasileria 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.
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.




[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-20 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1391.16.61.17.4 ]