Arch

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و ششم، شماره سوم، ۱۳۹۸
۱-۲۷
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2019.15712.3091

اثر تلفیق اوره با کود دامی و دو نوع کمپوست (لجن فاضلاب و پسماند شهری) بر غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف و سدیم در دانه، برگ و ساقه گندم

*نصرت‌اله نجفی[۱]، راشد احمدی‌نژاد[۲]، ناصر علی‌اصغرزاد[۳] و شاهین اوستان[۳]

[۱]دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز، [۲]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز،
[۳]استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۲

چکیده

سابقه و هدف: برای بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی در خاک، افزایش نفوذ آب در خاک، کاهش فرسایش خاک و بهبود رشد و عملکرد گیاهان، مصرف کودهای آلی مختلف در خاک با توجه به کمبود مواد آلی در بیش‌تر خاک‌های ایران، اهمیت زیادی دارد. بااین‌حال، این کودها به‌تنهایی نمی‌توانند نیاز گیاهان را تأمین کنند و به اندازه کافی در دسترس کشاورزان نیستند. از طرف دیگر، مصرف زیاد کودهای شیمیایی باعث آلودگی محیط‌زیست و افزایش هزینه تولید می‌شود. بنابراین، برای استفاده مؤثر از کودهای شیمیایی و آلی و دستیابی به کشاورزی پایدار، مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی توصیه شده است. کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف در بیش‌تر خاک‌های کشاورزی عملکرد و کیفیت گندم (*Triticum aestivum* L.) را به‌عنوان یک محصول استراتژیک در ایران کاهش می‌دهد. بنابراین، وجود غلظت‌های مناسبی از این عناصر در دانه و کاه کلش گندم نه‌تنها برای بهبود عملکرد و کیفیت این گیاه بلکه در زنجیره غذایی برای رشد و سلامتی حیوانات و انسان ضروری است. برای بهبود تغذیه عناصر غذایی کم‌مصرف و کیفیت گندم، مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک ضروری است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش برای بررسی تأثیر تلفیق اوره با کود دامی، کمپوست پسماند شهری و کمپوست لجن فاضلاب شهری بر غلظت آهن، روی، مس، منگنز و سدیم دانه، ساقه و برگ گندم رقم الوند انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ تیمار و سه تکرار در شرایط مزرعه‌ای در ایستگاه تحقیقات کشاورزی خلعت‌پوشان دانشگاه تبریز انجام شد. تیمارها شامل ۱- شاهد (بدون مصرف کود آلی و اوره)، ۲- کود اوره (۱۵۰kg/ha)، ۳- کود اوره (۳۰۰kg/ha)، ٤- کمپوست پسماند شهری (۳۰t/ha)، ٥- کمپوست پسماند شهری (۳۰t/ha) + کود اوره (۱۵۰kg/ha)، ٦- کمپوست پسماند شهری (٦۰t/ha)، ۷- کمپوست پسماند شهری (٦۰t/ha) + کود اوره (۱۵۰kg/ha)، ۸- کمپوست لجن فاضلاب شهری (۳۰t/ha)، ۹- کمپوست لجن فاضلاب شهری (۳۰t/ha) + کود اوره (۱۵۰kg/ha)، ۱۰- کمپوست لجن فاضلاب شهری (٦۰t/ha)، ۱۱- کمپوست لجن فاضلاب شهری

* مسئول مکاتبه: n-najafi@tabrizu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

(۶۰t/ha) + کود اوره (۱۵۰kg/ha)، ۱۲- کود دامی (۳۰t/ha)، ۱۳- کود دامی (۳۰t/ha) + کود اوره (۱۵۰kg/ha)، ۱۴- کود دامی (۶۰t/ha) و ۱۵- کود دامی (۶۰t/ha)+ کود اوره (۱۵۰kg/ha) بودند. مساحت هر کرت ۲×۱/۹ مترمربع بود. در پایان دوره رشد، گیاهان برداشت شدند و غلظت آهن، روی، مس، منگنز و سدیم در دانه، برگ و ساقه آن‌ها تعیین شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تأثیر تیمارها بر غلظت آهن، روی، منگنز و مس اندام‌های مختلف گندم در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (به‌استثنای غلظت مس دانه). مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار غلظت آهن دانه و ساقه، غلظت مس برگ و ساقه، غلظت منگنز برگ و غلظت سدیم ساقه را به‌طور معناداری نسبت به شاهد افزایش داد. بین سطح کود اوره و غلظت روی برگ همبستگی مثبت معنادار مشاهده شد. مصرف کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب شهری و کمپوست پسماند شهری غلظت آهن و روی دانه، غلظت آهن، روی و منگنز برگ و آهن، روی، مس و منگنز ساقه گندم را به‌طور معنادار نسبت به شاهد افزایش داد. غلظت آهن، روی، مس و منگنز در اندام‌های مختلف گندم در تیمارهای تلفیقی به‌ویژه تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم اوره با ۶۰ تن در هکتار کودهای آلی بیش‌تر از سایر تیمارها بود در حالی‌که غلظت سدیم دانه گندم در این تیمارها کم‌تر از سایر تیمارها بود. میانگین غلظت آهن، روی، مس، منگنز و سدیم در اندام‌های مختلف گندم به‌ترتیب به‌صورت برگ > ساقه > دانه، دانه > برگ > ساقه، دانه > برگ > ساقه، ساقه > دانه > برگ و ساقه > برگ > دانه بود. میان غلظت‌های عناصر در اندام‌های مختلف گندم همبستگی‌های معنادار وجود داشت.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی، برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و دستیابی به کشاورزی پایدار، بهبود تغذیه آهن، روی، مس و منگنز گندم و بهبود کیفیت دانه، کاه و کلش آن، مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره به‌همراه ۳۰ یا ۶۰ تن در هکتار از لجن فاضلاب شهری یا کود دامی و یا کمپوست پسماند شهری در شرایط مشابه می‌تواند توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: کمپوست، کود دامی، گندم، لجن فاضلاب، مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) در بسیاری از مناطق دنیا با آب‌وهوای متنوع کشت شده و در میان غلات بیش‌ترین سطح زیر کشت و تولید را دارد. در سال ۲۰۱۳، سطح زیرکشت و تولید گندم در جهان و ایران به‌ترتیب حدود ۲۱۹ و ۷ میلیون هکتار و ۷۱۵ و ۱۴ میلیون تن بود (۱۲). در آشپزخانه‌ها، قنادی‌ها، کارخانه‌های صنایع غذایی، انواع غذاها، شیرینی‌ها و غیره از دانه و آرد گندم تهیه و به‌وسیله انسان مصرف می‌شود. در میان غلات گندم بیش‌ترین مصرف را در تغذیه انسان دارد و منبع اصلی پروتئین و انرژی مورد نیاز بشر است. از طرف دیگر، با توجه به کمبود علوفه در ایران، علاوه‌بر دانه، برگ‌ها و ساقه گندم (کاه و کلش) نیز در تغذیه دام کاربرد وسیعی دارد. بنابراین، افزایش عملکرد دانه و کاه و کلش گندم و بهبود کیفیت آن برای تأمین غذای مورد نیاز انسان و دام اهمیت زیادی دارد. از شاخص‌های کیفیت دانه و کاه و کلش گندم می‌توان به غلظت عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف اشاره کرد.

بااین‌حال، کشت متراکم، فرسایش خاک، آب‌شویی، مصرف کم کودهای آلی، استفاده از کودهای شیمیایی با درصد خلوص زیاد، به زیرکشت

www.SID.ir

Archive of SID

بردن خاک‌های فقیر، pH زیاد، شور، خشک و آهکی بودن خاک‌ها و کیفیت نامناسب آب آبیاری سبب گسترش کمبود عناصر غذایی در گیاهان زراعی، انسان و دام شده است (۱۱ و ۱۷)؛ برای مثال، در حدود ۵۰ درصد مردم جهان از کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف رنج می‌برند (٦). بررسی‌ها نشان داده است که مصرف کودهای آلی و شیمیایی می‌تواند با بهبود حاصلخیزی خاک، عملکرد و غلظت عناصر غذایی دانه و کاه و کلش گندم را افزایش دهد (٦، ۲۹ و ۳۱).

بااین‌حال، مصرف زیاد کودهای شیمیایی، سبب آلودگی محیط‌زیست و افزایش هزینه تولید محصولات کشاورزی می‌شود. ازطرف‌دیگر، کودهای آلی در همه جا به اندازه کافی در دسترس کشاورزان نیستند و به‌تنهایی نمی‌توانند تمام عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان را تأمین نمایند (۹، ۲۳ و ۳۱). بنابراین، توصیه شده است در تولید محصولات کشاورزی، کودهای آلی همراه کودهای شیمیایی مصرف شوند (۳۱ و ٤١). امروزه استفاده از کمپوست پسماند شهری و کمپوست لجن فاضلاب در تولید محصولات کشاورزی در حال افزایش است؛ زیرا استفاده از این مواد در کشاورزی یک راه ایمن برای دفن پسماند جامد شهری و لجن فاضلاب بوده و روشی ارزان برای افزایش حاصلخیزی خاک است. بااین‌حال، با توجه به آلودگی‌های احتمالی موجود در این مواد، لازم است مصرف آن‌ها در خاک‌های کشاورزی با احتیاط و بر اساس نتایج پژوهش‌ها باشد (۹ و ۳۱) .

آهن، روی، مس و منگنز از عناصر کم‌مصرف ضروری برای تغذیه و رشد گیاهان، انسان و دام هستند. سدیم از عناصر پرمصرف ضروری برای تغذیه و رشد انسان و دام و از عناصر سودمند برای تغذیه و رشد گیاهان است (٤ و ۲۹). بنابراین، وجود غلظت‌های مناسبی از این عناصر در گیاهان نه‌تنها برای بهبود عملکرد و کیفیت گیاهان بلکه در زنجیره غذایی برای رشد و سلامتی انسان و دام ضروری است. همچنین، وجود غلظت‌های مناسبی از آهن، روی، مس و منگنز در دانه گندم باعث بهبود کیفیت بذر و رشد بهتر گیاه حاصل از آن می‌شود (۱۱، ۱۷، ۲۹ و ٤٧). بهترین روش جلوگیری از بروز کمبودهای عناصر غذایی کم‌مصرف و سدیم در انسان و دام، مصرف مواد غذایی حاوی مقادیر کافی از این عناصر در یک رژیم غذایی متعادل است. برای مثال، سدیم مورد نیاز انسان و دام با مصرف نمک‌های معدنی یا دریایی در غذاها و جیره غذایی دام (به‌صورت سنگ نمک) فراهم می‌شود اما این روش ایرادهایی مانند ورود آلاینده‌های موجود در این نمک‌ها به زنجیره غذایی و مصرف بیش از حد نمک به‌وسیله انسان و دام دارد. اگر غلظت سدیم در محصولات کشاورزی مناسب باشد، نه‌تنها بر رشد و کیفیت محصولات کشاورزی اثر دارد، بلکه در زنجیره غذایی سدیم مورد نیاز انسان و دام را به‌شیوه امن فراهم می‌کند. در این راستا، افزایش تولید مواد غذایی و افزایش غلظت عناصر غذایی در مواد غذایی مصرفی انسان و دام (غنی‌سازی) اهمیت ویژه‌ای دارد (۲٦ و ٤٧).

بررسی منابع نشان داد که تاکنون بررسی‌های محدودی در مورد اثر مواد آلی مختلف بر رشد گندم و جذب عناصر غذایی به‌وسیله آن انجام شده است. برای مثال، کرمی و همکاران (۲۰۰۹) اثرهای تجمعی و باقی‌مانده لجن فاضلاب شهری بر غلظت روی و مس در خاک و گیاه گندم را بررسی کردند (۲۲). فتح‌العلومی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند که مصرف ۱۸۰ تن در هکتار لجن فاضلاب شهری غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه گندم کشت شده در شرایط گلخانه‌ای را افزایش داد (١٤). نجفی و محمدنژاد (۲۰۱٦) گزارش دادند که غلظت آهن، روی و منگنز شاخساره ذرت با مصرف کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری

www.SID.ir

Archive of SID

در هر دو سطح فشردگی خاک (چگالی ظاهری ۱/۲ و ۱/۷ گرم در سانتی‌مترمکعب) به‌طور معناداری افزایش یافت (۳۲).

مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهان به‌ویژه تلفیق کودهای آلی و شیمیایی روشی مناسب برای غنی‌سازی محصولات کشاورزی است (۳۱). برخی پژوهشگران اثر تلفیق کودهای آلی و شیمیایی را بر غلظت عناصر غذایی گندم مطالعه کرده‌اند (۴۲، ۴۵ و ۴۹). احمدی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۳) اثر تلفیق کودهای آلی و نیتروژن را بر کارایی مصرف آب، عملکرد و ویژگی‌های رشد گندم بررسی کردند (۱). کاظم‌زاده و همکاران (۲۰۱۴) گزارش دادند که با تلفیق کودهای آلی و نیتروژن کیفیت آرد گندم بهبود یافت (۲۴). کاظم‌علیلو و همکاران (۲۰۱۸) مشاهده کردند که با تلفیق لجن فاضلاب و کود فسفر رشد آفتابگردان در شرایط با و بدون تنش کمبود آب افزایش یافت (۲۳). بااین‌حال، تا کنون اثر تلفیق کود اوره با کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب شهری و کمپوست پسماند شهری بر غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف و سدیم در اندام‌های مختلف گندم در شرایط مزرعه‌ای بررسی نشده است. بنابراین، هدف از این پژوهش، بررسی اثر تلفیق کود اوره با کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب شهری و کمپوست پسماند شهری بر غلظت آهن، روی، مس، منگنز و سدیم دانه، برگ و ساقه گندم رقم الوند بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی خلعت‌پوشان دانشگاه تبریز در شرایط مزرعه‌ای انجام شد. قبل از کشت گیاه، از خاک مزرعه نمونه مرکب تهیه شد. برای این کار با مته نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر نمونه‌هایی را به‌صورت تصادفی برداشته و روی یک ورقه پلاستیکی ریخته و خوب مخلوط شده و یک نمونه مرکب به جرم حدود دو کیلوگرم به آزمایشگاه منتقل شد. بعد از هواخشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری، ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک شامل بافت، pH گل اشباع، EC عصاره اشباع، کربن آلی، کربنات کلسیم معادل، نیتروژن کل و فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی، مس و سدیم قابل‌جذب اندازه‌گیری شد (۸ و ٤٤). کودهای آلی مورد استفاده در این پژوهش شامل کمپوست لجن فاضلاب شهری، کمپوست پسماند شهری و کود دامی بود که به‌ترتیب از تصفیه‌خانه فاضلاب شهر تبریز، کارخانه کود آلی شهرداری تبریز و ایستگاه تحقیقات کشاورزی خلعت‌پوشان دانشگاه تبریز تهیه شدند. کود دامی مورد استفاده مخلوطی از عمدتاً کود گاوی و مقداری کود گوسفندی بود. کودهای آلی از الک دو میلی‌متری عبور داده شده و ویژگی‌های شیمیایی آن‌ها تعیین شد (۳۸). غلظت کل عناصر در کودهای آلی به روش خشک‌سوزانی و حل کردن خاکستر در محلول دو اسید ($HCl+HNO_3$) اندازه‌گیری شد (۳۸ و ٤٨).

مزرعه مورد نظر در اردیبهشت‌ماه شخم زده شد و قبل از آن به‌مدت دو سال به‌صورت آیش بود. در اواخر شهریورماه مزرعه مذکور آبیاری شد و پس از رسیدن رطوبت خاک به حدود ظرفیت مزرعه‌ای، دیسک زده شد. سپس آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ تیمار و ۳ تکرار در زمینی به مساحت ۳۰۰ مترمربع انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۱- شاهد (بدون مصرف کود آلی و اوره)، ۲- کود اوره (۱۵۰kg/ha)، ۳- کود اوره (۳۰۰kg/ha)، ٤- کمپوست پسماند شهری (۳۰t/ha)، ۵- کمپوست پسماند شهری (۳۰t/ha)+ کود اوره (۱۵۰kg/ha)، ٦- کمپوست پسماند شهری (٦۰t/ha)، ۷- کمپوست پسماند شهری (٦۰t/ha)+ کود اوره (۱۵۰kg/ha)، ۸- کمپوست لجن فاضلاب شهری

www.SID.ir

Archive of SID

(۳۰t/ha)، ۹- کمپوست لجن فاضلاب شهری (۳۰t/ha) + کود اوره (۱۵۰kg/ha)، ۱۰- کمپوست لجن فاضلاب شهری (۶۰t/ha)، ۱۱- کمپوست لجن فاضلاب شهری (۶۰t/ha) + کود اوره (۱۵۰kg/ha)، ۱۲- کود دامی (۳۰t/ha)، ۱۳- کود دامی (۳۰t/ha) + کود اوره (۱۵۰kg/ha)، ۱۴- کود دامی (۶۰t/ha) و ۱۵- کود دامی (۶۰t/ha)+ کود اوره (۱۵۰kg/ha) بودند. سطوح کودهای آلی بر اساس نتایج پژوهش‌های قبلی انتخاب شد (۲۷، ۳۴ و ۳۵). برای مثال، محمودی و همکاران (۲۷) بیش‌ترین رشد گیاه یونجه را با مصرف ۶۰ تن در هکتار لجن فاضلاب مشاهده کردند اما با افزایش سطح لجن فاضلاب به ۱۲۰ تن در هکتار بر اثر شور شدن خاک رشد گیاه کاهش یافت. انتخاب سطوح کود اوره بر اساس نتایج گزارش‌شده به‌وسیله ملکوتی و همکاران (۲۸) انجام شد.

تمام کودهای آلی، ۵۰kg/ha سولفات پتاسیم و یک‌سوم کود اوره (۱۰۰kg/ha در سطح ۳۰۰ و ۵۰ kg/ha در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) چند روز قبل از کشت به‌طور یکنواخت به سطح خاک مزرعه داده شد و با بیل تا عمق ۲۵ سانتی‌متری به‌خوبی با خاک هر کرت مخلوط و آبیاری شد. بقیه کود نیتروژن در دو بار در مراحل پنجه‌زنی و خوشه‌دهی گیاه مصرف شد. برای مصرف یکنواخت کود اوره در داخل کرت‌ها، کود اوره در حجم معینی آب حل شده و با آب‌پاش به‌طور یکنواخت در هر کرت پخش شده و آبیاری شد. آزمایش ۴۵ کرت داشت و مساحت هر کرت ۳/۸ مترمربع بود. طول هر کرت ۲ متر و عرض آن ۱/۹ متر بود. فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر، فاصله بین بلوک‌ها یک متر و فاصله ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر بود. دور هر کرت پشته‌ای به ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر ایجاد شد تا آب آبیاری و بارندگی از کرت خارج نشده و از خارج هم به آن وارد نشود. تعداد ۵۰۰ بذر گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم الوند که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی تهیه شده بود، در هر مترمربع کرت در ابتدای مهرماه به‌صورت ردیفی کاشته شد. سپس آبیاری کرت‌ها به‌صورت کنترل شده و با استفاده از یک کنتور وصل شده به انتهای شلنگ و به‌طور یکسان برای همه کرت‌ها انجام شد. برای تعیین حجم آب مورد نیاز گیاه گندم در هر آبیاری از جدول‌های نیاز آبی گیاهان استفاده شد که به‌وسیله مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور برای هر گیاه و منطقه منتشر شده است (۱۳). در این جدول‌ها، میزان نیاز آبی گیاه گندم باتوجه‌به مرحله رشد آن بر حسب میلی‌متر در روز تعیین و سپس با در نظر گرفتن راندمان ۹۰ درصد و مساحت کرت (مترمربع)، حجم آب مورد نیاز محاسبه شد. با توجه به این‌که هر کرت با کرت بعدی فاصله داشت. انتظار این بود که هنگام آبیاری حدود ۱۰ درصد از آب مصرف‌شده در داخل هر کرت از طریق نفوذ جانبی و نشت از کرت خارج شده و صرف خیس کردن خاک پیرامون هر کرت شود. بنابراین، راندمان آبیاری ۹۰ درصد در نظر گرفته شد.

همچنین، برای ارزیابی کیفیت آب آبیاری ویژگی‌های شیمیایی آن در آزمایشگاه تعیین (۱۵) و نتایج در جدول ۴ ارائه شد. برداشت گیاه در پایان دوره رشد و پس از رسیدگی فیزیولوژیک (تیرماه)، بعد از حذف حاشیه‌های هر کرت، در نیم مترمربع وسط هر کرت انجام و عملکرد دانه، برگ و ساقه گندم تعیین شد. غلظت آهن، روی، مس، منگنز و سدیم دانه، برگ و ساقه گندم به روش خشک‌سوزانی و حل کردن خاکستر در محلول دو اسید ($HCl+HNO_3$) اندازه‌گیری شد (۴۸). در عصاره‌های تهیه شده، غلظت آهن، روی، مس و منگنز با دستگاه جذب اتمی مدل AA-6300 ساخت شرکت Shimadzu ژاپن و غلظت سدیم با دستگاه فلیم

www.SID.ir

Archive of SID

فتومتر مدل ٤١٠ ساخت شرکت Corning انگلستان تعیین شد (۲۰). تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزارهای MSTATC و SPSS و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد. برای انجام تحلیل آماری، پس از آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها، داده‌ها تجزیه واریانس شده و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول ۱ ارائه شده است. خاک مزرعه بر اساس Soil Taxonomy 2014، در طبقه Fine, mixed, active, mesic Typic Calcixerepts قرار گرفت. این خاک قلیایی بوده و با ۰/۷٦ درصد کربن آلی، کمبود مواد آلی داشت. غلظت فسفر، روی، مس و منگنز قابل‌جذب گیاه گندم در خاک مورد آزمایش بیش‌تر از سطح بحرانی، غلظت آهن قابل‌جذب آن کم‌تر از سطح بحرانی و پتاسیم قابل‌جذب آن نزدیک سطح بحرانی بود (۱۸ و ۲۸). نتایج تجزیه کودهای آلی مورد استفاده در جدول‌های ۲ تا ۳ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود کودهای آلی مورد استفاده از نظر ویژگی‌های مختلف باهم تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای داشتند. سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (۱۹۹۳) حد مجاز استاندارد غلظت سرب و کادمیم در کودهای آلی را به‌ترتیب ۳۰۰ و ۳۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده است (۱۰). با توجه به جدول ۲، غلظت این دو فلز سنگین در هر سه کود آلی کم‌تر از این حد بود و این مواد از نظر سمیت این فلزات سنگین خطری نداشتند. نتایج تجزیه آب آبیاری مورد استفاده که از آب لوله‌کشی ایستگاه تحقیقات کشاورزی تأمین شد، در جدول ٤ ارائه شده است. به‌نظر می‌رسد وجود روی و آهن در این آب ناشی از زنگ‌زدگی و خوردگی لوله‌های آب باشد. این آب از لحاظ کشاورزی مشکل خاصی نداشت (۳).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه.

Table 1. Some physical and chemical properties of studied soil.

Zn	Cu	Mn	Fe	P	K	Na	EC_e	pH_e	OC	CCE	رس	شن	بافت
Available (mg/kg)							(dS/m)		(٪)				Texture
1.0	1.7	9.9	3.3	27.0	188	195	1.39	7.7	0.76	9.78	18.5	49.8	Loam

CCE: Calcium carbonate equivalent (کربنات کلسیم معادل); EC_e: Electrical conductivity of saturation extract (قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع); OC: Organic carbon (کربن آلی); pH_e: pH of saturation extract

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده.

Table 2. Some chemical properties of studied organic fertilizers.

C/N	N	OC	OM	$EC_{(1:5)}$ (dS/m) (v/v)	$pH_{(1:5)}$ (v/v)	
	(٪)					
18.7	0.95	17.8	30.7	13.5	8.5	کود دامی (Manure)
9.3	1.20	11.2	19.3	12.4	7.1	کمپوست لجن فاضلاب شهری (Municipal sewage sludge compost)
17.5	0.60	10.5	18.1	17.2	7.4	کمپوست پسماند جامد شهری (Municipal solid waste compost)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- غلظت کل عنصرها در کودهای آلی مورد استفاده.

Table 3. Elements total concentrations of studied organic fertilizers.

Pb	Cd	Mn	Zn	Cu	Fe	Na	K	Ca	Mg	P	
(mg/kg)						(mg/g)					
94	9.7	148	101	38.9	5149	6.9	22.5	12.8	21.4	9.6	کود دامی (Manure)
163	13.2	322	3276	304	11972	2.9	5.6	28.0	56.2	8.7	کمپوست لجن فاضلاب شهری (MSSC)
131	10.5	262	245	307	13621	7.7	7.0	6.8	13.4	6.5	کمپوست پسماند جامد شهری (MSWC)

MSWC: Municipal solid waste compost; MSSC: Municipal sewage sludge compost

جدول ٤- نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده.

Table 4. The chemical analysis results of used irrigation water.

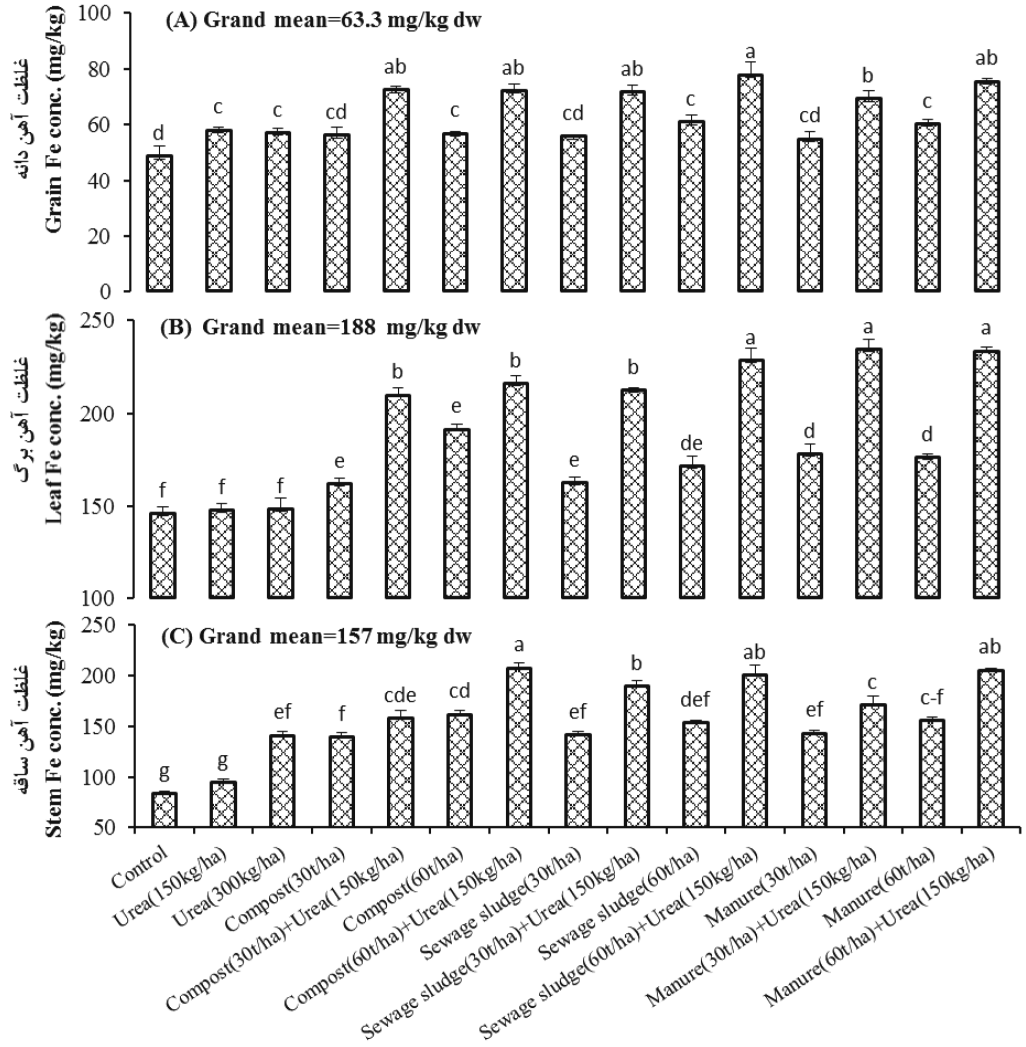
K	P	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Na	pH	SAR	EC
(mg/L)										$(meq/L)^{0.5}$	(dS/m)
4.3	0.05	42	11	0.10	0.00	0.60	0.00	3.5	7.7	0.07	0.49

SAR: Sodium adsorption ratio (نسبت جذب سدیم); EC: Electrical conductivity

غلظت آهن دانه، برگ و ساقه گندم: تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر غلظت آهن دانه، برگ و ساقه گندم در سطح احتمال یک درصد معنادار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت آهن دانه با مصرف ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به‌ترتیب ۱۹ و ۱۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت ولی بین دو سطح کود اوره از نظر اثر بر غلظت آهن دانه تفاوت معناداری مشاهده نشد. هر دو سطح کود اوره بر غلظت آهن برگ گندم نیز اثر معنادار نداشت (شکل ۱). ایرانی‌سرند (۲۰۱۲) گزارش داد که مصرف اوره در دو خاک مختلف بر غلظت آهن ریشه و بخش هوایی برنج و غلظت آهن ریشه گندم اثر معناداری نداشت (۱۹). مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار بر غلظت آهن ساقه گندم اثر معنادار نداشت ولی مصرف ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، غلظت آهن ساقه گندم را به‌طور معنادار به‌میزان ٦٨ درصد افزایش داد (شکل ۱) که با نتایج ایرانی‌سرند (۲۰۱۲) مطابقت داشت. وی مشاهده کرد که مصرف ۲۱۷ میلی‌گرم اوره بر کیلوگرم دو خاک مختلف بر غلظت آهن بخش هوایی گندم اثر معنادار نداشت اما مصرف ٤٣٤ میلی‌گرم اوره بر کیلوگرم آن را به‌طور معنادار افزایش داد (۱۹). رسولی و مفتون (۲۰۰۹) افزایش غلظت آهن بوته‌های برنج را بر اثر مصرف کود نیتروژن گزارش دادند (۳۹). بااین‌حال، نورقلی‌پور و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که با مصرف کود اوره، غلظت آهن دانه گندم کاهش یافت اما بین جذب نیتروژن و جذب آهن رابطه مثبت مشاهده شد (۳۷).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های غلظت آهن دانه (A)، برگ (B) و ساقه (C) گندم در تیمارهای مختلف.

Figure 1. Means comparison of Fe concentrations of wheat seed (A), leaf (B) and stem (C) in different treatments.

افزایش غلظت آهن دانه و ساقه گندم با مصرف کود اوره می‌تواند ناشی از عامل‌های مختلف باشد. پس از مصرف کود اوره در خاک، اوره هیدرولیز شده و کربنات آمونیوم تولید می‌کند. آمونیوم حاصل به‌وسیله ریشه گندم جذب شده و برای حفظ خنثی‌بودن بار الکتریکی درون و بیرون ریشه یک پروتون به بیرون ریشه ترشح می‌شود که سبب کاهش pH خاک ریزوسفر و افزایش حل‌پذیری ترکیب‌های آهن و افزایش فراهمی آهن برای ریشه گندم می‌شود. همچنین، آمونیوم حاصل در طی فرایند نیترات‌سازی به اسید نیتریک تبدیل شده و باعث کاهش pH خاک و افزایش آهن قابل‌جذب گیاه گندم در خاک می‌شود (۱۷ و ۲۹). ایرانی‌سرند (۲۰۱۲) گزارش داد که با مصرف اوره در خاک، pH خاک کاهش یافت (۱۹). افزایش غلظت آهن دانه و ساقه گندم با مصرف کود اوره نشان می‌دهد که سرعت جذب و انتقال آهن به ساقه و دانه گندم در حضور کود اوره بیش‌تر از سرعت رشد این اندام‌ها بوده است. در نتیجه، با وقوع پدیده اثر تغلیظ، غلظت آهن در دانه و ساقه افزایش یافته است. همچنین، به‌نظر می‌رسد افزایش رشد

www.SID.ir

Archive of SID

ریشه‌ها پس از مصرف کود اوره نیز می‌تواند جذب آهن و عرضه آن به اندام‌های هوایی گیاه را افزایش دهد. عدم تغییر معنادار غلظت آهن برگ گندم در حضور کود اوره نشان می‌دهد که سرعت جذب و انتقال آهن به برگ‌های گندم در حضور کود اوره با سرعت رشد این اندام‌ها متناسب بوده است. شاید یک دلیل دیگر برای این عدم تغییر معنادار غلظت آهن این باشد که بخشی از آهن منتقل شده به برگ‌ها مجدد به اندام‌های دیگر مانند دانه‌ها منتقل شده است (۲۹).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت آهن دانه با مصرف ۳۰ و ٦۰ تن کمپوست پسماند شهری به‌ترتیب ۱۵ و ۱۷ درصد و با مصرف ٦۰ تن کمپوست لجن فاضلاب و کود دامی در هکتار به‌ترتیب ۲۵ و ۲٤ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت در حالی‌که با مصرف ۳۰ تن کمپوست لجن فاضلاب و کود دامی در هکتار غلظت آهن دانه تغییر معناداری نکرد که با نتایج سایر پژوهشگران (۲۵) مطابقت داشت. بین دو سطح ۳۰ و ٦۰ تن در هکتار هر سه کود آلی مورد استفاده از نظر اثر بر غلظت آهن دانه تفاوت معناداری مشاهده نشد. مصرف ۳۰ و ٦۰ تن در هکتار کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری غلظت آهن برگ و ساقه گندم را به‌طور معنادار نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۱). کایرلس و همکاران (۱۹۸٤) نیز نشان دادند که مصرف کمپوست لجن فاضلاب، بر غلظت آهن دانه گندم تأثیر معناداری نداشت (۲۵). افزایش غلظت آهن در حضور کودهای آلی را می‌توان به بیش‌تر بودن غلظت آهن در این کودها نسبت به خاک مزرعه مربوط دانست (جدول‌های ۱ تا ۳). کودهای آلی مصرف‌شده از طریق تشکیل کیلیت با آهن، رهاسازی آهن به محلول خاک و کاهش پتانسیل ریداکس سبب افزایش فراهمی آهن در خاک (قابل‌استخراج با DTPA) می‌شود (۳٦). همچنین، پس از مصرف کودهای آلی در خاک، بر اثر تجزیه و معدنی‌شدن این کودها، آمونیوم و اسیدهای آلی مختلف تولید می‌شود. همان‌طور که پیش‌ازاین ذکر شد، آمونیوم حاصل طی فرایند نیترات‌سازی، اسید نیتریک تولید می‌کند. تولید اسیدهای آلی و معدنی مختلف پس از مصرف کودهای آلی در خاک باعث کاهش pH خاک و افزایش آهن قابل‌جذب گیاه گندم در خاک می‌شود (۱۷ و ۲۹). همچنین، به‌نظر می‌رسد افزایش رشد ریشه‌ها پس از مصرف کودهای آلی نیز می‌تواند جذب آهن و عرضه آن به اندام‌های هوایی گیاه را افزایش دهد.

نجفی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند که با مصرف ٦۰ تن در هکتار لجن فاضلاب در یک خاک غیرآهکی با بافت شن لومی، pH خاک از ۷/۷۵ در شاهد به ٦/۲ کاهش یافت (۳٦). این مقدار کاهش pH می‌تواند آهن قابل‌جذب گیاه گندم در خاک را به‌طور معنادار افزایش دهد. یکی دیگر از دلایل افزایش غلظت آهن در حضور کودهای آلی را می‌توان به تشکیل کیلیت و افزایش قابلیت‌جذب آهن نسبت داد. همچنین، افزایش جمعیت ریزجانداران و افزایش فعالیت میکروبی در حضور کودهای آلی و افزایش تولید کیلیت‌کننده‌هایی مانند سیدروفور و کاهش پتانسیل ریداکس خاک بر اثر تنفس ریزجانداران نیز می‌تواند سبب افزایش فراهمی آهن در خاک شود (۱۷ و ۲۹). ممکن است با مصرف کودهای آلی جمعیت و فعالیت باکتری‌های احیاءکننده آهن در خاک افزایش یابد و از این طریق، Fe^{3+} به Fe^{2+} احیاء شده و فراهمی آن افزایش یابد (۵). زانگ و بلوم (۱۹۹۹) گزارش دادند که سرعت حل‌شدن کانی‌های اولیه و ثانویه در حضور لیگاندهایی که پروتون تولید می‌کنند و لیگاندهایی که کمپلکس تشکیل می‌دهند،

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش می‌یابد. آنان اسیدهای آلی مختلف (اسید اگزالیک، اسید سیتریک، اسید تانیک، اسید پلی‌گالاکترونیک و اسید فولویک) را به کانی هورنبلند در غلظت‌هایی که به‌طور عموم در خاک‌ها یافت می‌شوند، افزوده و افزایش غلظت آهن قابل‌استخراج با عصاره‌گیر ۰/۰۱ مولار استات لیتیم با pH=٤/٠ را مشاهده کردند (۵۰). افزایش غلظت آهن اندام‌های مختلف جو با مصرف لجن فاضلاب به‌وسیله چرم و آقایی (۷)، افزایش غلظت آهن برگ رقم‌های مختلف سویا با مصرف کمپوست پسماند شهری، ورمی‌کمپوست و لجن فاضلاب به‌وسیله متقیان و همکاران (۳۰)، افزایش غلظت آهن شاخساره آفتاب‌گردان با مصرف کود دامی و لجن فاضلاب به‌وسیله نجفی و همکاران (۳٤)، افزایش غلظت آهن شاخساره ذرت، یونجه و گل جعفری با مصرف لجن فاضلاب پلی‌اکریل، کمپوست پسماند و کود گاوی به‌وسیله شریفی و همکاران (٤۳)، افزایش غلظت آهن شاخساره برنج و گندم با مصرف کمپوست پسماند شهری و کود دامی به‌وسیله رسولی و مفتون (۳۹ و ٤۰) و افزایش غلظت آهن شاخساره ذرت با مصرف کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری به‌وسیله نجفی و محمدنژاد (۳۲) نیز گزارش شده است.

تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره با ۳۰ و ٦۰ تن در هکتار کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری غلظت آهن دانه، برگ و ساقه گندم را نسبت به شاهد، کود اوره و کودهای آلی به‌تنهایی به‌طور معنادار افزایش داد. برای مثال، غلظت آهن دانه بر اثر تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره با ۳۰ و ٦۰ تن کمپوست لجن فاضلاب شهری، کمپوست پسماند شهری و کود دامی در هکتار به‌ترتیب ٤۹ و ٤۸ درصد، ٤۷ و ٦۰ درصد و ٤۲ و ۵۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. به‌طورکلی، تیمارهای تلفیق کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری با اوره نسبت به مصرف کودهای آلی یا کود اوره به‌تنهایی از نظر افزایش غلظت آهن دانه، برگ و ساقه گندم برتر بودند؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین غلظت آهن دانه، برگ و ساقه گندم در تیمارهای تلفیق ٦۰ تن در هکتار این کودهای آلی با ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار مشاهده شد (شکل ۱). کبیر و همکاران (۲۰۰۸) نیز بیش‌ترین غلظت آهن در برنج را در تیمارهای تلفیق کمپوست پسماند شهری با کود نیتروژن مشاهده کردند (۲۱). آینی و آدتونجی (۲۰۱۰) مشاهده نمودند که تلفیق کود مرغی با کودهای شیمیایی NPK غلظت آهن شاخساره ذرت را افزایش داد (۲). در مورد برتر بودن تیمارهای تلفیقی علاوه‌بر اثر مثبت توأم کود اوره و کودهای آلی در کاهش pH خاک و سایر مواردی که پیش‌ازاین بیان شد، می‌توان به کاهش نسبت C/N مواد آلی و بهبود سرعت تجزیه و معدنی‌شدن ترکیب‌های آلی و رهاسازی بهتر آهن و افزایش آهن قابل‌جذب گیاه گندم در خاک اشاره کرد (۱۷ و ۲۹). همچنین، باتوجه‌به بیش‌تر بودن غلظت آهن اندام‌های مختلف گندم در تیمارهای تلفیقی، سرعت جذب و انتقال آهن به اندام‌های مختلف گندم بیش‌تر از سرعت رشد این اندام‌ها در شرایط مذکور بوده است.

به‌طورکلی، میانگین غلظت آهن در اندام‌های مختلف گندم (برای ۱۵ تیمار و ۳ تکرار) به‌صورت برگ (۱۸۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) > ساقه (۱۵۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) > دانه (٦۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود (شکل ۱). شاید یک دلیل برای بیش‌تر بودن غلظت آهن برگ، بیش‌تر بودن سطح تعرق آن است که باعث می‌شود شیره خام و آهن بیش‌تری به آن منتقل شود. دانه‌ها به‌دلیل موقعیتشان که در داخل پوشینه هستند و به‌دلیل شکلشان سطح تعرق کم‌تری دارند و شیره خام کم‌تری هم به آن‌ها وارد می‌شود. شاید یک دلیل دیگر برای کم‌تر بودن غلظت آهن دانه از برگ و ساقه،

www.SID.ir

Archive of SID

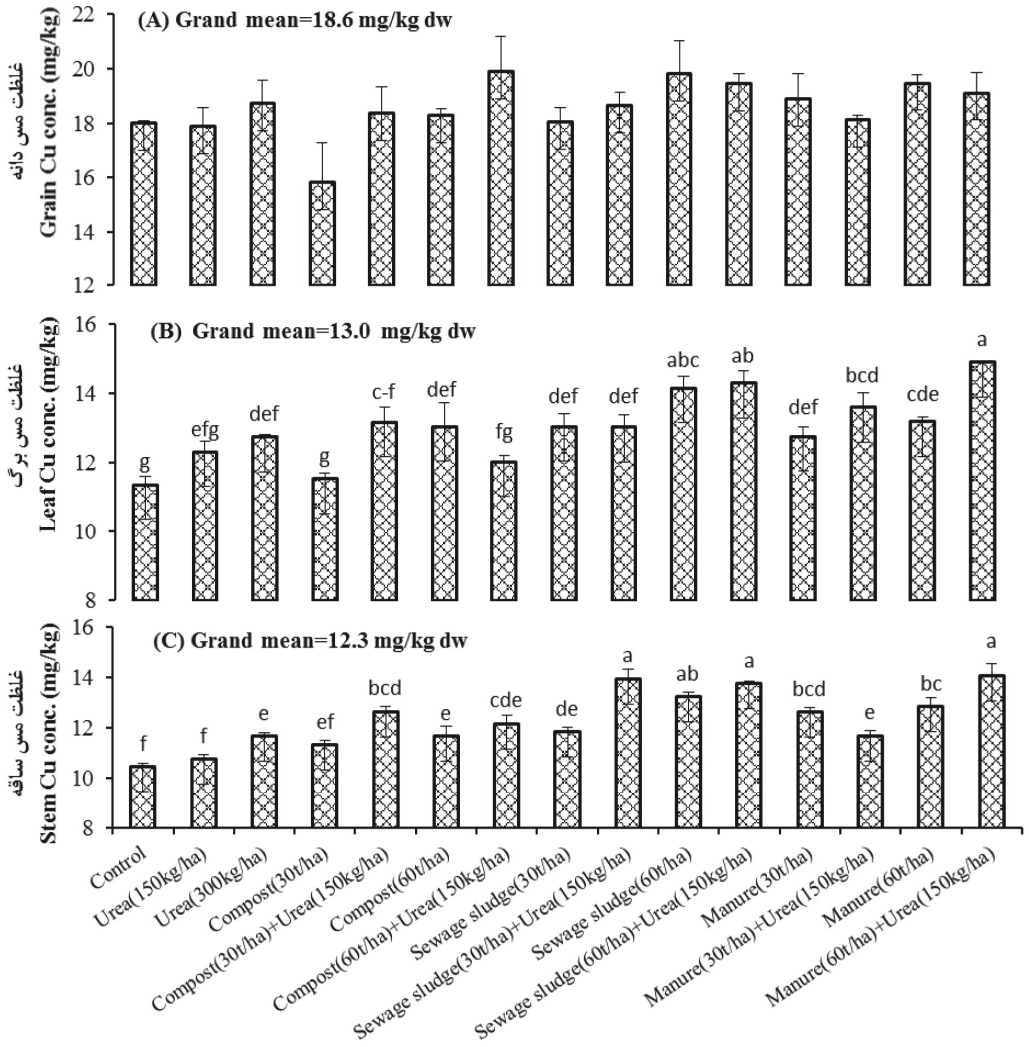
پویایی کم آهن در گیاه و انتقال مجدد کم آن از برگ‌ها به دانه‌ها باشد. میان غلظت آهن دانه، برگ و ساقه همبستگی‌های معنادار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ٦) که نشانگر وجود یک رابطه دینامیکی بین این اندام‌ها از نظر آهن می‌باشد. شاید دلیل دیگر برای وجود این همبستگی‌های معنادار این است که هر جا غلظت آهن در یکی از اندام‌ها زیاد شده، در اندام‌های دیگر هم زیاد شده است. باتوجه‌به این‌که گستره غلظت کفایت آهن در برگ گندم ۱۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گزارش شده است (۲۸)، غلظت آهن همه تیمارها در این گستره قرار گرفت و کمبود آهن در گندم مشاهده نشد. غلظت مطلوب آهن در دانه گندم بین ٤٠ تا ۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (۲۸) که باتوجه‌به نتایج به‌دست آمده، همه تیمارها غلظت آهن مطلوبی داشتند.

غلظت مس دانه، برگ و ساقه گندم: تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر غلظت مس برگ و ساقه گندم در سطح احتمال یک درصد معنادار بود اما بر غلظت مس دانه معنادار نبود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف کود اوره و افزایش سطح آن، بر غلظت مس دانه گندم اثر معناداری نداشت. غلظت مس برگ و ساقه گندم در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار تفاوت معناداری با شاهد نداشت اما در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، غلظت مس برگ و ساقه به‌ترتیب ۱۲ و ۱۱ درصد بیش‌تر از تیمار شاهد بود (شکل ۲). ایرانی‌سرند (۲۰۱۲) گزارش داد که مصرف کود اوره غلظت مس ریشه و بخش هوایی برنج را افزایش داد اما اثر آن بر غلظت مس بخش هوایی گندم معنادار نبود (۱۹). نورقلی‌پور و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش دادند که با مصرف کود اوره، غلظت مس دانه گندم افزایش یافت. آنان بین جذب نیتروژن و جذب مس رابطه مثبت مشاهده کردند (۳۷). افزایش غلظت مس برگ و ساقه گندم با مصرف کود اوره را می‌توان به کاهش pH خاک بر اثر فرایندهای نیترات‌سازی، ترشح H^+ به‌وسیله ریشه گندم به ازای جذب NH_4^+ حاصل از آبکافت اوره، تبادل کاتیونی میان NH_4^+ محلول و Cu^{2+} موجود در فاز تبادلی نسبت داد (۱۷ و ۲۹).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت مس دانه گندم در تیمارهای ۳۰ و ٦٠ تن در هکتار کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری به‌تنهایی یا همراه با اوره تفاوت معناداری با تیمار شاهد و کودهای آلی به‌تنهایی نداشت. با تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم اوره با ٦٠ تن کود دامی یا ۳۰ تن کمپوست پسماند شهری در هکتار غلظت مس برگ گندم را نسبت به شاهد یا مصرف ٦٠ تن کود دامی یا ۳۰ تن کمپوست پسماند شهری در هکتار به‌طور معناداری افزایش داد. غلظت مس برگ در تیمارهای ۳۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری و تیمار تلفیقی ٦٠ تن کمپوست پسماند شهری + ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار با تیمار شاهد تفاوت معنادار نداشت اما تیمارهای ٦٠ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری و ٦٠ تن کمپوست پسماند شهری + ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار غلظت مس برگ را نسبت به شاهد به‌طور معنادار افزایش دادند. مصرف ۳۰ و ٦٠ تن در هکتار کود دامی، کمپوست پسماند شهری و کمپوست لجن فاضلاب به‌تنهایی یا همراه با اوره غلظت مس ساقه گندم را به‌طور معناداری نسبت به شاهد و مصرف ۳۰ تن کمپوست پسماند شهری یا کمپوست لجن فاضلاب و ٦٠ تن کود دامی در هکتار افزایش داد. کایرلس و همکاران (۱۹۸٤) نیز نشان دادند که مصرف لجن فاضلاب بر غلظت مس دانه گندم تأثیر معناداری نداشت (۲۵).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های غلظت مس دانه (A)، برگ (B) و ساقه (C) گندم در تیمارهای مختلف.

Figure 2. Means comparison of Cu concentrations of wheat seed (A), leaf (B) and stem (C) in different treatments.

همچنین، پس از مصرف لجن فاضلاب افزایش معنادار غلظت مس بخش هوایی تربچه به‌وسیله هامون و همکاران (۱۹۹۹) و دانه گندم به‌وسیله کرمی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است (۱۶ و ۲۲). وی و لیو (۲۰۰۵) گزارش کردند که مصرف کمپوست لجن فاضلاب به‌مدت ۳ سال، غلظت مس دانه جو و برگ کلم و مقدار کل مس خاک را به‌طور معناداری افزایش داد (٤٦). نتایج پژوهش متقیان و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که مصرف ٤٠ تن کمپوست پسماند شهری، ورمی‌کمپوست و لجن فاضلاب در هکتار غلظت مس برگ‌های رقم‌های مختلف سویا را افزایش داد (۳۰). نجفی و همکاران (۲۰۱۲) مشاهده کردند که مصرف لجن فاضلاب و کود دامی در خاک، مس قابل‌استخراج با DTPA را افزایش داد (۳٦). نجفی و همکاران (۲۰۱۲) مشاهده کردند که مصرف کود دامی و لجن فاضلاب غلظت مس بخش هوایی آفتاب‌گردان را به‌طور معناداری افزایش داد (۳٤). افزایش غلظت مس برگ و ساقه گندم با مصرف کودهای آلی را می‌توان به بیش‌تر بودن غلظت مس این کودها نسبت به خاک (جدول‌های ۱ تا ۳)، فرایندهای معدنی‌شدن و

www.SID.ir

Archive of SID

رهاسازی Cu^{2+}، تشکیل کمپلکس یا کیلیت با مس، کاهش pH خاک بر اثر تولید پروتون و اسیدهای آلی مختلف، افزایش حل‌پذیری ترکیب‌های مس در خاک مربوط دانست (۱۷ و ۲۹). در مجموع، از نظر اثر بر غلظت مس در اندام‌های مختلف گندم تیمارهای تلفیقی به‌ویژه تلفیق ٦۰ تن در هکتار کودهای آلی با نیتروژن برتر بودند (شکل ۲) که با نتایج آینی و آدتونجی (۲۰۱۰) مطابقت داشت. آنان مشاهده نمودند که تلفیق کود مرغی با کودهای شیمیایی NPK غلظت مس شاخساره ذرت را افزایش داد (۲). کبیر و همکاران (۲۰۰۸) نیز بیش‌ترین غلظت مس کاه و کلش برنج را در تیمارهای تلفیق کمپوست پسماند شهری با کود نیتروژن مشاهده کردند (۲۱).

به‌طورکلی، میانگین غلظت مس در اندام‌های مختلف گندم به‌صورت دانه (۱۸/٦ میلی‌گرم در کیلوگرم) > برگ (۱۳/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) > ساقه (۱۲/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود (شکل ۲). میان غلظت مس دانه، برگ و ساقه همبستگی‌های معنادار در سطح احتمال ۵ درصد وجود داشت (جدول ٦) که نشان‌دهنده وجود یک رابطه دینامیکی میان این اندام‌ها از نظر مس می‌باشد. به‌نظر می‌رسد که بیش‌تر بودن غلظت مس دانه ناشی از انتقال مس از برگ‌ها و ساقه به دانه است. غلظت مطلوب مس در دانه گندم ۵ تا ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (۲۸) که با توجه به نتایج به‌دست آمده کمبود مس در هیچ‌یک از تیمارها مشاهده نشد (شکل ۲). با توجه با این‌که غلظت مطلوب مس در برگ گندم ۵ تا ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (۲۸)، همه تیمارها دارای غلظت مطلوب مس بودند و کمبود مس در برگ‌ها مشاهده نشد. این نتایج را می‌توان به کافی بودن مقدار مس قابل‌جذب گیاه در خاک مورد مطالعه (جدول ۱) که بیش‌تر از سطح بحرانی بود، مربوط دانست.

غلظت روی دانه، برگ و ساقه گندم: تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر غلظت روی دانه، برگ و ساقه گندم در سطح احتمال یک درصد معنادار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت روی دانه، برگ و ساقه گندم با مصرف ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار نسبت به شاهد تغییر معناداری نداشت (شکل ۳). بااین‌حال، سطوح کود اوره با غلظت روی در برگ همبستگی مثبت معنادار ($r=۰/۹۹۷^{*}$) و در دانه و ساقه همبستگی مثبت غیرمعنادار (به‌ترتیب $r=۰/۹۹۱^{ns}$ و $r=۰/۹۸۵^{ns}$) داشت (جدول ٦) که نشانگر این است که با افزایش سطح کود اوره مصرفی غلظت روی در برگ گندم به‌طور معنادار افزایش یافت و دلایل این افزایش همان‌هایی است که پیش از این در بخش آهن و مس آمده است. ایرانی‌سرند (۲۰۱۲) گزارش داد که مصرف کود اوره بر غلظت روی ریشه و بخش هوایی برنج اثر معنادار نداشت اما اثر آن بر غلظت روی ریشه و بخش هوایی گندم به سطح کود اوره و نوع اندام گیاه بستگی داشت (۱۹). نورقلی‌پور و همکاران (۲۰۰۹) بین جذب نیتروژن و جذب روی در گیاه گندم رابطه مثبت مشاهده کردند (۳۷). عدم تغییر معنادار غلظت روی دانه و ساقه گندم ناشی از این است سرعت رشد این اندام‌ها متناسب با سرعت جذب و انتقال روی به این اندام‌ها بوده است.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت روی دانه با مصرف ۳۰ و ٦۰ تن کمپوست پسماند شهری، کمپوست لجن فاضلاب و کود دامی به‌ترتیب ۱٦ و ٤۵ درصد، ۲۸ و ۷۱ درصد و ۳/٤ و ٦۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و بین دو سطح این کودها از نظر اثر بر غلظت روی تفاوت معناداری وجود داشت. مصرف ۳۰ و ٦۰ تن در هکتار کود دامی و کمپوست لجن فاضلاب شهری و ٦۰ تن در هکتار کمپوست

www.SID.ir

Archive of SID

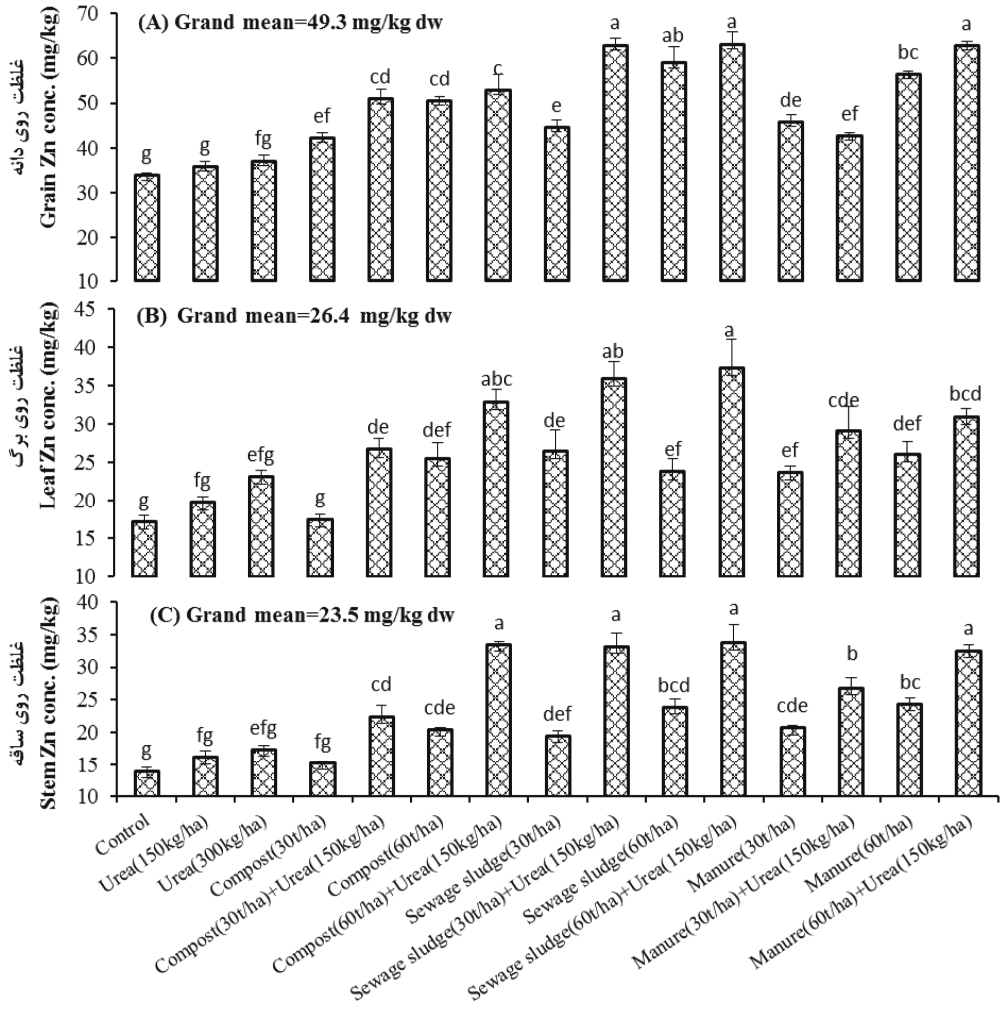
پسماند شهری سبب افزایش معنادار غلظت روی ساقه و برگ گندم شد (شکل ۳). کایرلس و همکاران (۱۹۸٤) و کرمی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که مصرف لجن فاضلاب غلظت روی دانه گندم را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معناداری افزایش داد (۲۲ و ۲۵). وی و لیو (۲۰۰۵) گزارش کردند که مصرف کمپوست لجن فاضلاب به‌مدت ۳ سال، غلظت روی دانه جو و برگ کلم و مقدار کل روی خاک را به‌طور معناداری افزایش داد (٤٦). چرم و آقایی (۲۰۰۷) گزارش دادند که مصرف ۱۰۰ تن در هکتار لجن فاضلاب شهر اهواز غلظت روی اندام‌های مختلف جو را افزایش داد (۷).

نجفی و محمدنژاد (۲۰۱٦) گزارش دادند که غلظت روی شاخساره ذرت با مصرف کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری به‌طور معناداری افزایش یافت (۳۲). افزایش غلظت روی برگ و ساقه گندم با مصرف کودهای آلی با نتایج رسولی و مفتون (۲۰۱۰) مطابقت داشت (٤۰). شریفی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش دادند که با مصرف لجن فاضلاب پلی‌اکریل، کمپوست پسماند و کود گاوی غلظت روی شاخساره گیاهان ذرت، یونجه و گل جعفری افزایش یافت (٤۳). به‌طورکلی، افزایش غلظت روی برگ، ساقه و دانه گندم با مصرف کودهای آلی را می‌توان به بیش‌تر بودن غلظت روی قابل‌جذب کودها نسبت به خاک (جدول‌های ۱ تا ۳)، کاهش pH خاک، تشکیل کیلیت‌های روی- ماده آلی، افزایش حل‌پذیری ترکیب‌های روی در خاک، معدنی‌شدن مواد آلی و رهاسازی روی به خاک، افزایش رشد ریشه‌ها و بهبود جذب روی به‌وسیله گندم نسبت داد (۱۷ و ۲۹). نجفی و همکاران (۲۰۱۲) مشاهده کردند که مصرف لجن فاضلاب و کود دامی در خاک، روی قابل‌استخراج با DTPA را افزایش داد (۳٦). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که که غلظت روی دانه بر اثر تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره با ۳۰ و ٦۰ تن کمپوست پسماند شهری کمپوست لجن فاضلاب شهری و کود دامی در هکتار به‌ترتیب ٤٦/۳ و ۵۷/٤ درصد، ۷۵/۱ و ۸۵/۷ درصد و ۲۲/٦ و ۸۰/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (شکل ۳) که با نتایج آینی و آدتونجی (۲۰۱۰) مطابقت داشت. آنان مشاهده نمودند که تلفیق کود مرغی با کودهای شیمیایی NPK غلظت روی شاخساره ذرت را افزایش داد (۲). بین دو سطح ۳۰ و ٦۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری و کمپوست لجن فاضلاب شهری از نظر اثر بر غلظت روی تفاوت معناداری مشاهده نشد ولی بین دو سطح کود دامی تفاوت معناداری وجود داشت. غلظت روی در تیمارهای ٦۰ تن در هکتار لجن فاضلاب و کود دامی + ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار بیش‌تر از سایر تیمارها بود (شکل ۳).

کبیر و همکاران (۲۰۰۸) نیز بیش‌ترین غلظت روی کاه و کلش برنج را در تیمارهای تلفیق کمپوست پسماند شهری با کود نیتروژن مشاهده کردند (۲۱). افزایش غلظت روی دانه گندم، از لحاظ بهبود کیفیت آن برای مصرف‌کنندگان دارای اهمیت می‌باشد در سال‌های اخیر، برطرف کردن کمبود روی در غلات و بالا بردن کیفیت دانه و به‌دنبال آن جلوگیری از بروز نارسایی‌های ناشی از کمبود روی در انسان مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (۷). غلظت روی در برگ و ساقه گندم به‌جز تیمار ۳۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری در سایر تیمارهای دارای کود آلی (به‌تنهایی یا همراه کود اوره) به‌طور معناداری بیش‌تر از تیمار شاهد بود. همچنین، تیمارهای تلفیقی از لحاظ اثر بر غلظت روی برگ و ساقه گندم نسبت به مصرف فقط کودهای آلی یا فقط کود اوره برتر بودند (شکل ۳).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های غلظت روی دانه (A)، برگ (B) و ساقه (C) گندم در تیمارهای مختلف.

Figure 3. Means comparison of Zn concentrations of wheat seed (A), leaf (B) and stem (C) in different treatments.

غلظت مطلوب روی در دانه گندم ۳۰ تا ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (۲۸). با توجه به نتایج به‌دست آمده (شکل ۳)، در همه تیمارها، غلظت روی در حد مطلوب قرار داشت. با توجه به گستره مطلوب غلظت روی در برگ گندم که ۲۱ تا ۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اعلام شده است (۲۸)، در تیمارهای شاهد، ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و ۳۰ تن کمپوست پسماند شهری در هکتار، کمبود روی مشاهده شد، اما در سایر تیمارها، غلظت روی برگ، در حد کفایت بود. به‌طورکلی، میانگین غلظت روی در اندام‌های مختلف گندم به‌صورت دانه (۴۹/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) > برگ (۲۶/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) > ساقه (۲۳/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود (شکل ۳). میان غلظت روی دانه، برگ و ساقه همبستگی‌های معنادار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۶).

غلظت منگنز دانه، برگ و ساقه گندم: تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر غلظت منگنز دانه، برگ و ساقه گندم در سطح احتمال یک درصد معنادار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با مصرف ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، غلظت منگنز دانه و ساقه گندم نسبت به شاهد تغییر معناداری

www.SID.ir

Archive of SID

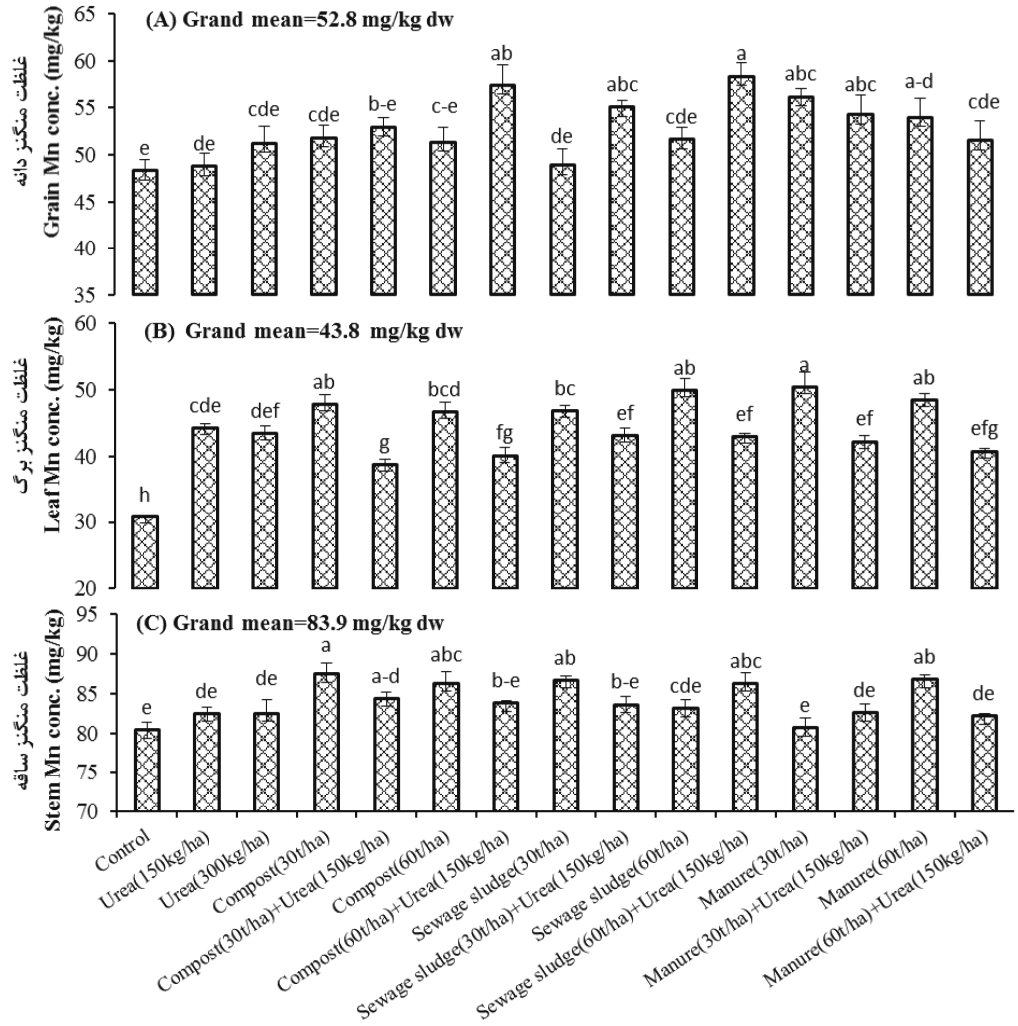
نکرد ولی غلظت منگنز برگ به‌طور معناداری افزایش یافت. همچنین، بین دو سطح ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، از نظر غلظت منگنز دانه، برگ و ساقه گندم تفاوت معناداری وجود نداشت (شکل ٤). ایرانی‌سرند (۲۰۱۲) مشاهده کرد که مصرف ٤٣٤ میلی‌گرم اوره بر کیلوگرم دو خاک مختلف، غلظت منگنز ریشه و بخش هوایی گندم را به‌طور معنادار افزایش داد. وی مشاهده کرد که مصرف کود اوره در دو خاک مختلف بر غلظت منگنز بخش هوایی برنج اثر معنادار نداشت (۱۹). رسولی و مفتون (۲۰۰۹) افزایش غلظت منگنز بوته‌های برنج را بر اثر مصرف کود نیتروژن گزارش دادند (۳۹). نورقلی‌پور و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که با مصرف کود اوره، غلظت منگنز دانه گندم کاهش یافت اما بین جذب نیتروژن و جذب منگنز رابطه مثبت مشاهده شد (۳۷). عدم‌تغییر معنادار غلظت منگنز ساقه در حضور کود اوره را اینگونه می‌توان توضیح داد که ساقه یک اندام رابط است. وقتی سرعت جذب منگنز به‌وسیله ریشه و عرضه آن به ساقه با سرعت انتقال منگنز از ساقه به سایر اندام‌ها برابر باشد، غلظت منگنز ساقه تغییر معناداری نمی‌کند. عدم اثر معنادار کود اوره بر غلظت منگنز دانه نشان می‌دهد که در شرایط با و بدون کود اوره، سرعت عرضه منگنز به دانه با سرعت رشد دانه متناسب بوده است. افزایش غلظت منگنز برگ در حضور کود اوره را می‌توان به وقوع پدیده اثر تغلیظ نسبت داد. به‌عبارت‌دیگر، در حضور کود اوره، به‌دلیل کاهش pH خاک (۱۹)، تبادل کاتیونی میان آمونیوم و منگنز و عامل‌های دیگری که پیش‌ازاین در مورد آهن ذکر شد، سرعت جذب منگنز و عرضه آن به برگ‌ها بیش‌تر از سرعت رشد برگ‌ها بوده است.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت منگنز دانه با مصرف ۳۰ و ٦٠ تن کمپوست پسماند شهری و کمپوست لجن فاضلاب شهری در هکتار نسبت به شاهد تغییر معناداری نکرد در حالی‌که با مصرف ۳۰ و ٦٠ تن کود دامی در هکتار به‌ترتیب ١٦ و ١٢ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. بین دو سطح کودهای آلی مورد استفاده از نظر اثر بر غلظت منگنز دانه تفاوت معناداری مشاهده نشد. مصرف ۳۰ و ٦٠ تن کمپوست پسماند شهری، کمپوست لجن فاضلاب و کود دامی در هکتار، غلظت منگنز برگ گندم را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معناداری افزایش داد و بین دو سطح کودهای آلی مذکور تفاوت معنادار وجود نداشت. مقایسه میانگین‌های غلظت منگنز ساقه گندم نشان داد که فقط تیمارهای ٦٠ تن کود دامی، ۳۰ و ٦٠ تن کمپوست پسماند شهری و ۳۰ تن کمپوست لجن فاضلاب شهری به‌طور معناداری غلظت منگنز ساقه گندم را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند و سایر تیمارها بر غلظت منگنز ساقه در مقایسه با شاهد اثر معنادار نداشتند (شکل ٤).

کایرلس و همکاران (۱۹۸٤) گزارش کردند که مصرف لجن فاضلاب، غلظت منگنز دانه گندم را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معناداری افزایش داد (۲۵). رسولی و مفتون (۲۰۰۹) افزایش انباشتگی منگنز در بوته‌های برنج و گندم را بر اثر مصرف کمپوست پسماند شهری و کود دامی گزارش دادند (۳۹). نجفی و محمدنژاد (۲۰۱٦) گزارش دادند که غلظت منگنز شاخساره ذرت با مصرف کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری به‌طور معناداری افزایش یافت (۳۲). افزایش غلظت منگنز ساقه، برگ و دانه گندم در حضور کودهای آلی را می‌توان به افزایش رشد ریشه‌ها، افزایش جذب منگنز، افزایش غلظت منگنز قابل‌جذب گیاه در خاک، افزایش کمپلکس‌های منگنز- مواد آلی، افزایش فعالیت ریزجانداران به‌ویژه باکتری‌های احیاءکننده منگنز و کاهش پتانسیل ریداکس محلول خاک نسبت داد. نجفی و همکاران (۲۰۱۲) مشاهده کردند که مصرف لجن فاضلاب و کود دامی در خاک، منگنز قابل‌استخراج با DTPA را افزایش داد (۳٦).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- مقایسه میانگین‌های غلظت منگنز دانه (A)، برگ (B) و ساقه (C) گندم در تیمارهای مختلف.

Figure 4. Means comparison of Mn concentrations of wheat seed (A), leaf (B) and stem (C) in different treatments.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت منگنز دانه بر اثر تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره با ۳۰ و ٦۰ تن کمپوست پسماند شهری و کمپوست لجن فاضلاب به‌ترتیب ۱۰ و ۱۹ درصد و ١٤ و ۲۱ درصد افزایش یافت. تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره با ٦۰ تن کود دامی تغییر معناداری در غلظت منگنز دانه ایجاد نکرد اما تلفیق آن با ۳۰ تن کود دامی غلظت منگنز دانه را ۱۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره با ۳۰ و ٦۰ تن کمپوست پسماند شهری و ٦۰ تن کمپوست لجن فاضلاب غلظت منگنز دانه گندم را نسبت به مصرف فقط این کودهای آلی به‌طور معناداری افزایش داد اما تلفیق اوره با سایر سطوح کودهای آلی تفاوت معناداری با مصرف کودهای آلی به‌تنهایی نداشت (شکل ٤). مقایسه میانگین‌های غلظت منگنز برگ گندم نشان داد که مصرف ۳۰ و ٦۰ تن کمپوست پسماند شهری، کمپوست لجن فاضلاب و کود دامی همراه با ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار، غلظت منگنز برگ گندم را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معناداری افزایش داد (شکل ٤) که با نتایج آینی و آدتونجی (۲۰۱۰)

www.SID.ir

Archive of SID

مطابقت داشت. آنان مشاهده نمودند که تلفیق کود مرغی با کودهای شیمیایی NPK غلظت منگنز شاخساره ذرت را افزایش داد (۲).

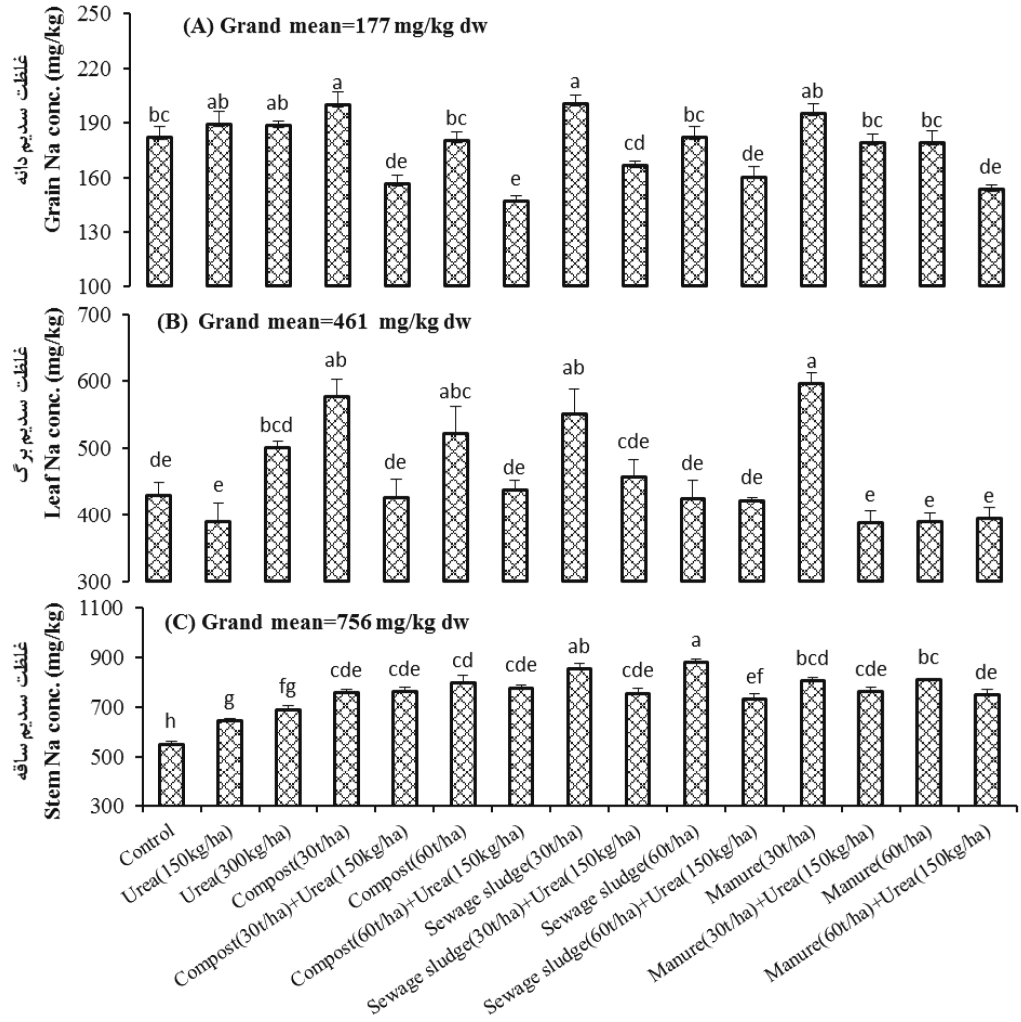
بین دو سطح ۳۰ و ٦۰ تن در هکتار کودهای آلی مذکور از نظر غلظت منگنز برگ تفاوت معنادار وجود نداشت. تلفیق کودهای آلی مذکور با اوره، باعث کاهش غلظت منگنز برگ در مقایسه با مصرف کودهای آلی به‌تنهایی شد (شکل ٤). با توجه به افزایش معنادار رشد و ماده خشک برگ گندم در تیمارهای تلفیقی این کاهش غلظت منگنز برگ می‌تواند به اثر رقت ناشی از رشد برگ مربوط باشد. در این شرایط سرعت جذب و انتقال منگنز به برگ‌ها از سرعت رشد برگ‌ها و سرعت خروج منگنز از برگ‌ها کم‌تر بوده در نتیجه غلظت منگنز برگ‌های گندم کاهش یافته است (۲۹). در تأیید این مطلب نتایج ما نشان داد که غلظت منگنز برگ با عملکرد برگ و ساقه همبستگی منفی داشت (به‌ترتیب r= −۰/٤۳ و r= −۰/۵۵) (جدول ٦). دلیل دیگر آن می‌تواند اثر متقابل ناهمسازی بین منگنز و سایر عناصر غذایی مانند آهن، روی و مس باشد. با توجه به شکل‌های ۱ تا ۳ غلظت آهن، مس و روی در تیمارهای تلفیقی بیش‌تر از کودهای آلی به‌تنهایی بود که می‌تواند جذب و انتقال منگنز به برگ‌ها را کاهش دهد زیرا میان این عناصر رابطه ناهمسازی وجود دارد (۲۹). باتوجه‌به این‌که گستره غلظت مطلوب منگنز در برگ گندم ۱٦ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است (۲۸)، در همه تیمارها غلظت منگنز برگ‌ها در حد مطلوب بود و کمبود منگنز در برگ‌ها مشاهده نشد.

مقایسه میانگین‌های غلظت منگنز ساقه گندم نشان داد که فقط تیمارهای ٦۰ تن کود دامی، ٦۰ تن کمپوست لجن فاضلاب + ۱۵۰ کیلوگرم اوره، ۳۰ تن کمپوست لجن فاضلاب، ۳۰ و ٦۰ تن کمپوست پسماند شهری و ۳۰ تن کمپوست پسماند شهری + ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار به‌طور معناداری غلظت منگنز در ساقه گندم را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند و سایر تیمارها بر غلظت منگنز ساقه اثر معنادار نداشتند. تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم اوره با ٦۰ تن کود دامی غلظت منگنز ساقه را نسبت به مصرف ٦۰ تن کود دامی به‌تنهایی کاهش داد (شکل ٤) که ناشی از وقوع پدیده اثر رقت بود. کبیر و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده کردند که مقدار منگنز کاه و کلش برنج در تیمارهای تلفیق کمپوست پسماند شهری با کود نیتروژن نسبت به فقط نیتروژن کاهش یافت (۲۱). تلفیق اوره با سایر کودهای آلی نسبت به مصرف آن‌ها به‌تنهایی تغییر معناداری در غلظت منگنز ساقه ایجاد نکرد (شکل ٤). به‌طورکلی، میانگین غلظت منگنز در اندام‌های مختلف گندم به‌صورت ساقه (۸۳/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) < دانه (۵۲/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) < برگ (٤۳/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود (شکل ٤).

غلظت سدیم دانه، برگ و ساقه گندم: تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر غلظت سدیم دانه، برگ و ساقه گندم در سطح احتمال یک درصد معنادار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با مصرف ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار غلظت سدیم دانه و برگ گندم نسبت به شاهد تغییر معناداری نکرد اما غلظت سدیم ساقه به‌طور معنادار افزایش یافت. بین دو سطح کود اوره از نظر اثر بر غلظت سدیم دانه و ساقه تفاوت معناداری مشاهده نشد اما غلظت سدیم برگ در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم اوره بیش‌تر از ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار بود (شکل ۵).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- مقایسه میانگین‌های غلظت سدیم دانه (A)، برگ (B) و ساقه (C) گندم در تیمارهای مختلف.

Figure 5. Means comparison of Na concentrations of wheat seed (A), leaf (B) and stem (C) in different treatments.

ایرانی‌سرند (۲۰۱۲) نیز گزارش داد که مصرف کود اوره غلظت سدیم بخش هوایی برنج و گندم را افزایش داد (۱۹). افزایش غلظت سدیم ساقه با مصرف کود اوره را می‌توان به کاهش pH خاک و افزایش حل‌پذیری ترکیب‌های سدیم (مانند آلبیت، نفلین و غیره) در خاک، تبادل کاتیونی میان آمونیوم محلول حاصل از آبکافت اوره با سدیم و افزایش غلظت سدیم محلول خاک نسبت داد (۱۷ و ۲۹). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت سدیم دانه فقط در تیمارهای ۳۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری و کمپوست لجن فاضلاب بیش‌تر از شاهد بود و مصرف کودهای آلی به‌تنهایی تغییر معناداری در غلظت سدیم دانه نسبت به شاهد ایجاد نکرد. مصرف ۳۰ تن کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری و ۶۰ تن کمپوست پسماند شهری غلظت سدیم برگ‌ها را نسبت به شاهد افزایش داد اما مصرف سایر سطوح کودهای آلی به‌تنهایی تغییر معناداری در غلظت سدیم برگ‌ها ایجاد نکرد. مصرف

www.SID.ir

Archive of SID

۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری غلظت سدیم ساقه را نسبت به شاهد افزایش داد. تیمارهای تلفیقی به‌جز تیمار ۳۰ تن کود دامی + ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره و ۳۰ تن کمپوست لجن فاضلاب + ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار باعث کاهش معنادار غلظت سدیم دانه نسبت به شاهد شدند. همچنین، تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم اوره با ۶۰ تن کود دامی و ۳۰ و ۶۰ تن کمپوست لجن فاضلاب باعث کاهش غلظت سدیم ساقه نسبت به مصرف کودهای آلی به‌تنهایی شد و سایر تیمارهای تلفیقی با تیمارهای دارای فقط کود آلی تفاوت معنادار نداشتند.

تلفیق ۳۰ تن از کودهای آلی مورد استفاده با ۱۵۰ کیلوگرم اوره غلظت سدیم برگ را نسبت به شاهد و فقط کودهای آلی کاهش داد اما تلفیق اوره با سایر سطوح کودهای آلی تغییر معناداری در غلظت سدیم برگ‌ها نسبت به شاهد و کودهای آلی به‌تنهایی ایجاد نکرد (شکل ۵). به‌نظر می‌رسد این کاهش ناشی از افزایش عملکرد دانه، برگ و ساقه و وقوع پدیده اثر رقت (۲۹) می‌باشد. به‌عبارت دیگر، سرعت رشد برگ، دانه و ساقه گندم از سرعت انتقال سدیم به برگ، دانه و ساقه بیش‌تر بوده است. در تأیید این نظر غلظت سدیم در دانه گندم با عملکرد دانه، برگ و ساقه گندم همبستگی‌های منفی معنادار در سطح احتمال ۵ درصد داشت (جدول ۶). افزایش غلظت سدیم برگ، دانه و ساقه گندم با مصرف برخی کودهای آلی با نتایج سایر پژوهشگران (۳۹ و ۴۰) مطابقت داشت. رسولی و مفتون (۲۰۰۹ و ۲۰۱۰) افزایش غلظت سدیم بوته‌های برنج و گندم را بر اثر مصرف کمپوست پسماند شهری و کود دامی گزارش دادند (۳۹ و ۴۰). کبیر و همکاران (۲۰۰۸) نیز بیش‌ترین غلظت سدیم کاه و کلش برنج را در تیمارهای تلفیق کمپوست پسماند شهری با کود نیتروژن مشاهده کردند (۲۱). نجفی و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش دادند که با مصرف کود دامی و لجن فاضلاب غلظت سدیم بخش هوایی آفتاب‌گردان افزایش یافت (۳۵). افزایش غلظت سدیم دانه در برخی تیمارها را می‌توان به غلظت بیش‌تر سدیم در کودهای آلی مورد استفاده نسبت به خاک (جدول‌های ۱ تا ۳)، کاهش pH خاک و افزایش حل‌پذیری ترکیب‌های سدیم در خاک مربوط دانست. نجفی و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده کردند که مصرف لجن فاضلاب در خاک سبب کاهش pH و افزایش غلظت سدیم محلول خاک شد (۳۳). عدم تغییر معنادار غلظت سدیم برگ و دانه گندم در برخی تیمارهای نسبت به شاهد با نتایج نجفی و محمدنژاد (۲۰۱۶) مطابقت داشت. آنان گزارش دادند که غلظت سدیم شاخساره ذرت با مصرف کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری در هر دو سطح فشردگی خاک تغییر معناداری نکرد (۳۲). به‌طورکلی، میانگین غلظت سدیم در اندام‌های مختلف گندم به‌صورت ساقه (۷۵۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) > برگ (۴۶۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) > دانه (۱۷۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود (شکل ۵). کم‌تر بودن غلظت سدیم دانه نسبت به ساقه و برگ‌ها را می‌توان به کم‌تر بودن شدت تعرق دانه‌ها نسبت داد که سدیم کم‌تری را به این اندام منتقل می‌کند (۲۹).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵– تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای مختلف بر غلظت عناصر دانه، برگ و ساقه گندم.

Table 5. Analysis of variance (mean squares) of the effect of treatments on elements concentrations of wheat grain, leaf and stem.

Na concentration			Mn concentration			Zn concentration			Cu concentration			Fe concentration			DF	منبع تغییر S.O.V
Stem	Leaf	Grain	Stem	Leaf	Grain	Stem	Leaf	Grain	Stem	Leaf	Grain	Stem	Leaf	Grain		
1125^{ns}	312.9^{ns}	151^{ns}	6.91^{ns}	11.18^{ns}	4.92^{ns}	1.88^{ns}	6.526^{ns}	2.142^{ns}	0.02^{ns}	0.098^{ns}	2.76^{ns}	42^{ns}	132^{ns}	1.16^{ns}	2	بلوک Block
19584**	15122**	859**	15.5**	76.46**	28.36**	145**	110.1**	306.2**	3.74**	2.864**	3.08^{ns}	3907**	3122**	244.4**	14	تیمارها Treatments
926.156	1761.6	73.86	3.336	3.535	7.64	5.578	11.409	11.405	0.231	0.348	1.885	85.97	48.74	18.17	28	خطا Error
4.03	9.11	4.85	2.18	4.30	5.24	10.05	12.80	6.85	3.90	4.54	7.39	5.92	3.72	6.74	-	ضریب تغییرات CV (%)

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ DF: درجه آزادی.

^{ns}, * and ** non-significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively; DF: Degrees of freedom; S.O.V: Sources of variation.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦– ضرایب همبستگی ساده میان غلظت عناصر مورد مطالعه در دانه، برگ و ساقه گندم.

Table 6. Simple correlation coefficients between studied elements concentrations in wheat grain, leaf and stem.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1-Grain Fe	1														
2-Leaf Fe	0.90**	1													
3-Stem Fe	0.85**	0.87**	1												
4-Grain Cu	0.43^{ns}	0.37^{ns}	0.50^{ns}	1											
5-Leaf Cu	0.62*	0.61*	0.61*	0.54*	1										
6-Stem Cu	0.72**	0.65**	0.78**	0.59*	0.77**	1									
7-Grain Zn	0.73**	0.69**	0.82**	0.59*	0.71**	0.94**	1								
8-Leaf Zn	0.86**	0.83**	0.88**	0.58*	0.60*	0.76**	0.78**	1							
9-Stem Zn	0.89**	0.87**	0.92**	0.63*	0.61*	0.81**	0.84**	0.94**	1						
10-Grain Mn	0.64*	0.67^{ns}	0.73**	0.48^{ns}	0.26^{ns}	0.58*	0.57*	0.71**	0.73**	1					
11-Leaf Mn	-0.17^{ns}	-0.14^{ns}	-0.12^{ns}	0.02^{ns}	0.24^{ns}	0.24^{ns}	0.22^{ns}	-0.03^{ns}	-0.05^{ns}	0.16^{ns}	1				
12-Stem Mn	0.11^{ns}	0.07^{ns}	0.27^{ns}	0.22^{ns}	0.05^{ns}	0.11^{ns}	0.29^{ns}	0.18^{ns}	0.07^{ns}	0.12^{ns}	0.41^{ns}	1			
13-Grain Na	-0.84**	-0.76**	-0.70**	-0.57*	-0.39^{ns}	-0.55*	-0.63*	0.71**	0.79**	-0.51^{ns}	-0.48^{ns}	-0.08^{ns}	1		
14-Leaf Na	-0.50^{ns}	-0.37^{ns}	-0.17^{ns}	-0.44^{ns}	-0.37^{ns}	-0.20^{ns}	-0.27^{ns}	-0.30^{ns}	-0.41^{ns}	-0.05^{ns}	0.44^{ns}	0.20^{ns}	0.60*	1	
15-Stem Na	0.19^{ns}	0.27^{ns}	0.50^{ns}	0.29^{ns}	0.46^{ns}	0.50^{ns}	0.53*	0.32^{ns}	0.32^{ns}	0.31^{ns}	0.75**	0.47^{ns}	0.04^{ns}	0.27^{ns}	1

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and ** non-significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. Ahmadinejad, R., Najafi, N., Aliasgharzad, N., and Oustan, S. 2013. Effects of organic and nitrogen fertilizers on water use efficiency, yield and the growth characteristics of wheat. J. Water Soil Sci. – Univ. Tabriz, 23: 2. 177-197. (In Persian)
2. Ayeni, L.S., and Adetunji, M.T. 2010. Integrated application of poultry manure and mineral fertilizer on soil chemical properties, nutrient uptake, yield and growth components of maize. Nature and Science, 8: 1. 60-67.
3. Ayers, R.S., and Westcot, D.W. 1985. Water Quality for Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1, Rome, Italy.
4. Berdanier, C.D., and Atkins, T.K. 1998. Advanced Nutrition Micronutrients. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, USA, 256p.
5. Bongoua-Devisme, A.J., Mustin, C., and Berthelin, J. 2012. Responses of iron-reducing bacteria to salinity and organic matter amendment in paddy soils of Thailand. Pedosphere, 22: 3. 375-393.
6. Cakmak, I. 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. Plant and Soil, 247: 1. 3-24.
7. Chorom, M., and Aghaei, F.M. 2007. Effects of amended sewage sludge application on yield and heavy metal uptake of barley: A case study of Ahvaz sewage treatment plant. Water and Sewage, 18: 2. 53-63. (In Persian)
8. Dane, J.H., and Topp, G.C. 2002. Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods. Soil Science Society of America Book Series, Madison, Wis, USA, 1692p.
9. Eghball, B., Ginting, D., and Gilley, J.E. 2004. Residual effect of manure and compost application on maize production and soil properties. Agron. J. 96: 2. 442-447.
10. EPA. 1993. Clean Water Act. Section 503. Vol. 58, No. 32, United States Environmental Protection Agency (USEPA), Washington DC, USA, 157p.
11. Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Clark, R.B. 2002. Micronutrients in crop production. Advances in Agronomy, 77: 185-268.
12. FAO. 2013. http://faostat.fao.org/ Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
13. Farshi, A.A., Shariati, M.R., Jaroallahi, R., Ghaemi, M.R., Shahabifar, M., and Tavallaei, M.M. 1997. An Estimate of Water Requirement of Main Field Crops and Orchards in Iran, Volume 1: Field Crops. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Agricultural Education Press, Karaj, Iran, 918p. (In Farsi)
14. Fathololomi, S., Asghari, Sh., and Goli Kalanpal, E. 2015. Effects of municipal sewage sludge on the concentration of macronutrients in soil and plant and some agronomic traits of wheat. J. Soil Manage. Sust. Prod. 5: 2. 49-70. (In Persian)
15. Gupta, P.K. 2016. Soil, Plant, Water, and Fertilizer Analysis. Second Edition, Agrobios, New Delhi, India, 366p.
16. Hamon, R.E., Holm, P.E., Lorenz, S.E., McGrath, S.P., and Christensen, T.H. 1999. Metal uptake by plants from sludge-amended soils: caution is required in the plateau interpretation. Plant and Soil, 216: 1-2. 53-64.
17. Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. and Nelson, W.L. 2014. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. Eighth Edition, Pearson Education, New Jersey, USA, 528p.
18. Hazelton, P.A., and Murphy, B.W. 2007. Interpreting soil test results: what do all the numbers mean? CSIRO Publishing, Collingwood, Australia, 160p.
19. Irani Sarand, N. 2012. Effects of urea on nutrient availability, growth and chemical composition of wheat and rice plants under different conditions in loamy sand and clay loam soils. Master of Science Thesis, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran, 165p. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

20. Jones, B.J. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, USA, 384p.
21. Kabir, M.K., Ullah, S.M., Jahan, S., Ullah, M.B., and Kamal, A.T.M. 2008. Influence of sewage sludge and nitrogen fertilization on growth, nutrient content and heavy metal uptake by rice straw. Bangladesh J. Sci. Ind. Res. 43: 4. 571-580.
22. Karami, M., Afyuni, M., Rezaee Nejad, Y., and Khosh Goftarmanesh, A. 2009. Cumulative and residual effects of sewage sludge on zinc and copper concentration in soil and wheat. J. Water Soil Sci. (J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.), 12: 46. 639-654. (In Persian)
23. Kazemalilou, S., Najafi, N., and Reyhanitabar, A. 2018. Effects of integrated application of phosphorus fertilizer and sewage sludge on leaf chlorophyll index and some growth characteristics of sunflower under water deficit conditions. J. Soil Manage. Sust. Prod. 7: 4. 1-18. (In Persian)
24. Kazemzadeh, M., Peighambardoust, H., and Najafi, N. 2014. Improving the nutrients concentrations of wheat flour cv. alvand by integrated application of organic and nitrogen fertilizers. Iran. J. Water Soil Res. 44: 4. 405-420. (In Persian)
25. Kirleis, A.W., Sommers, L.E., and Nelson, D.W. 1984. Yield, heavy metal content, and milling and baking properties of soft red winter wheat grown on soils amended with sewage sludge. Cereal Chemistry. 61: 6. 518-522.
26. Lindsay, A., Benoist, B., Dary, O., and Hurrell, R. 2006. Guidelines on Food Fortification with Micronutrients. World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Geneva, Switzerland, 341p.
27. Mahmoudi, S., Najafi, N., and Reyhanitabar, A. 2015. Effects of soil moisture and sewage sludge compost on leaf chlorophyll index and some growth traits of alfalfa in greenhouse conditions. J. Sci. Technol. Greenhouse Cul. 5: 20. 207-220.
28. Malakouti, M.J., Khougar, Z., and Khademi, Z. 2004. New Methods in Wheat Nutrition. Sana Press, Tehran, 868p. (In Persian)
29. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition, Academic Press, San Diego, CA, USA, 889p.
30. Motaghian, A., Pirdashti, H., Bahmaniar, and Abbasian, A. 2010. Effect of organic fertilizer type and amount on seed yield and nutrients accumulation in leaves of three soybeans (*Glycine max* L. Merr) genotyps. Iran. J. Water Soil Res. 41: 1. 19-26. (In Persian)
31. Najafi, N. 2016. Management of nitrogen nutrition of hydroponics and greenhouse plants. Forth National Congress of Hydroponics and Greenhouse Products, 5-7 September, Vali-e-Asr Rafsanjan University, Rafsanjan, Iran, 11p. (In Persian)
32. Najafi, N., and Mohammadnejad, A. 2016. Differential concentrations of some nutrients in forage of corn (*Zea mays* L.) as affected by organic fertilizers and soil compaction. J. Crop Ecophysiol. 9: 4. 561-582. (In Persian)
33. Najafi, N., Abbasi, M., Aliasgharzad, N., and Oustan, S. 2013. Effects of rice cultivation, submergence, sewage sludge compost and chemical fertilizers on soil solution pH, EC, potassium and sodium. Water and Soil Science- University of Tabriz, 23: 3. 105-121. (In Persian)
34. Najafi, N., Mardomi, S., and Oustan, S. 2012. Changes in DTPA extractable copper, iron, manganese and zinc after waterlogging and application of sewage sludge and animal manure in two different soils. Iran. J. Water Soil Res. 43: 1. 9-22.
35. Najafi, N., Mardomi, S., and Oustan, S. 2012. Influence of waterlogging, sewage sludge and manure on the heavy metals concentrations in roots and shoots of sunflower in a loamy sand soil. J. Water Soil Sci. (J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.), 15: 58. 139-157. (In Persian)
36. Najafi, N., Mardomi, S., and Oustan, S. 2012. The effect of waterlogging, sewage sludge and manure on selected macronutrients and sodium uptake in sunflower plant in a loamy sand soil. J. Water Soil-Ferdowsi Univ. Mashhad. 26: 3. 619-636. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

37. Norgolipour, F., Bagheri, Y., and Lotfollahi, M. 2009. Effects of different sources of nitrogen on yield and quality of wheat. J. Res. Agric. Sci. 4: 2. 120-129.
38. Peters, J. 2003. Recommended Methods of Manure Analysis, Cooperative Extension publishing, University of Wisconsin, USA, 62p.
39. Rasouli, F., and Mafton, M. 2009. Effect of soil application of two organic matters in combination with nitrogen on growth and chemical composition of lowland rice. J. Water Soil Sci. (J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.), 12: 46. 705-720. (In Persian)
40. Rasouli, F., and Maftoun, M. 2010. Residual effects of two organic matters with or without nitrogen on growth and chemical composition of wheat and some soil chemical properties. J. Water and Soil-Ferdowsi Univ. Mashhad. 24: 2. 262-273. (In Persian)
41. Roy, R.N., Fink, A., Blair, G.J., and Tandon, H.L.S. 2006. Plant nutrition for food security: A guide for integrated nutrient management. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 16, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 368p.
42. Sarwar, G., Schmeisky, H., Hussain, N., Muhammad, S., Tahir, M.A., and Salim, U. 2009. Variations in nutrient concentrations of wheat and paddy as affected by different levels of compost and chemical fertilizer in normal soil. Pak. J. Bot. 41: 5. 2403-2410.
43. Sharifi, M., Afyuni, M., and Khoshgoftarmanesh, A.H. 2011. Effects of sewage sludge, compost and cow manure on availability of soil Fe and Zn and their uptake by corn, alfalfa and tagetes flower. J. Water Soil Sci. (J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.), 15: 56. 141-154. (In Persian)
44. Sparks, L. 1996. Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Society of America Book Series, Madison, WI. USA, 1264p.
45. Tabasam, A., Ali, S., and Hayat, R. 2002. Integrated nutrient management for sustainable wheat production under rainfed conditions. Pak. J. Soil Sci. 21: 1-2. 127-134.
46. Wei, Y., and Liu, Y. 2005. Effect of sewage sludge compost application on crops and cropland in a 3- year fields study. Chemosphere, 59: 9. 1257-1265.
47. Welch, R.M. 2002. The impact of mineral nutrients in food crops on global human health. Plant and Soil, 247: 1. 83-90.
48. Westerman, L.Z. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. Third Edition, Soil Science Society of America, Book 3, Madison, Wis, USA, 784p.
49. Yaduvanshi, N.P.S. 2001. Effect of five years of rice-wheat cropping and NPK fertilizer use with and without organic and green manures on soil properties and crop yields in a reclaimed sodic soil. J. Ind. Soc. Soil Sci. 49: 4. 714-719.
50. Zhang, H., and Bloom, P.R. 1999. Dissolution kinetics of hornblende in organic acid solutions. Soil Sci. Soc. Amer. J. 63: 4. 815-822.

www.SID.ir

Arc

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 26(3), 2019
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2019.15712.3091

Effects of urea integration with manure and two types of compost (municipal waste and sewage sludge) on concentrations of micronutrients and sodium in wheat leaf, stem and seed

***N. Najafi[1], R. Ahmadinezhad[2], N. Aliasgharzad[3] and Sh. Oustan[3]**
[1]Associate Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, University of Tabriz,
[2]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science and Engineering, University of Tabriz,
[3]Professor, Dept. of Soil Science and Engineering, University of Tabriz
Received: 10.15.2018; Accepted: 03.03.2019

Abstract

Background and Objectives: To improve soil fertility, increase water and nutrient holding capacity in soil, increase water penetration in soil, reduce soil erosion and improve plant growth and yield, use of different organic fertilizers in soil is of high importance due to lack of organic matter in most soils of Iran. However, these fertilizers alone can not meet the needs of the plants and are not sufficiently available to farmers. On the other hand, the high consumption of chemical fertilizers causes environmental pollution and increases production costs. Therefore, in order to increase effectiveness of organic and chemical fertilizers and to achieve sustainable agriculture, integrated application of organic and chemical fertilizers is recommended. The deficiencies of micronutrients in the most agricultural soils often reduce the yield and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.) as a strategic crop in Iran. Therefore, the appropriate concentrations of these nutrients in wheat seed and straw are important not only for the optimum yield of the wheat plant and its quality improvement but also for the health of humans and animals. In order to improve micronutrients nutrition of wheat and its quality the integrated management of soil fertility is essential.

Materials and Methods: This research was carried out to study the effects of urea combining with farmyard manure (FYM), municipal solid waste compost (MSWC) and municipal sewage sludge compost (MSSC) on concentrations of micronutrients and sodium in seed, leaf and stem of wheat cultivar Alvand. The experiment was done in a randomized complete blocks design with 15 treatments and three replications under field conditions at Khalatposhan Agricultural Research Station, University of Tabriz, Tabriz, Iran. The treatments included were: 1) control (without fertilizers), 2) 150 kg urea/ha, 3) 300 kg urea/ha, 4) 30 ton MSWC/ha, 5) 30 ton MSWC/ha + 150 kg urea/ha, 6) 60 ton MSWC/ha, 7) 60 ton MSWC/ha + 150 kg urea/ha, 8) 30 ton MSSC/ha, 9) 30 ton MSSC/ha + 150 kg urea/ha, 10) 60 ton MSSC/ha, 11) 60 ton MSSC/ha + 150 kg urea/ha, 12) 30 ton FYM/ha, 13) 30 ton FYM/ha + 150 kg urea/ha, 14) 60 ton FYM/ha, 15) 60 ton FYM/ha + 150 kg urea/ha. The size of each plot was 2.0 m × 1.9 m. At the end of growth period, the plants were harvested and the concentrations of iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn), manganese (Mn) and sodium (Na) in their seeds, leaves and stems were measured.

Results: The results showed that the effects of treatments on the concentrations of Fe, Zn, Cu and Mn in different sections of wheat (except seed Cu concentration) were significant ($P<0.01$). The application of 300 kg urea/ha significantly increased Fe concentration in seed and stem,

* Corresponding Author; Email: n-najafi@tabrizu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Cu concentration in leaf and stem, Mn concentration in leaf and Na concentration in stem as compared with the control. There was a significant positive correlation between Zn concentration in leaf and urea fertilizer level. The use of FYM, MSWC and MSSC significantly increased the concentrations of Fe and Zn in seed, and concentrations of Fe, Zn and Mn in leaf and stem relative to the control. The concentrations of Fe, Zn, Cu and Mn in different sections of wheat in integrated treatments especially in combined application of 150 kg urea and 60 ton FYM, MSWC and MSSC per hectare were greater than other treatments while the seed Na concentrations in these treatments were lower than other treatments. The mean concentrations of Fe, Zn, Cu, Mn and Na in different sections of wheat were in the order of leaf > stem > seed, seed > leaf > stem, seed > leaf > stem, stem > seed > leaf, and stem > leaf > seed, respectively. There were significant correlations between the concentrations of the elements in different wheat sections.

Conclusions: In general, to reduce the use of chemical fertilizers and to achieve sustainable, improvement of Fe, Zn, Cu and Mn nutrition of wheat plant, and improvement of wheat seed and straw quality, the combined application of 150 kg urea and 30 or 60 ton manure or municipal solid waste compost or municipal sewage sludge compost per hectare could be recommended at similar conditions.

Keywords: Integrated management of plant nutrition, Manure, Municipal solid waste compost, Sewage sludge, Wheat

www.SID.ir

www.SID.ir