بررسی اثر باقیمانده سولفات منگنز بر رشد، عملکرد و جذب منگنز توسط سویا

علی اسدی کنگرشاهی[۱]*، نگین اخلاقی امیری[۲] و محمدجعفر ملکوتی[۳]

[۲،۱] اعضای هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران و دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

[۳] استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۲/۱۰- تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۱۱/۱۹)

چکیده

به منظور بررسی اثرات باقی‌مانده سولفات‌منگنز بر رشد و ترکیب شیمیایی سویا، آزمایشی گلدانی به‌صورت فاکتوریل درقالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تیمار و سه تکرار در۲۰ خاک مختلف از مزارع سویاکاری شرق استان مازندران انجام شد. خاک‌های مورد مطالعه دارای خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت بوده و به نحوی انتخاب گردیدند که مقدار متفاوتی منگنز قابل استخراج با عصاره‌گیر DTPA داشتند. تیمارهای این تحقیق شامل دو سطح منگنز (صفر و ۳۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک به‌صورت سولفات‌منگنز) بودند که تنها در سال اول قبل از کشت مصرف گردید. این آزمایش به مدت ۴ سال با خاک‌ها و تیمارهای ثابت انجام شد. بر اساس نتایج سال اول آزمایش، مصرف منگنز سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک و جذب کل منگنز گیاه شد ($P<0.05$). با مصرف منگنز عملکرد ماده خشک از ۱۶/۱۵ به ۲۰/۲۹ گرم در گلدان افزایش یافت. همچنین مصرف منگنز موجب افزایش غلظت و جذب کل منگنز به‌ترتیب معادل ۴/۵ و ۲۶/۶ درصد نسبت به شاهد، در اندام هوایی گیاه گردید. اثر باقی‌مانده سولفات‌منگنز در سال دوم، موجب افزایش عملکرد سویا نسبت به شاهد شد. در سال دوم آزمایش عملکرد دانه سویا درتیمارمصرف منگنز ۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. اثر باقی‌مانده تیمارهای مصرف سولفات‌منگنز غلظت منگنز درگیاه را ۶/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. اثر باقی‌مانده سولفات‌منگنز، غلظت منگنز درگیاه را ۲/۹۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد و در سال سوم آزمایش عملکرد دانه سویا ۸ درصد درتیمار مصرف منگنز نسبت به شاهد افزایش یافت ولی از نظر آماری معنی‌دار نبود. اثرباقی‌مانده سولفات‌منگنز، در سال چهارم آزمایش برعملکرد ماده خشک سویا قبل ازگلدهی، تاثیری نداشت. نتایج تحقیق انجام شده نشان دادکه بکارگیری سولفات‌منگنز در خاک‌های آهکی، نه تنها بر روی رشد و ترکیب شیمیایی اولین کشت سویا اثر می‌گذارد بلکه بر رشد و ترکیب شیمیایی سویا در سال‌های بعد نیز می‌تواند موثر باشد. به‌طوری‌که اثرات باقی‌مانده سولفات منگنز در سال دوم کشت عملکرد دانه، ماده خشک گیاهی، غلظت و جذب کل منگنز محصول سویا را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد، در سال سوم آزمایش بر عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک گیاهی تاثیر معنی‌داری نداشت ولی غلظت و جذب کل منگنز را افزایش داد و در سال چهارم آزمایش بر پاسخ‌های گیاهی اندازه‌گیری شده تاثیر معنی‌داری نداشت.

واژه‌های کلیدی: سولفات‌منگنز، اثر باقی‌مانده، عملکرد، سویا

مقدمه

کمبود منگنز یکی از فاکتورهای محدود کننده رشد درخاک‌های آهکی می‌باشد و درخاک‌های شرق استان مازندران نیز به دلیل آهکی بودن، pH بالا، مصرف زیاد کودهای فسفاته و عدم مصرف کودهای کم مصرف در گذشته، کمبود این عنصرشایع می‌باشد. مطالعات انجام گرفته دراین مناطق نشان می‌دهد که کمبود منگنز از دیگر عناصر کم مصرف شایع‌تر می‌باشد. مطالعات انجام شده در باغ‌های مرکبات شرق مازندران نشان داد که تقریبا در ۳۴ درصد خاک باغ‌ها مقدار منگنز کمتر از ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و در ۳۵ درصد، کمتراز یک میلی‌گرم درکیلوگرم بود. نتایج تجزیه برگ نیز نشان داد که میزان غلظت منگنز ۶۱ درصد باغ‌ها درحد کمبود، ۲۰ درصد زیر حد کفایت و حدود ۱۹ درصد درحد کفایت و زیاد قرار داشتند (Asadi Kangarshahi and Mahmoudi, 2000). میزان منگنز قابل استفاده خاک درمزارع تحت کشت پنبه (حدود ۲۰۰مزرعه) در شرق استان مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان داد که تقریباً در ۲۹ درصد مزارع، میزان منگنز قابل استفاده کمتراز ۴ میلی‌گرم در کیلوگرم و ۵۵ درصد بین ۸-۴ میلی‌گرم درکیلوگرم بود (اطلاعات منتشر نشده. Alizade, 2000) . همچنین وضعیت این عناصر در مزارع تحت کشت سویا نیز مورد مطالعه قرارگرفت. نتایج

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: Kangarshahi@gmail.com

حاصل از ۱۵۰ مزرعه سویاکاری در شرق استان نشان داد که میزان منگنز ۹ درصد مزارع کمتر از ۴ میلی‌گرم در کیلوگرم و در ۵۷ درصد مزارع بین ۸-۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (Cherati and Ghasemi, 1999). همچنین روند مصرف کودهای شیمیایی دراستان در طول دهه گذشته مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج نشان داد که تقریباً چهار صدم درصد از کودهای مصرفی به کودهای حاوی عناصرکم مصرف اختصاص داده شده است. بنابراین عدم مصرف این کودها در درازمدت و همچنین کشت متراکم و متوالی دراین مناطق به نظر می‌رسد موجب تخلیه شدید این عناصرغذایی شده است (Asadi Kangarshahi and Mahmoudi, 2001). درحال حاضر، مصرف این کودها درمناطق مختلف کشور رایج شده است و هرساله مصرف آنها نیز بیشترمی شود. بنابراین نیاز است تحقیقات جامع و کاملی درمورد اثرات باقی‌مانده این کودها درخاک‌های مختلف و برای محصولات مختلف صورت گیرد. گزارش‌های متعددی از اثرات مثبت مصرف منگنز در رشد و عملکرد سویا توسط تعدادی از پژوهشگران ارائه شده است (Asadi Kangarshahi and Cherati, 2003; Feizollahzade Ardebili et al., 2001; Gettir et al., 1985; Boswell et al., 1981; Cox, 1968). گزارشات پراکنده نشان می‌دهد که بازیابی این کودها بسیارکم است، به‌عبارتی دیگر بخش قابل‌ملاحظه‌ای ازکودهای عناصر کم مصرف درکشت اول جذب گیاه نشده و در خاک باقی می‌ماند که باعث تجمع درخاک و تبدیل آن‌ها به شکل‌های مختلف شیمیایی می‌گردد (Borzou and Maftoun, 1999; Yasrebi, 1991; Brown et al., 1964; Karimian and Yasrebi, 1995; Gettier et al., 1984 and Gupta et al., 1983). با پخش سطحی منگنز در خاک، منگنز موجود درکود سریعاً بر اثر فرآیند اکسایش، به اشکال غیرمحلول اکسید می‌شود و قابلیت استفاده آن به‌شدت کاهش می‌یابد. بنابراین برای رفع کمبودهای شدید منگنز باید مقادیر بیشتری از کود منگنز استفاده نمود تا اثرات باقی‌مانده آن حداقل برای مدت یک الی دو سال نیاز گیاه را به منگنز تامین نماید (Martens and Westerman, 1991). مطالعه انجام شده درمورد مصرف منگنز در یک خاک لومی شنی نشان داد که حداکثر عملکرد دانه سویا با کاربرد ۴۰ کیلوگرم سولفات‌منگنز درهکتار به‌صورت پخش سطحی به‌دست آمد ولی اثر باقی‌مانده ۶۰ کیلوگرم سولفات‌منگنز در هکتار به‌صورت پخش سطحی برای رفع کمبود منگنز در همین خاک برای کشت دوم محصول سویا کافی نبود (Gettier et al., 1985). نتایج تحقیقی که به‌منظور بررسی اثرات باقیمانده ۳۰ کیلوگرم سولفات‌منگنز و اکسی‌سولفات‌منگنز در هکتار در یک خاک رسی صورت گرفت نشان داد که اثرات باقی‌مانده منگنز ناشی از مصرف کودهای منگنز، تنها توانست به مدت ۲ سال نیازگیاه را تامین نماید (Mascayni and Cox, 1985). بنابراین به‌دلیل پائین بودن اثرات باقیمانده کودهای منگنز درخاک، اکثر محققین، روش مصرف نواری و محلول‌پاشی کودهای منگنزدار را به روش پخش سطحی این کودها ترجیح می‌دهند (Parker and Walker, 1986; Vitosh et al., 1981; Robertson and Lucas, 1976).

درسال‌های اخیر استفاده از انواع کودهای شیمیایی محتوی عناصرکم مصرف به‌عنوان یکی از عوامل دست‌یابی به عملکرد بهینه محصولات زراعی و باغی مورد توجه خاص قرارگرفته و ترویج و استفاده از این کودها به سرعت رو به گسترش می‌باشد. به طوری‌که مؤسسه تحقیقات خاک و آب استفاده گسترده از انواع کودهای کم مصرف روی، منگنز، آهن، مس و بور را به‌صورت پخش سطحی، چال‌کود و یا محلول‌پاشی برای انواع محصولات زراعی و باغی در مناطق دارای کمبود این عناصر، توصیه می‌کند (Malakouti and Gheibi, 1997). تحرک عناصر کم مصرف درخاک بسیار پائین بوده و قسمت عمده این عناصردرلایه سطحی خاک‌های زراعی باقی می‌ماند از طرف دیگر نیاز گیاه به عناصرکم مصرف بسیار کم بوده و معمولاً درسال اول کوددهی، این عناصر به‌طورکامل مورداستفاده قرار نگرفته و اثرات مصرف این کودها غالباً تا چندین سال یا فصل رشد درخاک باقی می‌ماند که به اثرات باقی‌مانده موسوم می‌باشد. بنابراین با توجه به این موضوع که بین مقدارمفید و مضّر عناصرکم مصرف، فاصله چندانی نیست و همچنین به‌علت گرانی این کودها و اثرات اقتصادی آنها، بایستی اطلاعات کافی درمورد اثرات باقی‌مانده این کودها درخاک‌های منطقه در دست باشد تا ضمن افزایش بازده کودهای مصرفی از بروز مشکلات احتمالی در آینده جلوگیری شود. آزمایش فوق به‌منظور بررسی اثرات باقیمانده سولفات‌منگنز بر عملکرد و جذب این عنصر برای محصول سویا طی ۴ سال متوالی در شرایط گلخانه‌ای، انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور دست‌یابی به اهداف این مطالعه از روی نقشه خاک و گزارشات خاکشناسی منطقه شرق مازندران، حدود ۳۰ مزرعه از نواحی عمده سویا کاری منطقه انتخاب گردید (Asadi Kangarshahi and Malakouti, 2006) و سعی گردید از هر یک از سری‌های خاک غالب منطقه، حداقل یک نمونه، انتخاب شود. نمونه‌ها به‌صورت مرکب از پنج نقطه در هر محل از عمق صفر تا بیست و پنج سانتی‌متری تهیه شد. منگنز قابل استفاده این خاک‌ها به روش DTPA (Lindsay and Norvel,1978)، کربنات

کلسیم معادل به روش تیتراسیون با اسید و میزان رس به روش هیدرومتری (Ahyaee,1997) تعیین و سپس با توجه به فاکتورهای مذکور، ۲۰ نمونه خاک به گونه‌ای انتخاب گردید که اولاً دارای گستره وسیعی از منگنز قابل استفاده باشند، ثانیاً از نظر خواص فیزیکی و شیمیایی دارای تنوع کافی باشند و همچنین منطقه وسیعی را از نظر جغرافیایی در بر گیرند. سپس نمونه‌های بزرگ‌تری ازمناطق مورد نظر جمع‌آوری گردید و پس از خشک کردن درهوا، کوبیدن و عبور از الک دو میلی‌متری، به‌طور کامل مخلوط گردید. تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی (کربنات کلسیم معادل، رس، ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، پتاسیم، فسفر، منگنز و روی) بر اساس روش‌های متداول درمؤسسه تحقیقات خاک و آب انجام شد (Ahyaee, 1997). منگنز قابل استفاده نمونه‌ها نیز با استفاده از DTPA (Lindsay and Norvel, 1978) اندازه‌گیری شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل درقالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور خاک (۲۰ نمونه) و کود منگنز (۲ سطح) در۳ تکرار برای مدت چهار سال اجرا شد. نمونه‌های خاک مورد نظر که برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها درجدول (۱) آمده است، در سطل‌های پلاستیکی ریخته شد و در سال اول آزمایش، خاک‌ها با دو سطح منگنز (صفر و ۳۰ میلی‌گرم منگنز خالص درکیلوگرم خاک به‌صورت سولفات‌منگنز) تیمارگردیدند. مقدار ۱۰ کیلوگرم خاک به هرگلدان اختصاص داده شد. کود نیتروژنی به میزان ۳۰ میلی‌گرم نیتروژن خالص درکیلوگرم خاک به‌صورت اوره و به‌عنوان آغازگر به گلدان‌ها اضافه گردید. کودهای فسفر و پتاسیم فقط به خاک‌هایی که به‌ترتیب کمتر از ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل جذب (Olson and Sommers, 1982) و ۳۰۰ میلی‌گرم درکیلوگرم پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیم داشتند، اضافه گردید (Karimian and Ghanbari, 1990; Malakouti and Gheibi, 1997). از سولفات پتاسیم به‌عنوان کود پتاسیمی و از سوپرفسفات تریپل به‌عنوان کود فسفری استفاده گردید. کود آهن و روی به میزان ۲۰ میلی‌گرم آهن خالص در کیلوگرم خاک از منبع سولفات آهن و سولفات‌روی (به تمام گلدان‌ها) اضافه گردید. تمام فسفر قبل از کاشت به‌صورت جامد و تمامی پتاسیم، آهن، روی و منگنز به‌صورت محلول به خاک گلدان‌ها اضافه گردید و سپس به هم زده شد تا کاملاً مخلوط شوند. سپس ۷ عدد بذر سویا رقم پرشینگ آغشته به مایه تلقیح ریزوبیوم درعمق ۳ سانتی‌متری خاک کاشته شد. پس از سبز شدن و گذشت ۱۰ روز تعداد بوته‌ها به ۳ عدد درهرگلدان تقلیل داده شد. درطول دوره رشد، آبیاری(با آب چاه) به‌طور منظم انجام شد و سعی شد رطوبت گلدان‌ها درحد ظرفیت مزرعه نگه‌داشته شود. هشت هفته پس از کاشت، بخش هوایی دو بوته از یک سانتی‌متری بالائی سطح خاک قطع شد و با آب مقطر کاملاً شستشو داده و درآون تهویه‌دار دردمای ۶۵ الی ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. به بوته سومی اجازه داده شد به دانه برود. در پایان دوره رشد، از یک سانتی‌متری بالائی سطح خاک، قطع و عملکرد دانه وکاه آن تعیین شد. بوته‌های خشک شده با ترازوی دیجیتالی توزین و سپس آسیاب شدند. از هر نمونه یک گرم به مدت ۵ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد درکوره الکتریکی سوزانده شد. مقدار روی و منگنز نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Atomic absorbtion) اندازه‌گیری گردید (Emami, 1996). پس از برداشت بوته‌ها درهریک از گلدان‌ها، ریشه‌ها ازخاک جدا شده و خاک آن جهت آزمایش سال بعد نگه‌داری شد. این آزمایش برای چهار سال متوالی مطابق روشی که ذکر شد تکرار گردید(البته کود سولفات منگنز در سال های بعدی در تیمار مربوطه مصرف نشد). وزن ماده خشک، عملکرد دانه، غلظت منگنز، جذب کل منگنز (از حاصل‌ضرب غلظت منگنز در وزن ماده خشک و عملکرد دانه) به‌عنوان مهم‌ترین پاسخ‌های گیاهی در نظرگرفته شد. کلیه داده‌های حاصل، با استفاده از نرم افزار SPSS statistical pakage, SPSS, 15(Chicago,II.) و آزمون F مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن مقایسه شدند.

نتایج

محل و نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های ۲۰ مزرعه تحت بررسی در جدول (۱)، و در جدول (۲) نتایج تجزیه آب قبل از شروع آزمایش گنجانده شده است. اثرات تیمار کودی (۳۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک) بر وزن خشک قسمت هوایی، غلظت و جذب کل منگنز سویا در جدول (۳) آمده است. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود مقایسه بین میانگین‌های وزن خشک، غلظت و جذب کل منگنز سویا در تیمارهای شاهد و ۳۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم خاک، نشان می‌دهد که مصرف منگنز سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک و جذب کل منگنز سویا گردید. مصرف منگنز غلظت منگنز گیاه را افزایش داد ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. با مصرف منگنز عملکرد ماده خشک از ۱۶/۱۵ به ۲۰/۲۹ گرم در گلدان افزایش یافت. همچنین مصرف منگنز موجب افزایش غلظت و جذب کل منگنز به‌ترتیب معادل ۴/۵ و ۲۶/۶ درصد در اندام‌هـــــای هوایی گیاه گردید. اما، خاک‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی نسبت به مصرف سولفات منگنز نشان دادند و

مصرف منگنز در بعضی خاک‌ها باعث کاهش وزن خشک گیاه نسبت به شاهد گردید که احتمالاً به‌علت به هم خوردن تعادل عناصر غذایی درخاک ناشی از مصرف منگنز و همچنین اثرمتقابل این عنصر با سایر عناصر می‌باشد (Kshavarz, 1996).

جدول ۱ - نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیائی خاک‌های مورد استفاده در آزمایش

شماره خاک	منطقه	pH	CCE* (%)	مادهآلی (٪)	رس (٪)	CEC ($cmol_c$ kg^{-1})	K	P	Mn	Zn
							($mgkg^{-1}$)			
۱	نکا – قره طغان	۷/۸۶	۸/۰	۱/۴	۳۱	۲۳	۳۰۸	۵۸/۰	۷/۶۰	۰/۹۰
۲	قائم‌شهر - آهنگرکلا	۷/۸۷	۷/۰	۱/۷	۳۵	۲۸	۴۲۰	۱۳/۳	۴/۳۲	۲/۵۲
۳	ساری – دشت ناز	۷/۸۵	۱۲/۰	۱/۲	۴۱	۲۵	۵۶۷	۲۸/۱	۲/۳۰	۰/۷۵
۴	نکا – بایع کلا	۷/۹۵	۱۲/۰	۱/۲	۳۷	۲۶	۲۷۸	۱۵/۳	۴/۵۳	۰/۵۴
۵	ساری – اسلام آباد	۸/۰۶	۱۲/۰	۱/۴	۲۳	۱۷	۳۹۱	۷/۴	۸/۶۸	۱/۴۰
۶	ساری – شرکت زراعی	۷/۹۸	۷/۰	۱/۳	۲۳	۱۸	۲۵۸	۱۷/۰	۸/۸۴	۱/۶۴
۷	نکا – زاغ‌مرز	۸/۸۲	۳۱/۰	۱/۷	۲۳	۲۷	۲۵۶	۱۴/۲	۳/۶۰	۰/۷۸
۸	جویبار	۸/۰۲	۲۸/۰	۰/۹	۳۷	۲۸	۳۵۳	۱۵/۹	۸/۴۰	۰/۵۸
۹	جویبار	۷/۹۲	۵/۰	۱/۳	۲۷	۲۷	۳۴۳	۹/۳	۲/۶۰	۱/۹۰
۱۰	بهشهر – محمد آباد	۸/۵۶	۵/.	۱/۶	۳۳	۲۴	۲۰۲	۷/۹	۳/۹۰	۰/۶۶
۱۱	بهشهر – حسین آباد	۷/۸۶	۷/۵	۱/۷	۳۳	۲۳	۱۰۲۲	۳۲/۳	۲/۹۰	۱/۵۶
۱۲	قائم‌شهر – قراخیل	۷/۸۷	۲۱/۰	۱/۵	۳۹	۲۱	۴۵۲	۸/۴	۳/۴۷	۰/۵۲
۱۳	قائم‌شهر – بیشه سر	۸/۰۵	۲۵/۰	۱/۵	۳۳	۲۱	۲۶۷	۱۸/۶	۶/۴۲	۲/۴۰
۱۴	جویبار	۷/۹۲	۲۶/۰	۱/۳	۴۱	۲۲	۳۰۵	۱۳/۰	۲/۰۰	۱/۲۰
۱۵	بهشهر – قره تپه	۸/۰۴	۲۶/۰	۱/۲	۴۳	۲۲	۴۳۱	۵۴/۰	۷/۲۰	۰/۹۰
۱۶	جویبار	۸/۱۴	۳۳/۰	۱/۳	۲۹	۲۰	۲۰۲	۱۷/۰	۳/۴۰	۰/۶۸
۱۷	ساری - میاندرود	۷/۹۲	۳۴/۰	۰/۸	۱۵	۱۳	۳۸۲	۱۳/۹	۲/۶۰	۰/۷۰
۱۸	نکا – نوذرآباد	۷/۹۲	۳۲/.	۰/۷۰	۱۵	۱۵	۲۹۶	۱۷/۱	۳/۶۰	۰/۶۲
۱۹	ساری – نوذر آباد	۸/۲۴	۳۰/۰	۱/۴	۱۷	۱۸	۲۷۸	۱۳/۶	۲/۲۰	۰/۳۴
۲۰	بهشهر	۸/۰۶	۳۲/۰	۱/۲	۲۱	۱۶	۲۴۴	۹/۸	۵/۲۴	۲/۹۶
میانگین	-	۸/۰۴	۱۹/۶۷	۱/۳۱	۲۹/۸۰	۲۱/۷۰	۳۶۳	۱۹/۲۰	۴/۶۹	۱/۱۸

*- کربنات کلسیم معادل

جدول ۲ – خصوصیات آب آبیاری مورد استفاده

EC (dS/m)	pH	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	مجموع کاتیون‌ها (اندازه‌گیری شده)	Cl^{-}	HCO_3^{-}	مجموع آنیون‌ها (اندازه‌گیری شده)	SAR
(میلی اکی والان در لیتر)									
۱/۰ ۶	۷/۴	۵/۸	۲/۶	۱/۸	۱۰/۲	۲/۲	۸/۲	۱۰/۴	۰/۸۸

در خاک‌های مورد مطالعه، حدود ۲۱ درصد افزایش عملکرد در اثر مصرف ۳۰ میلی گرم منگنز در کیلوگرم خاک به‌دست آمد که نشان می‌دهد منگنز قابل جذب این خاک‌ها مخصوصاً برای گیاهانی که رشد کوتاه مدتی دارند نمی‌تواند کافی باشد. نتایج اثر سولفات منگنز در سال اول آزمایش بر عملکرد دانه، غلظت و جذب کل منگنز در جدول (۳) آمده است. سولفات منگنز موجب افزایش عملکرد دانه سویا نسبت به شاهد شد به‌طوری‌که در تیمار مصرف سولفات منگنز ۴/۴۰ گرم درگلدان، نسبت به شاهد، اضافه عملکرد وجود داشت، در تیمار مصرف منگنز، عملکرد دانه سویا، ۱۵/۹۶ درصد نسبت به شاهد، افزایش یافت، مصرف سولفات منگنز، غلظت منگنز دانه را ۱۲/۲۶ درصد نسبت به شاهد، افزایش داد.

جدول ۳- اثر مصرف سولفات منگنز بر میانگین ماده خشک، غلظت و جذب کل منگنز توسط بوته و دانه سویا در خاک‌های مختلف (سال اول آزمایش)

شماره خاک	عملکرد (گرم درگلدان)		غلظت منگنز درسویا (میکروگرم درگرم)		جذب کل منگنز توسط سویا (میکروگرم درگلدان)		اضافه عملکرد (گرم در گلدان)	جذب اضافی (میکروگرم درگلدان)
	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده		
بوته سویا	۱۶/۵۶	۲۰/۲۹ **	۱۱۵/۰۰	۱۲۰/۲۰ ns	۱۹۸۰	۲۴۵۰ **	۴/۱۰	۵۵۸
دانه سویا	۲۷/۵۱	۳۱/۹۰ *	۳۴/۶۵	۳۸/۹۰ ns	۹۶۷	۱۲۴۶ **	۴/۴۰	۲۸۰

ns- عدم اختلاف معنی دار * و ** - به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد و یک درصد (آزمون F)

در سال دوم آزمایش، اثر باقیمانده سولفات منگنز موجب افزایش عملکرد دانه سویا نسبت به شاهد شد به‌طوری‌که با مصرف سولفات منگنز ۲/۸۳ گرم درگلدان نسبت به شاهد، اضافه عملکرد وجود داشت. اثر باقی‌مانده سولفات منگنز بر وزن ماده خشک تاثیر معنی‌داری نداشت ولی جذب کل آن، نسبت به شاهد، افزایش یافت. غلظت منگنز از ۱۳۰ (در شاهد) به ۱۳۸ میکروگرم در گرم در تیمار مصرف سولفات منگنز رسید که این تغییر معنی دار نبود. در سال دوم آزمایش عملکرد دانه در تیمار مصرف منگنز ۸ درصد نسبت به شاهد، افزایش یافت. اثر باقی‌مانده تیمارهای مصرف سولفات منگنز برغلظت منگنز درگیاه ۶/۱ درصد نسبت به شاهد، بیشتر بود (جدول ۴).

اثرات باقی‌مانده سولفات منگنز، غلظت منگنز ماده خشک سویا را در سال سوم آزمایش ۲/۹۴ درصد نسبت به شاهد، افزایش داد. در سال سوم آزمایش عملکرد دانه سویا ۸ درصد درتیمار مصرف منگنز، نسبت به شاهد بیشتر بود ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۵). اثرباقی‌مانده سولفات منگنز ، غلظت منگنز دانه سویا را در سال چهارم آزمایش ۴/۹۲ درصد نسبت به شاهد، افزایش داد ولی بر عملکرد ماده خشک سویا، عملکرد دانه، غلظت منگنز بوته سویا تاثیر نداشت (جدول ۶).

جدول ۴- میانگین اثرات باقیمانده سولفات منگنز بر ماده خشک، غلظت و جذب کل منگنز توسط بوته و دانه سویا در خاک‌های مختلف (سال دوم آزمایش)

شماره خاک	عملکرد (گرم درگلدان)		غلظت منگنز درسویا (میکروگرم درگرم)		جذب کل منگنز توسط سویا (میکروگرم درگلدان)		اضافه عملکرد (گرم درگلدان)	جذب اضافی (میکروگرم درگلدان)
	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده		
بوته سویا	۱۷/۸۸	۱۷/۳۶ ns	۱۳۰/۰۰	۱۳۸/۰۰ ns	۲۳۳۶	۲۳۳۷ ns	-۰/۵۲	۴۱
دانه سویا	۳۶/۷۸	۳۹/۶۰ *	۶۶/۴۰	۶۶/۴۰ ns	۲۲۷۸	۲۴۹۱ *	۲/۸۲	۲۳۱

ns- عدم اختلاف معنی‌دار * و ** - به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و یک درصد (آزمون F)

جدول ۵- میانگین اثرات باقیمانده سولفات منگنز بر ماده خشک، غلظت و جذب کل منگنز توسط بوته و دانه سویا در خاک‌های مختلف (سال سوم آزمایش)

شماره خاک	عملکرد (گرم درگلدان)		غلظت منگنز درسویا (میکروگرم درگرم)		جذب کل منگنز توسط سویا (میکروگرم درگلدان)		اضافه عملکرد (گرم درگلدان)	جذب اضافی (میکروگرم درگلدان)
	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده		
بوته سویا	۴۰/۸۱	۴۰/۲۶ ns	۱۵۲/۴۷	۱۵۶/۹۰ ns	۶۱۹۳	۶۳۱۹ ns	-۰/۵۰	۱۲۶
دانه سویا	۲۷/۲۴	۲۹/۴۲ ns	۴۹/۸۰	۵۰/۹۰ ns	۱۳۶۷	۱۴۷۹ ns	۲/۱۸	۱۱۲

ns- عدم اختلاف معنی‌دار * و ** - به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و یک درصد (آزمون F)

جدول ۶- میانگین اثرات باقیمانده سولفات منگنز بر ماده خشک، غلظت و جذب کل منگنز توسط بوته و دانه سویا در خاک‌های مختلف (سال چهارم آزمایش)

شماره خاک	عملکرد (گرم درگلدان)		غلظت منگنز درسویا (میکروگرم درگرم)		جذب کل منگنز توسط سویا (میکروگرم درگلدان)		اضافه عملکرد (گرم درگلدان)	جذب اضافی (میکروگرم درگلدان)
	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده		
بوته سویا	۲۸/۱۱	۲۷/۹۷ ns	۱۶۶	۱۷۰ ns	۴۶۵۵	۴۶۲۶ ns	-۰/۱۴	-۲۸/۲
دانه سویا	۲۴/۱۹	۲۵/۷۴ ns	۴۵/۷۴	۴۷/۹۹ *	۱۱۱۳	۱۲۴۰ *	۱/۵	۱۲۷

ns- عدم اختلاف معنی‌دار * و ** - به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و یک درصد (آزمون F)

جدول ۷- اثرمصرف سولفات منگنز بر وزن ماده خشک اندام هوایی (۲ بوته)، غلظت و جذب کل منگنز توسط گیاه (سال اول آزمایش)

شماره خاک	عملکرد ماده خشک (گرم درگلدان)		غلظت منگنز درگیاه (میکروگرم درگرم)		جذب کل منگنز توسط گیاه (میکروگرم درگلدان)		اضافه عملکرد (گرم)	جذب اضافی منگنز (میکروگرم درگلدان)
	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده		
۱	۱۰/۱۰	۲۰/۷۳	۱۴۱	۱۴۲	۱۴۲۴	۲۹۴۳	۱۰/۶۳	۱۵۱۹
۲	۱/۳۰	۱۷/۲۱	۱۰۶	۲۱۹	۱۵۱۵	۱۸۷۵	۲/۹۱	۳۶۰
۳	۱۵/۱۹	۱۸/۱۰	۱۰۹	۱۴۱	۱۶۵۵	۲۵۵۲	۲/۹۱	۸۹۷
۴	۳/۹۴	۴/۰۲	۱۲۱	۱۰۰	۴۷۶	۴۰۲	٪۸۱	-۷۴
۵	۲۰/۵۴	۱۶/۵۱	۱۵۴	۱۵۵	۳۱۶۳	۲۵۵۹	-۴/۰۳	-۶۰/۴
۶	۲۴/۷۴	۲۵/۳۶	۱۵۰	۱۶۶	۳۷۱۱	۴۲۰۹	۰/۶۲	۴۹۸
۷	۱۷/۳۴	۲۲/۷۹	۱۵۱	۱۵۵	۲۶۱۸	۳۵۳۲	۵/۴۵	۹۱۴
۸	۲۱/۰۱	۱۸/۶۲	۱۰۷	۱۱۷	۲۲۴۸	۲۱۷۸	-۲/۳۹	-۷۰
۹	۱۵/۴۶	۱۹/۳۷	۱۱۲	۱۱۵	۱۷۳۱	۲۲۲۷	۳/۹۱	۴۹۶
۱۰	۱۴/۶۸	۱۶/۶۰	۱۲۶	۱۱۱	۱۸۴۹	۱۸۴۲	۱/۹۲	-۷
۱۱	۱۵/۳۷	۲۲/۵۹	۱۱۴	۱۱۵	۱۷۵۲	۲۵۹۷	۷/۲۲	۸۴۵
۱۲	۲۲/۶۲	۲۶/۸۸	۸۲	۸۵	۱۸۵۴	۲۲۸۴	۴/۲۶	۴۳۰
۱۳	۲۳/۹۹	۲۵/۹۲	۱۱۵	۱۳۹	۲۷۵۸	۳۶۰۲	۱/۹۳	۸۴۴
۱۴	۲۰/۲۸	۲۴/۵۶	۹۶	۱۰۳	۱۹۴۲	۲۵۲۹	۴/۲۸	۵۸۳
۱۵	۲۲/۰۳	۱۸/۱۷	۱۰۱	۱۱۱	۲۲۲۴	۲۰۱۶	۳/۸۰	-۲۰۸
۱۶	۱۵/۷۳	۲۶/۷۳	۹۸	۱۰۷	۱۵۴۱	۲۸۶۰	۱۱/۰۰	۱۳۱۹
۱۷	۱۴/۷۹	۱۷/۲۸	۱۲۰	۱۲۷	۱۷۷۴	۲۱۹۴	۲/۴۹	۴۲۰
۱۸	۶/۲۰	۱۶/۶۹	۱۰۴	۱۰۳	۶۴۴	۱۷۱۹	۱۰/۴۹	۱۰۷۵
۱۹	۱۵/۵۷	۲۲/۹۲	۶۸	۷۸	۷۸۶	۱۷۸۷	۱۱/۳۵	۱۰۰۱
۲۰	۲۱/۳۹	۲۴/۷۰	۱۲۶	۱۲۵	۲۶۹۵	۳۰۸۷	۳/۳۱	۳۹۲
میانگین	۱۶/۵۶	۲۰/۲۹**	۱۱۵	۱۲۰/۲ns	۱۹/۸	۲۴۵۰**	۴/۱۰	۵۵۸

ns- عدم اختلاف معنی‌دار * و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و یک درصد

جدول ۸- بررسی اثرات باقی‌مانده سولفات منگنز برعملکرد دانه، غلظت و جذب کل منگنز توسط دانه سویا درخاک‌های مختلف (سال اول آزمایش)

شماره خاک	عملکرد دانه (گرم درگلدان)		غلظت منگنز دانه (میکروگرم درگرم)		جذب کل منگنز توسط دانه (میکروگرم درگلدان)		اضافه عملکرد (گرم)	جذب اضافی منگنز (میکروگرم درگلدان)
	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده		
۱	۱۹/۵۶	۲۸/۲۴	۳۲	۳۸	۶۲۷	۱۰۳۷	۸/۶۴	۴۴۵
۲	۲۱/۵۰	۲۲/۶۱	۲۹	۳۶	۶۲۳	۸۱۴	۱/۱۱	۱۹۰
۳	۲۴/۹۰	۲۸/۳۱	۳۱	۴۳	۷۷۱	۱۲۱۷	۳/۴۱	۴۴۵
۴	۲۸/۵۶	۳۶/۱۲	۴۵	۴۶	۱۲۸۵	۱۶۶۱	۷/۵۶	۳۷۶
۵	۳۶/۵۱	۴۱/۹۲	۳۷	۴۱	۱۳۵۰	۱۷۱۸	۵/۴۱	۳۶۷
۶	۲۸/۹۱	۳۴/۴۲	۳۱	۳۲	۸۹۶	۱۱۰۱	۵/۵۱	۲۰۵
۷	۳۱/۶۲	۳۵/۳۹	۴۱	۴۵	۱۲۹۶	۱۵۹۲	۳/۷۷	۲۹۶
۸	۲۳/۴۵	۲۷/۸۰	۳۷	۳۷	۸۶۷	۱۰۲۸	۴/۳۵	۱۶۰
۹	۲۴/۴۰	۲۸/۲۲	۳۱	۳۹	۷۵۶	۱۱۰۰	۳/۸۲	۳۴۴
۱۰	۲۸/۷۱	۲۸/۸۳	۳۵	۳۴	۱۰۰۴	۹۸۰	۰/۲۱	-۲۴
۱۱	۲۲/۱۰	۲۷/۶۱	۲۵	۲۸	۵۵۲	۷۷۳	۵/۵۱	۲۲۰
۱۲	۲۶/۹۰	۳۰/۷۸	۳۴	۳۵	۹۱۴	۱۰۷۷	۳/۸۸	۱۶۲
۱۳	۲۶/۶۴	۲۸/۴۶	۴۰	۴۸	۱۰۶۵	۱۳۶۶	۱/۸۲	۳۰۰
۱۴	۲۸/۵۴	۲۹/۰۱	۲۹	۳۹	۸۲۷	۱۱۳۱	۰/۴۷	۳۰۳
۱۵	۳۰/۵۹	۳۸/۱۹	۳۱	۳۰	۹۴۸	۱۱۴۵	۷/۶۰	۱۹۷
۱۶	۳۱/۷۵	۴۱/۰۹	۳۵	۴۲	۱۱۱۱	۱۷۲۵	۹/۳۴	۶۱۴
۱۷	۳۷/۱۶	۴۰/۱۴	۴۱	۳۹	۱۵۲۳	۱۵۶۵	۲/۹۸	۴۲
۱۸	۲۶/۱۲	۲۷/۷۱	۳۴	۴۲	۸۸۸	۱۱۶۳	۱/۵۹	۲۷۵
۱۹	۲۱/۰۲	۲۴/۶۲	۲۹	۳۷	۶۰۹	۹۱۰	۳/۶۰	۳۰۱
۲۰	۳۱/۲۴	۳۸/۶۲	۴۶	۴۷	۱۴۲۶	۱۸۱۵	۷/۶۰	۳۸۸
میانگین	۲۷/۵۱	۳۱/۹۰*	۳۴/۶۵	۳۸/۹۰ ns	۹۶۷	۱۲۴۶*	۴/۴۰	۲۸۰

ns- عدم اختلاف معنی‌دار * و **- به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و یک درصد

جدول ۹- اثرباقی‌مانده سولفات منگنز برعملکرد ماده خشک اندام هوایی (۲ بوته)، غلظت و جذب کل منگنز توسط گیاه (سال دوم آزمایش)

شماره خاک	عملکردماده خشک (گرم درگلدان)		غلظت منگنز درگیاه (میکروگرم درگرم)		جذب کل منگنز توسط گیاه (میکروگرم درگلدان)		اضافه عملکرد (گرم)	جذب اضافی منگنز (میکروگرم درگلدان)
	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده		
۱	۱۸/۶۰	۱۶/۸۴	۱۳۳	۱۶۰	۲۴۷۴	۲۶۹۴	-۱/۷۶	۲۲۱
۲	۱۴/۸۲	۱۷/۷۹	۱۱۸	۱۳۶	۱۷۴۹	۲۴۱۹	۲/۹۷	۶۷۱
۳	۱۷/۰۹	۱۵/۴۰	۱۸۳	۱۹۵	۳۱۲۷	۳۰۰۳	-۱/۶۹	-۱۲۴
۴	۷/۵۴	۷/۳۱	۱۳۴	۱۸۱	۱۰۱۰	۱۳۲۳	-۰/۲۳	۳۱۳
۵	۲۰/۳۲	۱۸/۴۷	۱۸۹	۱۹۰	۳۸۴۰	۳۵۰۹	-۱/۸۵	-۳۳۱
۶	۱۷/۹۲	۱۸/۸	۱۶۱	۱۷۵	۲۸۸۵	۳۲۹۰	۰/۸۸	۴۰۵
۷	۱۷/۵۹	۱۶/۸۷	۱۷۰	۱۷۱	۲۹۹۰	۲۸۸۵	-۰/۷۲	-۱۰۵
۸	۱۷/۷۴	۲۰/۷۸	۱۳۸	۱۲۰	۲۴۴۸	۲۴۹۴	۳/۰۴	۴۵
۹	۱۶/۰۴	۱۹/۶۹	۱۲۵	۱۲۱	۲۰۰۵	۲۳۸۲	۳/۶۵	۳۷۷
۱۰	۱۷/۸۳	۱۸/۴۷	۱۲۴	۱۲۸	۲۲۱۱	۲۳۶۴	۰/۶۴	۱۵۳
۱۱	۲۰/۷۹	۱۳/۹۷	۱۱۱	۱۱۰	۲۳۰۸	۱۵۳۷	-۶/۸۲	-۷۷۰
۱۲	۲۰/۸۱	۲۲/۴۲	۱۰۵	۱۰۱	۲۱۸۵	۲۲۶۴	۱/۶۱	۷۹
۱۳	۲۳/۱۵	۲۰/۶۶	۱۰۵	۱۳۴	۲۴۳۱	۲۷۶۸	-۲/۴۹	۳۳۸
۱۴	۱۸/۶۶	۲۰/۹۳	۱۰۹	۱۲۳	۲۰۳۴	۲۵۷۴	۲/۲۷	۵۴۰
۱۵	۱۶/۹۹	۲۲/۷۰	۱۲۸	۱۲۰	۲۱۷۵	۲۷۲۴	۵/۷۱	۵۴۹
۱۶	۲۲/۳۳	۱۸/۶۵	۱۲۹	۱۴۲	۲۸۸۱	۲۶۴۸	-۳/۶۸	-۲۳۲
۱۷	۲۰/۴۴	۱۳/۸۹	۱۲۸	۱۳۸	۲۸۰۰	۱۹۱۷	-۶/۵۵	-۸۸۳
۱۸	۱۶/۳۶	۱۴/۰۳	۱۳۷	۱۰۶	۱۷۰۱	۱۴۸۷	-۲/۳۳	-۲۱۴
۱۹	۱۳/۶۴	۱۲/۳۰	۱۰۴	۸۹	۱۰۵۰	۱۰۹۵	-۱/۳۴	۴۴
۲۰	۱۹/۰۳	۱۷/۳۰	۷۷	۱۲۵	۲۴۱۷	۲۱۶۳	-۱/۷۳	-۲۵۴
میانگین	۱۷/۸۸	۱۷/۳۶ ns	۱۳۰	۱۳۸ ns	۲۳۳۶	۲۳۷۷ ns	۰/۵	۴۱

ns- عدم اختلاف معنی‌دار * و **- به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و یک درصد

جدول ۱۰- بررسی اثرات باقی‌مانده سولفات منگنز برعملکرد دانه، غلظت و جذب کل منگنز توسط دانه سویا درخاک‌های مختلف (سال دوم آزمایش)

شماره خاک	عملکرد دانه (گرم درگلدان)		غلظت منگنز دانه (میکروگرم درگرم)		جذب کل منگنز توسط دانه (میکروگرم درگلدان)		اضافه عملکرد (گرم)	جذب اضافی منگنز (میکروگرم درگلدان)
	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده		
۱	۳۷/۰۷	۲۵/۴۸	۶۶/۹	۱۰۳/۷	۲۴۷۹	۲۶۴۲/۴	-۱۱/۵۹	۱۶۳/۴
۲	۵۳/۵۸	۵۲/۰۶	۳۲/۸	۴۶/۵	۱۷۵۷	۲۴۱۹/۳	-۱/۵۲	۶۶۲/۳
۳	۳۳/۲۰	۳۶/۶۹	۹۴/۳	۸۱/۸	۳۱۳۳	۳۰۰۳	۳/۴۹	-۱۳۰/۰
۴	۱۲/۷۹	۱۲/۷۳	۷۹/۳	۱۰۳/۷	۱۰۱۵	۱۳۲۰/۳	۰	۳۰۵/۳
۵	۲۷/۱۸	۳۴/۸۹	۱۴۱/۰	۱۰۰/۷	۳۸۵۴	۳۵۱۵/۴	۷/۷۰	-۳۳۸/۶
۶	۲۱/۶۳	۳۶/۳۲	۱۳۳/۰	۹۰/۶	۲۸۹۱	۳۲۹۲	۱۴/۶۹	۳۹۹/۰
۷	۳۵/۹۶	۳۳/۸۷	۸۳/۰	۸۵/۳	۲۹۹۰	۲۸۹۰/۳	-/۲۱	-۹۹/۷
۸	۳۳/۱۲	۴۳/۶۵	۷۴/۰	۵۷/۰	۲۴۶۰	۲۴۹۳/۶	۱۰/۵۳	۳۳/۶
۹	۳۴/۸۸	۵۰/۶۱	۵۷/۶	۴۷/۲	۲۰۱۰	۲۳۸۸/۷	۱۵/۷۳	۳۷۸/۷
۱۰	۳۹/۴۰	۵۶/۶۸	۵۶/۰	۴۱/۷	۲۲۱۱	۲۳۶۴/۳	۱۷/۲۸	۱۵۳/۳
۱۱	۴۶/۹۷	۳۲/۲۰	۴۹/۰	۴۷/۴	۲۳۰۸	۱۵۳۷/۱	۱۴/۷۷	-۷۷۰/۹
۱۲	۳۸/۶۵	۵۲/۸۹	۵۶/۷	۴۲/۸	۲۱۹۲	۲۲۶۴/۵	۱۴/۲۴	۷۲/۵
۱۳	۴۱/۸۶	۴۴/۱۴	۵۸/۱	۶۲/۷	۲۴۳۱	۲۷۶۸/۷	۲/۲۸	۳۳۷/۷
۱۴	۴۴/۷۳	۴۵/۹۰	۴۵/۵	۵۶/۲	۲۰۴۳	۲۵۸۱/۳	۱/۱۷	۵۴۷/۳
۱۵	۵۸/۸۷	۴۶/۲۴	۳۷/۰	۵۸/۶	۲۱۸۶	۲۷۰۹/۶	-۱۲/۶۳	۵۲۳/۶
۱۶	۴۴/۷۷	۳۴/۵۰	۶۴/۷	۷۶/۹	۲۸۹۵	۲۶۵۴	-۱۰/۲۷	-۲۴۱/۰
۱۷	۳۹/۱۴	۳۳/۳۵	۷۱/۷	۵۷/۶	۲۸۰۷	۱۹۲۱/۴	-۵/۷۹۷	-۸۸۵/۶
۱۸	۴۰/۱۳	۳۰/۶۰	۴۲/۵	۴۸/۷	۱۷۰۷	۱۴۹۲	-۹/۵۳	-۲۱۵/۰
۱۹	۲۵/۵۵	۴۰/۹۰	۴۱/۳	۲۶/۷	۱۰۵۵	۱۰۹۰/۸	۱۵/۳۵	۳۵/۹
۲۰	۲۶/۱۵	۴۸/۴۴	۴۴/۴	۹۲/۴	۱۱۶۱	۴۴۷۵	۲۲/۲۸	۳۳۱۴/۰
میانگین	۳۶/۷۸	۳۹/۶ *	۶۶/۴۴	۶۶/۴۲ ns	۲۲۷۸	۲۴۹۱ *	۲/۸۲	۲۳۱/۰

ns- عدم اختلاف معنی‌دار * و **- به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و یک درصد

جدول ۱۱–اثرات باقیمانده سولفات منگنز بر وزن ماده خشک اندام هوایی (۲ بوته)، غلظت و جذب کل منگنزتوسط گیاه درخاک‌های مختلف (سال سوم آزمایش)

شماره خاک	عملکرد ماده خشک (گرم درگلدان)		غلظت منگنز گیاه (میکروگرم درگرم)		جذب کل منگنز توسط گیاه (میکروگرم درگلدان)		اضافه عملکرد (گرم)	جذب اضافی منگنز (میکروگرم درگلدان)
	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده		
۱	۴۴/۳۱	۴۹/۷۸	۱۶۳/۷	۱۶۶/۷	۷۲۵۳	۸۲۹۸	۵/۴۷	۱۰۴۴
۲	۳۴/۶۷	۴۱/۲۸	۱۶۹/۷	۱۵۱/۷	۵۸۸۳	۶۲۶۲	۶/۶۱	۳۷۹
۳	۳۸/۱۳	۳۱/۸۱	۱۸۷/۰	۱۷۴/۰	۷۱۳۰	۵۵۳۵	-۶/۳۲	-۱۵۹۵
۴	۳۲/۴۱	۳۹/۰۴	۱۹۳/۰	۲۰۵/۷	۶۲۵۵	۸۰۳۰	۶/۶۳	۱۷۷۵
۵	۴۴/۷۷	۳۸/۹۷	۱۷۸/۷	۱۸۹/۰	۸۰۰۰	۷۳۶۵	-۵/۸۰	-۶۳۵
۶	۳۸/۵۵	۴۵/۷۶	۱۹۴/۳	۱۷۲/۳	۷۴۹۰	۷۸۸۴	۷/۲۱	۳۹۱
۷	۴۱/۷۵	۴۰/۳۳	۲۰۳/۳	۱۹۱/۳	۸۴۸۷	۷۷۱۵	-۱/۴۲	-۷۷۲
۸	۳۹/۶۶	۳۴/۰۱	۱۲۵/۷	۱۳۸/۰	۴۹۸۵	۴۶۹۳	-۵/۶۵	-۲۹۱
۹	۴۳/۵۸	۳۴/۶۴	۱۲۷/۷	۱۵۰/۷	۵۵۶۵	۵۲۲۰	-۸/۴۹	-۳۴۴
۱۰	۳۸/۳۷	۳۴/۰۶	۱۶۱/۷	۱۸۶/۳	۶۲۰۴	۶۳۴۵	-۴/۳۱	۱۴۱
۱۱	۴۷/۳۱	۴۲/۹۸	۱۷۴/۳	۱۹۲/۳	۸۲۴۶	۸۲۶۵	-۴/۳۳	۱۹
۱۲	۴۷/۳۲	۴۳/۴۶	۱۰۶/۷	۱۰۹/۰	۵۰۴۹	۴۷۳۷	۳/۸۶	-۳۱۱
۱۳	۴۵/۷۴	۴۷/۶۲	۱۸۶/۰	۱۹۱/۷	۸۵۰۷	۹۱۲۹	۱/۸۸	۶۲۱
۱۴	۴۶/۵۶	۳۹/۳۶	۱۱۰/۸	۱۲۹/۳	۵۱۵۹	۵۰۸۹	-۷/۲۰	-۶۹
۱۵	۳۴/۲۶	۴۰/۹۵	۱۲۰/۷	۱۳۰/۰	۴۱۳۵	۵۳۲۳	۶/۶۹	۱۱۸۸
۱۶	۴۰/۲۲	۳۹/۵۱	۱۲۴/۷	۱۲۴/۰	۵۰۱۵	۴۸۹۹	-۰/۷۱	-۱۱۶
۱۷	۳۵/۲۲	۴۲/۵۶	۱۴۳/۳	۱۵۶/۷	۵۰۴۷	۶۶۳۹	۷/۳۴	۱۵۹۲
۱۸	۳۹/۲۶	۳۹/۴۳	۱۲۵/۲	۱۳۱/۳	۴۹۱۵	۵۱۷۷	۰/۱۷	۲۶۲
۱۹	۴۶/۴۶	۴۳/۲۰	۱۱۶/۷	۱۰۴/۳	۵۴۲۲	۴۵۰۵	-۳/۲۶	-۹۱۶
۲۰	۳۷/۶۲	۳۶/۵۰	۱۳۶/۳	۱۴۴/۸	۲۱۲۸	۵۲۸۵	-۱/۱۲	۱۵۷
میانگین	۴۰/۸۱	۴۰/۲۶^{ns}	۱۵۲/۴۷	۱۵۶/۹^{ns}	۶۱۹۳	۶۳۱۹^{ns}	-۰/۵	۱۲۶

ns- عدم اختلاف معنی‌دار * و **- به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و یک درصد

جدول ۱۲–اثرات باقی‌مانده سولفات منگنز برعملکرد دانه، غلظت و جذب کل منگنز توسط سویا درخاک‌های مختلف(سال سوم آزمایش)

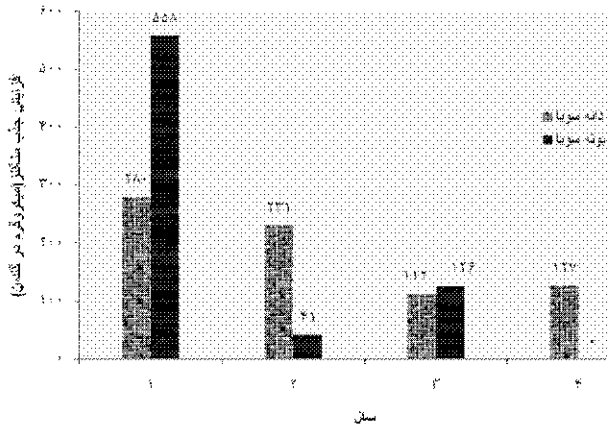
شماره خاک	عملکرد دانه (گرم درگلدان)		غلظت منگنز دانه (میکروگرم درگرم)		جذب کل منگنز توسط دانه (میکروگرم درگلدان)		اضافه عملکرد (گرم)	جذب اضافی منگنز (میکروگرم درگلدان)
	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده		
۱	۳۴/۱۲	۲۶/۸۳	۵۵/۴	۵۴/۲	۱۸۹۰	۱۴۵۴	-۷/۲۹	-۴۳۶
۲	۲۵/۳۰	۲۵/۵۷	۵۵/۷	۵۰/۵	۱۴۰۹	۱۲۷۶	۰/۳۰	-۱۲۳
۳	۲۵/۴۸	۴۴/۵۳	۵۲/۶	۵۷/۲	۱۳۴۰	۲۵۴۷	۱۹/۰۰	۱۲۰۶
۴	۲۶/۳۹	۱۵/۴۱	۶۴/۳	۷۱/۶	۱۶۹۷	۱۱۰۳	-۱۰/۹۰	-۵۹۳
۵	۲۷/۱۶	۲۶/۸۶	۶۵/۷	۶۲/۱	۱۷۸۴	۱۶۶۸	-۰/۳۰	-۱۱۶
۶	۲۹/۸۶	۲۶/۹۹	۶۴/۸	۵۹/۵	۱۹۳۵	۱۶۰۶	-۲/۸۷	-۳۲۹
۷	۲۸/۴۰	۳۴/۴۷	۵۶/۰	۵۵/۴	۱۵۹۰	۱۹۱۰	۶/۰۷	۳۱۹
۸	۲۳/۵۲	۴۰/۲۰	۴۲/۹	۴۷/۹	۱۰۰۹	۱۹۲۶	۱۶/۶۸	۹۱۶
۹	۲۵/۳۹	۲۷/۲۴	۴۱/۵	۴۵/۹	۱۰۵۴	۱۲۵۰	۱/۸۵	۱۹۷
۱۰	۲۷/۹۴	۲۸/۴۷	۵۰/۵	۵۷/۹	۱۴۱۱	۱۶۴۸	۰/۵۳	۲۳۷
۱۱	۳۴/۹۳	۲۸/۱۴	۵۷/۷	۵۹/۹	۲۰۱۵	۱۶۸۶	-۶/۷۹	-۳۲۹
۱۲	۱۹/۳۰	۲۲/۵۸	۳۷/۸	۳۹/۰	۷۳۰	۸۸۱	-۶/۲۸	۱۵۱
۱۳	۳۴/۲۳	۲۸/۹۰	۴۹/۸	۵۰/۹	۱۷۰۵	۱۴۷۱	-۵/۲۰	-۲۳۳
۱۴	۲۳/۷۴	۴۵/۳۶	۴۳/۱	۴۱/۳	۱۰۲۳	۱۸۷۳	۲۱/۶۲	۸۵۰
۱۵	۲۱/۱۲	۲۶/۷۲	۴۳/۲	۴۳/۲	۹۱۲	۱۱۵۴	۵/۶۰	۲۴۲
۱۶	۳۰/۶۹	۲۷/۵۹	۳۹/۶	۳۷/۶	۱۲۱۵	۱۰۳۷	-۳/۱۰	-۱۷۷
۱۷	۲۳/۶۰	۳۲/۲۵	۴۶/۱	۴۶/۳	۱۰۸۸	۱۴۹۳	۸/۶۵	۴۰۵
۱۸	۲۵/۲۳	۲۹/۵۷	۳۸/۵	۴۰/۲	۹۷۱	۱۱۹۸	۴/۳۴	۲۱۷
۱۹	۳۳/۴۹	۲۸/۸۹	۳۷/۶	۳۹/۳	۱۲۵۹	۱۱۳۵	-۴/۶۰	-۱۲۳
۲۰	۲۴/۹۰	۲۲/۱۷	۵۲/۷	۵۷/۷	۱۳۱۲	۱۲۷۰	-۲/۸۹	-۴۲
میانگین	۲۷/۲۴	۲۹/۴۲^{ns}	۴۹/۸	۵۰/۹^{ns}	۱۳۶۷	۱۴۷۹^{ns}	۲/۱۸	۱۱۲

ns- عدم اختلاف معنی دار * و **- به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد و یک درصد

جدول ۱۳- اثرات باقیمانده مصرف سولفات منگنز برعملکرد ماده خشک اندام هوایی (۲ بوته)، غلظت و جذب کل منگنز (سال چهارم آزمایش)

شماره خاک	عملکرد ماده خشک (گرم درگلدان)		غلظت منگنز در گیاه (میکروگرم درگرم)		جذب کل منگنز (میکروگرم درگلدان)		اضافه عملکرد (گرم)	جذب اضافی منگنز (میکروگرم درگلدان)
	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده	شاهد	تیمارشده		
۱	۳۴/۱۰	۲۶/۱۳	۱۷۲	۱۶۹	۵۸۶۵	۴۴۱۶	-۷/۹۷	-۱۴۴۹
۲	۳۱/۸۹	۱۵/۸۳	۱۷۲	۲۲۰	۵۴۸۵	۳۴۸۲	-۱۶/۰۰	-۲۰۰۲
۳	۲۴/۵۷	۲۲/۷	۲۱۹	۱۹۶	۵۳۸۰	۴۴۴۹	-۱/۸۷	-۹۳۱
۴	۲۱/۲۳	۱۶/۳۴	۲۳۹	۲۵۸	۵۰۷۴	۴۲۱۵	-۴/۸۹	-۵۸۵
۵	۳۵/۰۸	۳۲/۵۶	۲۰۵	۲۱۱	۷۱۹۱	۶۸۷۰	-۲/۵۲	-۳۲۱
۶	۲۰/۶۸	۲۴/۶۷	۲۲۵	۲۲۶	۴۶۵۳	۵۵۷۵	۳/۹۹	۹۲۲
۷	۳۴/۳۳	۲۷/۹۹	۲۲۸	۲۲۶	۷۸۲۷	۶۳۲۵	-۶/۳۴	-۱۵۰۱
۸	۲۸/۹۲	۱۶	۱۸۲	۱۴۴۰	۵۲۶۳	۲۳۰۴	-۱۲/۹۰	-۲۹۵۹
۹	۲۸/۶۹	۳۰/۸۹	۱۵۲	۱۶۰	۴۳۶۰	۴۹۴۲	۲/۲۰	۵۸۱
۱۰	۲۴/۷۴	۲۶/۴۳	۱۹۷	۱۹۴	۴۸۷۳	۲۱۴۷	۱/۶۹	۲۵۳
۱۱	۲۸/۹۱	۲۴/۲۶	۱۸۶	۱۹۲	۵۳۷۷	۴۶۵۷	-۴/۶۵	-۷۱۹
۱۲	۲۹/۰۴	۳۷/۵۳	۱۰۴	۱۰۲	۳۰۲۰	۳۸۲۸	۸/۴۹	۸۰۷
۱۳	۲۵/۲۹	۳۸/۷۲	۱۵۸	۱۳۸	۳۹۹۵	۵۳۴۳	۱۳/۴۳	۱۳۴۷
۱۴	۲۴/۷۵	۳۹/۰۱	۱۲۸	۱۶۳	۳۱۶۸	۶۳۵۸	۱۴/۲۶	۳۱۹۰
۱۵	۳۲/۷۶	۳۱/۷۳	۱۱۶	۱۳۵	۳۸۰۰	۴۲۸۳	-۱/۰۳	۴۸۳
۱۶	۲۲/۶۵	۳۱/۸۳	۱۱۰	۱۱۹	۲۴۹۱	۳۰۷۳	۳/۱۸	۵۸۲
۱۷	۳۰/۵۸	۳۷/۰۲	۱۵۶	۱۵۵	۴۷۷۰	۵۷۳۸	۶/۴۴	۹۶۷
۱۸	۲۰/۳۱	۳۱/۳۱	۱۳۰	۱۳۶	۲۶۴۰	۴۲۵۸	۱۱/۰۰	۱۶۱۷
۱۹	۳۲/۵۴	۲۷/۴۳	۹۴	۹۷	۳۰۵۸	۲۶۶۰	-۵/۱۱	-۳۹۸
۲۰	۳۱/۰۹	۲۶/۹۴	۱۵۵	۱۷۲	۴۸۱۹	۴۶۳۳	-۴/۱۵	-۱۸۵
میانگین	۲۸/۱۱	$۲۷/۹۷^{ns}$	۱۶۶	۱۷۰^{ns}	۴۶۵۵	۴۶۲۶^{ns}	-۰/۱۴	-۲۸/۲

ns- عدم اختلاف معنی‌دار * و **- به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و یک درصد



شکل ۱- میانگین تغییرات چهار ساله جذب منگنز (Mn) اضافی توسط بوته و دانه سویا

اثرات باقی‌مانده سولفات منگنز بر ماده خشک، غلظت و جذب کل روی در تک‌تک خاک‌های جمع‌آوری شده از منطقه زیر کشت سویا از سال‌های اول تا چهارم پس از مصرف سولفات منگنز درجدول‌های (۸) الی (۱۱) در ضمیمه مقاله گنجانده شده است. میانگین جذب اضافی منگنز (Mn) توسط بوته و دانه سویا (ازحاصل‌ضرب میانگین عملکرد دانه و بوته در میانگین غلظت منگنز دانه و بوته سویا، میانگین جذب منگنز دانه و بوته سویا در تیمار شاهد و تیمار مصرف منگنز حاصل شد و سپس با کم کردن میانگین جذب تیمار مصرف منگنز از تیمار شاهد میانگین جذب اضافی محاسبه شد) در سال‌های مختلف بررسی و در شکل یک نشان داده شده است.

بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج سال اول آزمایش، مصرف منگنز سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک و جذب کل منگنز گیاه شد. مصرف منگنز غلظت منگنز گیاه را افزایش داد و لی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. با مصرف منگنز عملکرد ماده خشک از ۱۶/۱۵ به ۲۰/۲۹ گرم در گلدان افزایش یافت. همچنین مصرف منگنز موجب افزایش غلظت و جذب کل منگنز به‌ترتیب معادل ۴/۵ و ۲۶/۶ درصد در اندام‌هـــــای هوایی گیاه گردید. نتایج اثرات مثبت مصرف منگنز در رشد و عملکرد سویا توسط تعدادی از پژوهشگران ارائه شده است (Asadi Kangarshahi and Cherati, 2003; Feizollahzade Ardebili et al., 2001; Gettir et al., 1985; Boswell et al., 1981; Cox, 1968). برای رسیدن به عملکرد بهینه در بیشتر خاک‌های آهکی، مصرف منگنز نیاز است اما بازیافت منگنز در این خاک‌ها به دلیل نگه‌داری آن روی سایت‌های ماده آلی و کربنات کلسیم بسیار پایین است (Karimian and Gholamalizadeh, 1998). با مصرف کود روی به خاک، روی به آرامی به شکل‌های غیر قابل استفاده تبدیل می‌شود ولی با پخش سطحی منگنز در خاک، منگنز

موجود درکود سریعاً براثر فرآیند اکسایش، به اشکال غیرمحلول اکسید می‌شود و قابلیت استفاده آن به‌شدت کاهش می‌یابد. بنابراین برای رفع کمبودهای شدید منگنز بایستی مقادیر بیشتری از کود منگنز استفاده نمود تا اثرات باقیمانده آن حداقل برای مدت یک الی دو سال نیاز گیاه را به منگنز تامین نماید (Martens and Westerman, 1991). مطالعات مختلف درمورد مصرف منگنز در یک خاک لومی شنی نشان داد که حداکثرعملکرد دانه سویا با کاربرد ۴۰ کیلوگرم سولفات منگنز درهکتار بصورت پخش سطحی بدست آمد ولی اثر باقیمانده ۶۰ کیلوگرم سولفات منگنز درهکتار بصورت پخش سطحی برای رفع کمبود منگنزدرهمین خاک برای کشت دوم محصول سویا کافی نبود (Gettier et al , 1984). بنابراین پائین بودن اثرات باقیمانده کودهای منگنز درخاک، توسط اکثرمحققین گزارش شده است (Parker and Walker, 1986; Vitosh et al., 1981; Robertson and Lucas, 1976) و این محققین در اکثر موارد روش مصرف نواری و محلول‌پاشی کودهای منگنزدار را به روش پخش سطحی این کودها ترجیح می‌دهند.

اثر باقی‌مانده سولفات منگنز در سال دوم، موجب افزایش عملکرد دانه سویا نسبت به شاهد شد. نتایج عملکرد دانه سویا نشان دادکه در سال دوم آزمایش، مصرف منگنز عملکرد دانه سویا را ۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین اثر باقی‌مانده سولفات منگنز بر وزن ماده خشک سویا قبل ازگلدهی نشان دادکه اثر باقی‌مانده مصرف سولفات منگنز، غلظت منگنز درگیاه را ۶/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. نتایج تحقیقی که به منظور بررسی اثرات باقی‌مانده ۳۰ کیلوگرم سولفات منگنز و اکسی سولفات منگنز در هکتار در یک خاک رسی صورت گرفت، نشان داد که اثرات باقی‌مانده منگنز ناشی از مصرف کودهای منگنز تنها قادر است به مدت ۲ سال نیازگیاه را تامین نماید (Mascayni and Cox, 1985). اثر باقی‌مانده تیمار سولفات منگنز عملکرد ماده خشک سویا را تقریباً ۲/۴۸ درصد، نسبت به شاهد، افزایش داد. اما اثر باقی‌مانده سولفات منگنز، برعملکرد ماده خشک سویا قبل ازگلدهی تاثیری نداشت. اثر باقی‌مانده سولفات منگنز، غلظت منگنز درگیاه را ۲/۹۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. در سال سوم آزمایش، اثر باقی‌مانده مصرف منگنز عملکرد دانه سویا را ۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. اثر باقی‌مانده سولفات منگنز در سال چهارم آزمایش بر وزن ماده خشک سویا قبل از گلدهی نشان داد که اثر باقی‌مانده سولفات منگنز، برعملکرد ماده خشک سویا قبل ازگلدهی تاثیری نداشت. نتایج تحقیقات انجام شده نشان دادکه به‌کارگیری سولفات منگنز در خاک‌های آهکی، نه تنها بر روی رشد و ترکیب شیمیایی اولین کشت سویا اثر می‌گذارد بلکه بر رشد و ترکیب شیمیایی سویا در سال‌های بعد نیز موثر است، به‌طوری‌که عملکرد دانه، ماده خشک گیاهی، غلظت و جذب کل منگنز محصول سویا در سال دوم کشت به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. در سال سوم آزمایش، اثر باقی‌مانده سولفات منگنز بر عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک گیاهی تاثیرمعنی‌داری نداشت ولی غلظت و جذب کل منگنز تحت تاثیر، اثر باقی‌مانده سولفات منگنز قرار گرفت. در سال چهارم آزمایش، اثر باقی‌مانده سولفات منگنز بر عملکرد ماده خشک گیاهی و بر غلظت منگنز گیاه تاثیر معنی‌داری نداشت.

REFERENCES

Ahyaee, M. 1997. Methods of soil chemical analysis. Publication 1024. Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran. (In Farsi)

Asadi Kangarshahi, A. and Cherati, A. (2003). Effect of manganese sulfate using on soybean growth and yield under greenhouse condition. In: Proceedings of *8th Iranian Soil Science Congress*, Rasht, Iran. (In Farsi)

Asadi Kangarshahi, A. and Mahmoudi, M. (2000). Necessity of zinc and manganese using in citrus of west of Mazandaran. *Iranian Journal of Soil and Water Sciences*, 12(8), (In Farsi)

Asadi Kangarshahi, A. and Mahmoudi, M. (2001). Trend of used chemical fertilizer and its consequence in Mazandaran. In: Proceedings of *7th Iranian Soil Science Congress*, Shahrekord, Iran. (In Farsi)

Asadi Kangarshahi, A. and Malakouti, M.J. (2006). Calibration of Soil Mn and its Effects on the Yield of Soybean in Mazandaran Province. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 37(5), 839-845. (In Farsi)

Borzou, A. and Maftoun, M. (1999). Effect of residual zinc and its forms in growth and zinc uptake in some waterlogging calcareous soils of Fars, Iran . In: Proceedings of *6th Iranian Soil Science Congress*, Mashhad, Iran. (In Farsi)

Boswell, F. C., Ohki., K., Parker, M.B., Shuman, L. and Wilson, D.O. (1981). Methods and rates of applied manganese for soybean. *Agronomy Journal,* 73, 709-712.

Brown, A.L, Krntz, B.A. and Martin, P.E. (1964). The residual effect of zinc applied to soils. *Soi.Science Society of America Journal,* 28, 236-238.

Cherati, A. and Ghasemi, O. (1999). Soybean yield response as affected by potassium and micronutrients in Mazandran. In: *International Symposium on Balanced Fertilization and Crop Response to Potassium*, Tehran, Iran.

Cox, F.R. (1968). Development of a yield response predication and manganese soil test interpretation for soybean. *Agronomy Journal*, 60, 521-524.

Emami, A. (1996). Methods of plant analysis.

Publication 982. Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran. (In Farsi)

Feizollahzade Ardebili, M., Karimian, N.A., Kasraee, R. and Malakouti. M. J. (2001). Determination of suitable methods of manganese extraction and its critical level for soybean in some of south and west south soils of Tehran province. In: Proceedings of *7th Iranian Soil Science Congress*, Shahrekord, Iran. (In Farsi)

Gettier, S.W, Martens, D.C. Hollock, D. I. and Stewaert, M. J. (1984). Residual Mn and associated soybean yield response from $MnSO_4$ application on a sandy loam soil. *Plant Soil*. 81, 101-110.

Gettier , S., Martens, D. C. and Donohue, S.J. (1985). Soybean yield response prediction from soil test and tissue manganese levels. *Agronomy Journal*, 77, 63 – 67.

Gupta, V. K., Gupta, A. P. and Raj, H. (1983). Micronutrient contents and yield of lentil and maize as influenced by direct and residual application of organic manure and zinc. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 53, 226-230.

Gupta, V. K., Gupta, A. P. and Katyal, J.C. (1986). Direct and residual effect of zinc in pearl millet-wheat pearl millet and cowpea - wheat- cowpea cropping sequence. *Journal of Indian Society of Soil Science*., 34, 92-96.

Karimian , N. A. and Ghanbari, A. (1990). Evaluation of different extractions for predication of plant response to applied P fertilizers in highly calcareous soils. Abst. *10th World Fertilizer Congress*. CIEC.

Karimian, N. and Gholamalizadeh, A. (1998). Manganese retention by selected calcareous soil as related to soil properties. *Communication in soil science and Plant Analysis*, 29, 1061-1070.

Karimian, N. and Yasrebi, J. (1995). Prediction of residual effects of zinc sulfate on growth and zinc uptake of corn plant using three zinc soil tests. *Commounication in Soil Science and Plant Analysis*. 26, 277-287.

Kshavarz, P.(1996). Selective Zn suitable exterant for zinc uptake of corn plant in Mazandran soils.M.Sc. dissertation, University of Theran, Theran, Iran.

Lindsay, W.L. and Norvel, W.A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of American Journal*, 42, 421- 428.

Malakouti, M.J. and Gheibi, M.N. (1997). Determination of critical level of nutritional elements in strategic crops and correct fertilizer recommendation in Iran. Agricultural Ejucate Publish,

Martens, D.C. and Westerman, D.T. (1991). Micronutrient soil tests. In J.J. Mortred et al., (Ed.), *Micronutrients in agriculture*. (pp. 427-476). *Soil Science Society of American Journal* Madison,WI.

Mascayni, H. J. and Cox. F.R (1985). Effective rates of fertilization for correcting manganese deficiency in soybeans. *Agronomy Journal*. 77, 362- 366.

Olson, S.R. and Sommers, L.E. (1982) Phosphorus. In: A.L. Page et al.,(Ed.), *Methods of soil analysis*. Part 2. Monograph no 9. (pp. 403-430). American Journal of Agronomy, Madison, WI.

Robertson , L.S. and R.E. Lucas . 1976 . Essential micronutrients : Zinc Michigan Coop . Extension service bulletin, E – 1012.

Parker, M.B. and Walker, M.E. (1986). Soil pH and manganese effects on manganese nutrition of peanut. *Agronomy Journal*, 78, 614-620.

Vitosh, M.L., Warneke, D.D., Knezek, B.D. and Lucas, R.E. (1981). Micronutrients for vegetables and field crops. Michigan Coop Extension Service Bulletin, E. 1426.

Yasrebi, J. (1991). *Effect of residual zinc sulfate on zn forms in calcareous soils of under Doroudzan sad in Fars province and relationship of these forms with growth and zinc level in Zeamays*. M.S. dissertation, Agricultural Faculty, Shiraz University, Iran. (in Farsi)