Archive of SID

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۸، ص. ۸۱-۶۳

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 1, Mar.-Apr. 2019, p. 63-81

اثر تلفیق اوره با کود دامی و دو نوع کمپوست (لجن فاضلاب و پسماند شهری) بر عملکرد دانه، برگ و ساقه گندم و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم آن‌ها

نصرت اله نجفی[1*]- راشد احمدی‌نژاد[2]- ناصر علی‌اصغرزاد[3]- شاهین اوستان[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۹

چکیده

برای استفاده مؤثر از کودهای شیمیایی و آلی، کاهش آلودگی محیط‌زیست و دستیابی به کشاورزی پایدار، مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی توصیه شده است. لذا، این پژوهش برای بررسی تأثیر تلفیق کود دامی، کمپوست پسماند شهری و کمپوست لجن فاضلاب شهری با اوره بر عملکرد و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه، برگ و ساقه گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم الوند، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ تیمار و سه تکرار در شرایط مزرعه‌ای و در کرت‌هایی به ابعاد ۲ × ۱/۹ متر مربع انجام شد. تیمارها شامل ۱-شاهد (بدون مصرف کود آلی و اوره)، ۲-کود اوره (۱۵۰kg/ha)، ۳-کود اوره (۳۰۰kg/ha)، ۴-کمپوست پسماند شهری (۳۰t/ha)، ۵-کمپوست پسماند شهری (۳۰t/ha)+ کود اوره (۱۵۰kg/ha)، ۶-کمپوست پسماند شهری (۶۰t/ha)، ۷-کمپوست پسماند شهری (۶۰t/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 (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. نتایج نشان داد که مصرف ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار نسبت به تیمار شاهد، عملکرد دانه و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه، ساقه و برگ گندم را افزایش اما عملکرد ساقه را کاهش داد. مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار بر عملکرد برگ اثر معناداری نداشت اما تلفیق آن با ۶۰ تن کمپوست پسماند شهری عملکرد برگ را نسبت به شاهد و ۶۰ تن کمپوست پسماند شهری به‌طور معناداری افزایش داد. تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم اوره با ۳۰ و ۶۰ تن کمپوست لجن فاضلاب، کمپوست پسماند شهری و کود دامی عملکرد دانه و ساقه و غلظت نیتروژن و فسفر آن‌ها را نسبت به شاهد و اوره و کودهای آلی به‌تنهایی افزایش داد. مصرف کمپوست لجن فاضلاب، کمپوست پسماند شهری و کود دامی عملکرد دانه و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه، ساقه و برگ گندم را نسبت به شاهد افزایش داد اما اثر آن‌ها بر عملکرد ساقه و برگ به نوع کود آلی و سطح آن بستگی داشت. بیشترین عملکرد و غلظت نیتروژن و فسفر دانه، ساقه و برگ گندم در تیمارهای تلفیق کودهای آلی با اوره مشاهده شد. به‌طورکلی، در این پژوهش مشاهد شد که برای کاهش مصرف کودهای نیتروژن، بهبود تغذیه نیتروژن، فسفر و پتاسیم گندم و بهبود کیفیت آن و افزایش عملکرد گندم، مصرف توأم ۶۰ تن کود دامی و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار بهترین تیمار بود. بااین‌حال، اگر کود دامی در دسترس نباشد، می‌توان مصرف ۶۰ تن لجن فاضلاب شهری یا کمپوست پسماند شهری به همراه ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار را در شرایط مشابه توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، فسفر، کمپوست پسماند شهری، کود دامی، گندم، لجن فاضلاب، نیتروژن

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) به‌عنوان یک محصول راهبردی مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین غله بوده و در امنیت غذایی و سلامتی مردم نقش بسیار مهمی دارد. دانه گندم برای بسیاری از مردم جهان اصلی‌ترین منبع انرژی و پروتئین است. دانه گندم حاوی عناصر غذایی و ویتامین‌های مختلف بوده و علاوه‌بر تغذیه انسان در تغذیه دام و پرندگان نیز نقش مهمی دارد. باتوجه به کمبود علوفه در ایران، 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 غذایی مورد نیاز دام‌ها و پرندگان و تولید مواد پروتئینی

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشیار، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادان گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: (Email: n-najafi@tabrizu.ac.ir
DOI: 10.22067/jsw.v33i1.73420

www.SID.ir

Archive of SID

مورد نیاز انسان اهمیت زیادی دارد. با این حال، کمبود مواد آلی در اغلب خاک‌های ایران و آهکی بودن آن‌ها، بالا بودن pH خاک‌ها، وقوع انواع تنش‌ها (مانند خشکی، شوری، کمبود عناصر غذایی و غیره)، مدیریت نامناسب حاصلخیزی خاک و غیره مسائل عمده‌ای هستند که سبب مختل شدن تغذیه گندم و کاهش عملکرد و کیفیت آن شده‌اند (۳۴ و ۴۰). باتوجه‌به کم‌آبی، شوری آب‌ها و خاک‌ها و کیفیت نامناسب خاک‌های کشت نشده امکان افزایش سطح زیر کشت گندم در ایران وجود ندارد. بنابراین، برای تأمین غذای مورد نیاز جمعیت در حال افزایش ایران، لازم است میزان تولید گندم در واحد سطح افزایش یابد. برای این کار، استفاده از کودهای آلی و شیمیایی برای بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد گندم از روش‌های اجتناب‌ناپذیر و امیدبخش است (۱۳، ۳۴ و ۴۰). کودهای شیمیایی به تنهایی می‌توانند تمام عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را تأمین کنند اما مصرف زیاد آن‌ها، سبب آلودگی محیط زیست و افزایش هزینه تولید محصولات کشاورزی می‌شود. کودهای آلی می‌توانند ویژگی‌های زیستی، فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود بخشیده و خاک‌های کم‌حاصلخیز را اصلاح نمایند. بااین‌حال، این کودها به‌تنهایی نمی‌توانند تمام نیاز گیاهان به عناصر غذایی مختلف را تأمین نمایند. به‌علاوه، این کودها در همه جا به اندازه کافی در دسترس کشاورزان نیستند (۲، ۱۸، ۳۱ و ۴۰). بنابراین، برای استفاده مؤثر از کودهای شیمیایی و آلی، کاهش آلودگی محیط زیست و دستیابی به کشاورزی پایدار، توصیه شده است کودهای آلی و شیمیایی در کشاورزی به صورت تلفیقی مصرف شوند (۴۰ و ۵۴). در این روش تا آنجا که امکان دارد از مصرف کودهای شیمیایی کم شده و به جای آن از کودهای آلی مختلف مانند کود دامی، بقایای گیاهی، کود سبز، انواع کمپوست، لجن فاضلاب و غیره استفاده می‌شود. استفاده از کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب در تولید محصولات کشاورزی به چند دلیل در حال افزایش است: ۱) بقایای گیاهی یا سوزانده می‌شود یا اینکه برای تغذیه دام استفاده می‌شود. ۲) منابع سنتی مواد آلی مانند کودهای دامی در همه جا به اندازه کافی در دسترس کشاورزان نیستند. ۳) مصرف برخی کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست در شرایط مزرعه گران تمام می‌شود. ۴) استفاده از کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب در کشاورزی یک راه ایمن برای دفن این مواد بوده و روشی ارزان برای افزایش حاصلخیزی خاک است. بااین‌حال، باتوجه‌به آلودگی‌های احتمالی موجود در این کودها لازم است مصرف آن‌ها در خاک‌های کشاورزی بر اساس نتایج پژوهش‌ها باشد (۱۸ و ۴۰).

نیتروژن از عناصر پرمصرف ضروری برای رشد و تغذیه گیاهان است و کمبود آن بیشترین فراوانی را در گیاهان دارد. فسفر و پتاسیم از عناصر پرمصرف ضروری برای تغذیه گیاهان، انسان و دام هستند. کمبود این سه عنصر در خاک‌های جهان رشد و تولید گیاهان در نظام‌های کشاورزی را اغلب کاهش می‌دهد. فسفر بعد از کلسیم دومین عنصر فراوان در بدن انسان می‌باشد و در ساخت دندان‌ها، استخوان‌ها و برای انجام تمام واکنش‌های بیوشیمیایی در بدن انسان لازم است (۳۵ و ۵۱). همچنین، غلظت‌های عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم شاخصی از کیفیت محصولات کشاورزی است. برای مثال میان غلظت نیتروژن و پروتئین آرد گندم رابطه مثبت مشاهده شده است (۳۴). لذا، وجود غلظت مناسبی از نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دانه، برگ و ساقه گندم نه‌تنها برای رشد مطلوب گیاه و بهبود کیفیت آن بلکه در زنجیره غذایی برای سلامتی انسان و دام اهمیت زیادی دارد. بررسی منابع نشان داد که تا کنون بررسی‌های محدودی در مورد اثر مواد آلی مختلف بر رشد گندم و جذب عناصر غذایی به‌وسیله آن انجام شده است. برای مثال فتح‌العلومی و همکاران (۲۱) اثر لجن فاضلاب شهری بر جذب برخی عناصر غذایی و رشد گندم را در شرایط گلخانه‌ای مطالعه کردند. در برخی بررسی‌ها نیز اثر تلفیق کودهای آلی و شیمیایی بر رشد و جذب عناصر غذایی در گندم در شرایط گلخانه‌ای مطالعه شده است (۵۶، ۶۰ و ۶۴). بااین‌حال، تا کنون اثر تلفیق مواد آلی مختلف (کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری) با سطوح مختلف کود اوره بر عملکرد اندام‌های مختلف گندم و جذب عناصر غذایی در شرایط مزرعه‌ای به‌طور همزمان بررسی نشده است. بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی اثر مصرف تلفیقی نیتروژن، کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری بر عملکرد و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم 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 و 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 و مس قابل‌جذب اندازه‌گیری شد (۱۶ و ۵۹). کودهای آلی مورد استفاده در این تحقیق شامل کمپوست لجن‌فاضلاب 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. کودهای آلی از الک دو میلی‌متری عبور داده شده و ویژگی‌های شیمیایی آن‌ها تعیین گردید (۵۰). مزرعه مورد نظر در اردیبهشت ماه شخم زده شد و قبل از آن به‌مدت دو سال به‌صورت آیش بود. در اواخر شهریور ماه 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

www.SID.ir

Archive of SID

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)، ۴-کمپوست پسماند شهری (۳۰t/ha)، ۵-کمپوست پسماند شهری (۳۰t/ha)+ کود اوره (۱۵۰kg/ha)، ۶-کمپوست پسماند شهری (۶۰t/ha)، ۷- کمپوست پسماند شهری (۶۰t/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 (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 و اوره به‌ترتیب بر اساس نتایج گزارش شده به وسیله نجفی و مردمی (۴۱) و ملکوتی (۳۴) انتخاب شد.

تمام کودهای آلی و ۱۵۰kg/ha کود اوره 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 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 گردید 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 مهر ماه 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 گرفت. برای تعیین نیاز آبی گیاه گندم در مراحل مختلف رشد و محاسبه حجم آب مورد نیاز 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 (۲۰). 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 (متر مربع)، حجم آب مورد نیاز محاسبه شد. باتوجه به اینکه هر کرت با کرت بعدی فاصله داشت. انتظار این بود که هنگام آبیاری حدود ۱۰ درصد از آب مصرف شده در داخل هر کرت از طریق نفوذ جانبی و نشت از کرت خارج شده و صرف خیس کردن خاک پیرامون هر کرت شود. لذا راندمان آبیاری ۹۰ درصد در نظر گرفته شد. همچنین، ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در آزمایشگاه تعیین گردید (۲۴). برداشت گیاه در پایان دوره رشد و پس از رسیدگی فیزیولوژیک (تیر ماه)، بعد از حذف حاشیه‌های هر کرت، در نیم مترمربع وسط هر کرت انجام و عملکرد دانه، برگ و ساقه گندم تعیین شد. غلظت نیتروژن در دانه، برگ و ساقه گندم به روش کجلدال (۲۹) و غلظت فسفر و پتاسیم در آن‌ها به روش خشک‌سوزانی و حل کردن خاکستر در محلول دو اسید ($HCl+HNO_3$) اندازه‌گیری شد (۶۲). در عصاره‌های تهیه شده، غلظت فسفر به‌روش وانادومولیبدوفسفریک اسید ارائه شده به‌وسیله رایلی و مورفی (۵۹) و با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل PD-303 ساخت شرکت Apel ژاپن و غلظت پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر مدل ۴۱۰ ساخت شرکت Corning انگلستان تعیین شد (۲۹). تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار MSTATC و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد. برای انجام تحلیل آماری، ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها آزمون شد و پس از انجام تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای 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. خاک قلیایی بوده و با ۰/۷۶ 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 (۲۶ و ۳۴). نتایج تجزیه کودهای آلی مورد استفاده در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود کودهای آلی مورد استفاده از نظر ویژگی‌های مختلف باهم تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای داشتند. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (۱۹۹۳) حد مجاز استاندارد غلظت سرب و کادمیم در کودهای آلی را به‌ترتیب ۳۰۰ و ۳۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده است (۵). باتوجه به جدول ۲، غلظت این دو فلز سنگین در هر سه کود کم‌تر از این حد بود و این مواد از نظر سمیت فلزات سنگین خطری نداشتند. نتایج تجزیه آب آبیاری مورد استفاده که از آب لوله‌کشی ایستگاه تحقیقات کشاورزی تأمین شد، در جدول ۴ ارائه شده که از لحاظ کشاورزی مشکل خاصی نداشت (۸).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1– Some physical and chemical properties of soil

بافت خاک Soil texture	شن Sand	رس Clay	کربنات کلسیم معادل CCE	کربن آلی OC	pH عصاره گل اشباع pH_e	قابلیت هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع EC_e
	(٪)					(dS/m)
Loam	49.8	18.5	9.78	0.76	7.7	1.39

جدول ۱- ادامه

Table 1– Continued

سدیم (Na)	پتاسیم (K)	فسفر (P)	آهن (Fe)	منگنز (Mn)	مس (Cu)	روی (Zn)
قابل‌جذب Available (mg/kg)						
195	188	27.0	3.3	9.9	1.7	1.0

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده

Table 2–Some chemical properties of studied organic fertilizers

	$pH_{(1:2)}$ (v/v)	$EC_{(1:2)}$ (dS/m) (v/v)	کربن آلی OC (٪)	نیتروژن N (٪)	نیتروژن/کربن C/N
کود دامی (Manure)	8.5	13.5	17.8	0.95	18.7
کمپوست لجن فاضلاب (Municipal sewage sludge compost)	7.1	12.4	11.2	1.20	9.3
کمپوست پسماند شهری (Municipal solid waste compost)	7.4	17.2	10.5	0.60	17.5

جدول ۳- غلظت کل عنصرها در کودهای آلی مورد استفاده

Table 3–Elements total concentrations of studied organic fertilizers

	سدیم (Na)	پتاسیم (K)	کلسیم (Ca)	منیزیم (Mg)	فسفر (P)
	(mg/g)				
کود دامی (Manure)	6.9	22.5	12.8	21.4	9.6
کمپوست لجن فاضلاب (Municipal sewage sludge compost)	2.9	5.6	28.0	56.2	8.7
کمپوست پسماند شهری (Municipal solid waste compost)	7.7	7.0	6.8	13.4	6.5

جدول ۳- ادامه

Table 3– Continued

	سرب (Pb)	کادمیم (Cd)	منگنز (Mn)	روی (Zn)	مس (Cu)	آهن (Fe)
	(mg/kg)					
کود دامی (Manure)	94	9.7	148	101	38.9	5149
کمپوست لجن فاضلاب (Municipal sewage sludge compost)	163	13.2	322	3276	304	11972
کمپوست پسماند شهری (Municipal solid waste compost)	131	10.5	262	245	307	13621

جدول ٤- نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده

Table 4– The chemical analysis results of used irrigation water

پتاسیم (K)	فسفر (P)	کلسیم (Ca)	منیزیم (Mg)	آهن (Fe)	منگنز (Mn)	روی (Zn)	مس (Cu)	سدیم (Na)	pH	نسبت جذب سدیم Sodium adsorption ratio (SAR)	EC (dS/m)
(mg/L)										$(meq/L)^{0.5}$	
4.3	0.05	42	11	0.10	0.00	0.60	0.00	3.5	7.7	0.07	0.49

عملکرد دانه، برگ و ساقه

تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر عملکرد دانه، برگ و ساقه در سطح احتمال یک درصد معنادار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف کود اوره باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد ولی میان دو سطح ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار تفاوت معناداری وجود نداشت. همچنین مصرف کود اوره بر عملکرد برگ اثر معناداری نداشت ولی عملکرد ساقه گندم را کاهش داد (شکل ۱). به‌نظر می‌رسد که در این آزمایش نیاز گیاه به نیتروژن در سطح ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار تأمین شده و افزایش سطح اوره از ۱۵۰ به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر معناداری بر عملکرد دانه

www.SID.ir

Archive of SID

نداشته است. شهسواری و صفری (۵۷) نیز مشاهده کردند که مصرف نیتروژن از منبع اوره تا یک سطحی باعث افزایش عملکرد دانه گندم شد و پس از آن تغییر معناداری نکرد. ایرانی سرند (۲۸) نیز گزارش داد که با مصرف سطوح مختلف کود اوره رشد گندم رقم الوند کشت شده در دو خاک قلیایی مختلف، به‌طور معناداری نسبت به شاهد افزایش یافت. نیتروژن بر واکنش‌های بیوشیمیایی، شدت فتوسنتز، افزایش دوره رویش و تجمع ماده خشک بیشتر در اندام‌های هوایی و در نتیجه بر اجزای عملکرد گندم مؤثر است (۵۸ و ۶۳)، به‌طوری‌که افزایش ارتفاع و وزن خشک بخش هوایی گندم با مصرف کود نیتروژن گزارش شده است (۱۹ و ۵۷). افزایش عملکرد دانه را می توان به افزایش غلظت کلروفیل برگ‌ها، افزایش شدت فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها نسبت داد که سبب بهبود پرشدن دانه، افزایش وزن هزاردانه، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و طول سنبله می‌شود (۳). افزایش غلظت کلروفیل برگ‌های گندم بر اثر مصرف کود اوره (۲۸) را می‌توان به شرکت داشتن چهار اتم نیتروژن در ساختمان هر مولکول کلروفیل نسبت داد (۲۵ و ۳۵). دلیل دیگر برای افزایش عملکرد دانه با مصرف کود اوره ممکن است کاهش pH خاک باشد (۲۸). آسینگ و همکاران (۶) مشاهده کردند تا چهار روز پس از افزودن کود اوره، pH خاک افزایش و پس از آن کاهش یافت. افزایش اولیه pH به‌دلیل آبکافت اوره و تولید کربنات آمونیوم و کاهش بعدی آن، بر اثر فرآیند نیترات‌سازی بود. دلیل دیگر برای کاهش pH خاک این است که ریشه گیاه با جذب یون‌های NH_4^+ حاصل از آبکافت اوره، برای حفظ خنثی بودن بار الکتریکی در داخل و پیرامون ریشه، H^+ به ریزوسفر آزاد می‌کند که سبب اسیدی شدن آن می‌گردد. این کاهش pH خاک سبب افزایش فراهمی عنصرهای غذایی مختلف از جمله فسفر، پتاسیم، روی، آهن، منگنز و مس شده و تغذیه گیاه بهبود یافته و عملکرد دانه گندم افزایش می‌یابد (۳۵ و ۴۵).

مصرف کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری همراه با اوره یا به‌تنهایی، عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معناداری افزایش داد اما اثر آن‌ها بر عملکرد برگ و ساقه به سطح آن‌ها و تلفیق یا عدم تلفیق آن‌ها با کود اوره بستگی داشت. تلفیق کود دامی، لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری با اوره عملکرد دانه را بیشتر از مصرف کود اوره به‌تنهایی یا کودهای آلی به تنهایی، افزایش داد. مصرف هر دو سطح کود اوره و سطح ۳۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری و کود دامی سبب کاهش عملکرد ساقه و افزایش عملکرد دانه گردید که نشان دهنده انتقال مواد و عنصرهای غذایی بیشتر به دانه‌ها است. به‌طورکلی، تیمارهای تلفیق کود آلی و نیتروژن عملکرد دانه، برگ و ساقه بهتری داشتند. بیشترین عملکرد دانه از تیمار تلفیقی ۶۰ تن کود دامی+ ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و بیشترین عملکرد برگ و ساقه از تیمار تلفیقی ۶۰ تن کمپوست پسماند شهری + ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار حاصل شد (شکل ۱). به‌طور کلی، میانگین عملکرد اندام‌های مختلف گندم (برای ۱۵ تیمار و ۳ تکرار) به‌صورت عملکرد دانه (۲۳۸۷ کیلوگرم در هکتار)> عملکرد ساقه (۲۲۳۶ کیلوگرم در هکتار)> عملکرد برگ (۶۲۷ کیلوگرم در هکتار) بود (شکل ۱). میان عملکرد برگ و ساقه گندم همبستگی مثبت ($r = ۰/۸^{**}$) وجود داشت (جدول ۶) که نشان می‌دهد با افزایش رشد ساقه گندم، رشد برگ‌های آن نیز افزایش می یابد. همچنین، میان عملکرد دانه گندم و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ، ساقه و دانه همبستگی‌های مثبت و معنادار در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت (جدول ۶) که نشان‌دهنده نقش تغذیه نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه گندم در افزایش عملکرد آن است.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارها بر عملکرد و غلظت نیتروژن دانه، برگ و ساقه گندم

Table 5– ANOVA (mean squares) of the effect of treatments on yield and N concentration of wheat grain, leaf and stem

منبع تغییر S.O.V	DF	عملکرد (Yield)			غلظت نیتروژن (N concentration)		
		دانه (Grain)	برگ (Leaf)	ساقه (Stem)	دانه (Grain)	برگ (Leaf)	ساقه (Stem)
بلوک Block	2	301134^{*}	130856^{**}	114212^{*}	2.28^{ns}	4.713^{ns}	0.92^{ns}
تیمارها Treatments	14	1257590^{**}	70044^{**}	394333^{**}	63.83^{**}	30.46^{**}	13.90^{**}
خطا Error	28	72355	19971	23568	2.415	1.527	0.489
ضریب تغییرات CV (%)	-	11.27	22.55	6.87	5.87	9.60	10.11

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

نجفی و مردمی (۴۱) گزارش دادند که مصرف کود دامی و لجن فاضلاب رشد ریشه و بخش هوایی گیاه آفتاب‌گردان را نسبت به شاهد به‌طور معناداری افزایش داد. محمودی و همکاران (۳۲) مشاهده کردند که مصرف ۱۵ و ۳۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک، شاخص کلروفیل برگ، وزن خشک بخش هوایی و ریشه و ارتفاع بوته یونجه را به‌طور معنادار افزایش داد. همچنین، نتایج آنان نشان داد که مصرف ۳۰ گرم لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک، باعث کاهش اثر تنش کمبود آب بر گیاه یونجه گردید. فتح‌العلومی و همکاران (۲۱) با انجام یک آزمایش گلخانه‌ای گزارش دادند که مصرف لجن فاضلاب شهری سبب افزایش عملکرد دانه و بخش هوایی گندم شد. آنان مقدار ۱۲۰ تن در هکتار را توصیه نمودند. برومند و بهمنیار (۱۱) گزارش دادند که مصرف کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب به میزان ۵ و ۱۰ درصد جرم خاک، وزن بخش هوایی و میوه گیاه فلفل سبز قلمی را نسبت به شاهد به‌طور معنادار افزایش داد. افزایش عملکرد دانه گندم در تیمارهای تلفیقی نسبت به شاهد و مصرف فقط کودهای آلی یا فقط اوره، با گزارش‌های پژوهشگران دیگر (۲، ۲۲ و ۶۳) مطابقت داشت. گاگنون و همکاران (۲۲) مشاهده کردند که با افزودن کود نیتروژن به کمپوست، عملکرد دانه گندم افزایش یافت. متقیان و همکاران (۳۹) گزارش دادند که مصرف لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری به میزان ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار، عملکرد دانه سویا را به‌طور معنادار افزایش داد. کاظم‌علیلو و همکاران (۳۱) با انجام یک آزمایش مزرعه‌ای در دو سال گزارش دادند که عملکرد دانه آفتاب‌گردان با مصرف لجن فاضلاب افزایش یافت اما بیشترین عملکرد با مصرف توأم ۶۰ تن لجن فاضلاب و ۲۰۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل در شرایط آبیاری نرمال و مصرف توأم ۶۰ تن لجن فاضلاب و ۱۰۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل در هکتار در شرایط کم‌آبی مشاهده شد. چرم و آقایی (۱۴) افزایش معنادار عملکرد دانه و علوفه جو را با مصرف ۱۰۰ تن در هکتار لجن فاضلاب تصفیه‌خانه شهر اهواز نسبت به شاهد مشاهده نمودند. کبیر و همکاران (۳۰) نیز بیشترین ماده خشک کاه و کلش برنج را در تیمارهای تلفیق لجن فاضلاب با کود نیتروژن مشاهده کردند. آینی و آدتونجی (۷) افزایش عملکرد دانه و ساقه ذرت بر اثر مصرف کود مرغی به‌تنهایی یا همراه با NPK را گزارش کردند.

جدول ٦- ضرایب همبستگی ساده میان صفات مورد مطالعه (غلظت عنصرها و عملکرد)

Table 6– Simple correlation coefficients of studied characteristics (elements concentrations and yield)

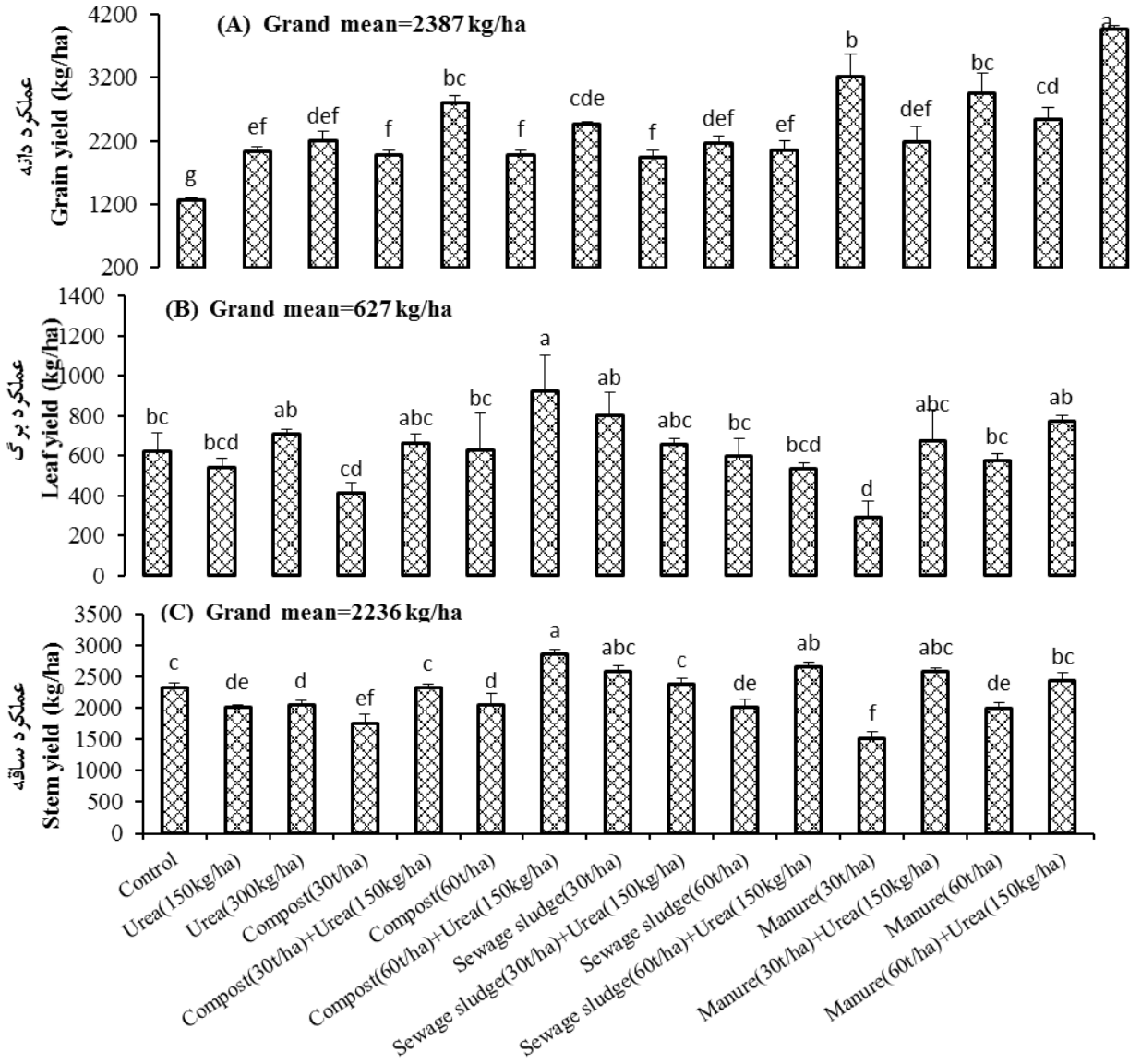
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
عملکرد دانه 1-Grain yield	1											
عملکرد برگ 2-Leaf yield	0.22^{ns}	1										
عملکرد ساقه 3-Stem yield	0.37^{ns}	0.80**	1									
غ. نیتروژن دانه 4-Grain N conc.	0.74**	0.60*	0.57*	1								
غ. نیتروژن برگ 5-Leaf N conc.	0.73**	0.26^{ns}	0.18^{ns}	0.78**	1							
غ. نیتروژن ساقه 6-Stem N conc.	0.86**	0.31^{ns}	0.45^{ns}	0.84**	0.87**	1						
غ. فسفر دانه 7-Grain P conc.	0.80**	0.35^{ns}	0.47^{ns}	0.85**	0.69**	0.79**	1					
غ. فسفر برگ 8-Leaf P conc.	0.85**	0.22^{ns}	0.36^{ns}	0.76**	0.78**	0.80**	0.91**	1				
غ. فسفر ساقه 9-Stem P conc.	0.72**	0.24^{ns}	0.24^{ns}	0.83**	0.91**	0.81**	0.83**	0.87**	1			
غ. پتاسیم دانه 10-Grain K conc.	0.728**	0.15^{ns}	0.16^{ns}	0.73**	0.73**	0.68**	0.83**	0.80**	0.80**	1		
غ. پتاسیم برگ 11-Leaf K conc.	0.86**	0.19^{ns}	0.33^{ns}	0.74**	0.75**	0.76**	0.86**	0.92**	0.79**	0.82**	1	
غ. پتاسیم ساقه 12-Stem K conc.	0.74**	0.24^{ns}	0.33^{ns}	0.76**	0.83**	0.82**	0.79**	0.79**	0.86**	0.89**	0.79**	1

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ غ: غلظت

ns, * and **: non-significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد دانه (A)، عملکرد برگ (B) و عملکرد ساقه (C) گندم. میانگین‌های با حروف لاتین مشابه با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنادار ندارند.

Figure 1- Effects of different treatments on seed yield (A), leaf yield (B) and stem yield (C) of wheat. Means followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

در نظام مدیریت تلفیقی تغذیه گندم، مصرف کود نیتروژن نه‌تنها باعث افزایش رشد رویشی گندم می‌شود، بلکه با تعدیل نسبت C/N، سرعت معدنی شدن کودهای آلی و رهایش نیتروژن و سایر عنصرهای غذایی را افزایش داده و موجب بهبود تغذیه گیاه و تقویت رشد زایشی آن می‌شود. از طرف دیگر، بر اثر تجزیه کودهای آلی، انواع اسیدهای آلی و ترکیب‌های کی‌لیت کننده آزاد می‌شود که سبب کاهش pH خاک و افزایش فراهمی عنصرهای غذایی در خاک می گردد (۲۵). همچنین، به‌نظر می‌رسد افزایش عملکرد دانه در تیمارهای تلفیقی و فقط کود آلی، نسبت به تیمار شاهد به‌علت بیشتر بودن غلظت کل عنصرهای غذایی در کودهای آلی نسبت به خاک می‌باشد (جدول‌های ۱ تا ۳). منتلر و همکاران (۳۷) نیز نشان دادند که مصرف تلفیقی کودهای دامی با کود شیمیایی، باعث افزایش وزن هزار دانه ذرت گردید. علت این افزایش به اثرهای مفید کود دامی در افزایش رشد ریشه، عرضه مناسب عنصرهای غذایی، افزایش سهم برگ و بهبود شدت فتوسنتز و تسهیم بهتر مواد در دانه‌ها نسبت داده شد (۳۷). از طرف دیگر، به‌نظر می‌رسد با مصرف مواد آلی، فشردگی خاک کاهش و تخلخل آن افزایش یافته و سبب بهبود ساختمان خاک، افزایش تهویه و ظرفیت نگهداری آب و افزایش آب قابل

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده گیاه در خاک می‌شود. در نتیجه، رشد و گسترش ریشه و جذب آب و عنصرهای غذایی بهبود یافته و رشد گیاه و عملکرد دانه افزایش می‌یابد (۱۰، ۲۳، ۳۸ و ۴۳). عملکرد دانه با غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دانه، برگ و ساقه گندم همبستگی‌های مثبت معنادار داشت (جدول ۶) که نشان دهنده اهمیت عنصرهای غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم در بهبود تغذیه گیاه گندم و افزایش عملکرد دانه آن می‌باشد.

غلظت نیتروژن دانه، برگ و ساقه گندم

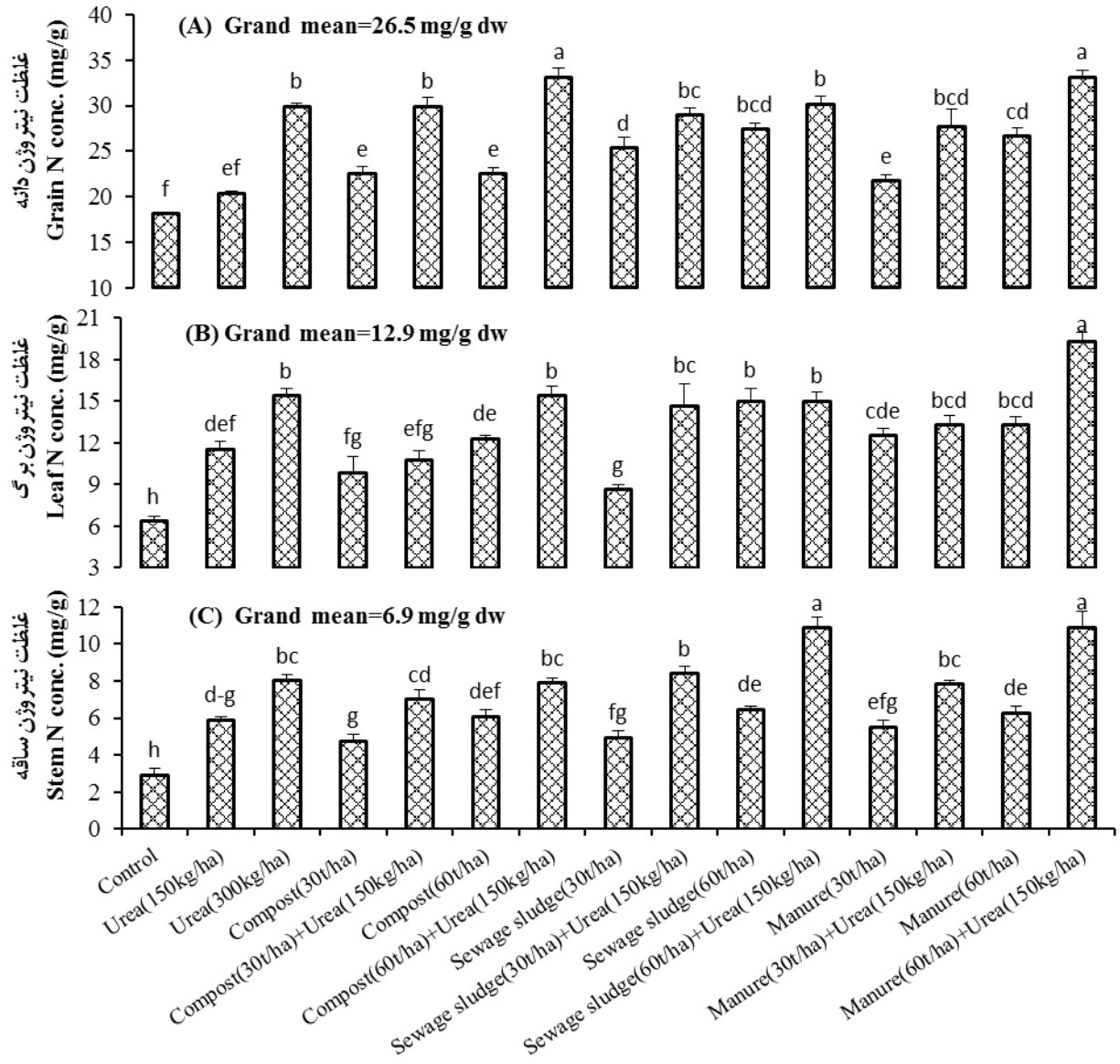
تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر غلظت نیتروژن دانه، برگ و ساقه گندم در سطح احتمال یک درصد معنادار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، بر غلظت نیتروژن دانه در مقایسه با شاهد اثر معناداری نداشت اما افزایش سطح اوره به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت نیتروژن دانه را نسبت به شاهد به‌طور معناداری افزایش داد. مصرف هر دو سطح ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار غلظت نیتروژن برگ و ساقه گندم را به‌طور معناداری نسبت به شاهد افزایش داد. مصرف ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کود دامی، کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب شهری به‌تنهایی یا همراه ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار غلظت نیتروژن دانه، برگ و ساقه گندم را به‌طور معناداری نسبت به شاهد افزایش داد. به‌طورکلی، تیمارهای تلفیقی نسبت به مصرف فقط کودهای آلی یا فقط نیتروژن از لحاظ اثر بر غلظت نیتروژن دانه، برگ و ساقه گندم برتر بودند؛ به‌طوری‌که بیشترین غلظت نیتروژن دانه، برگ و ساقه گندم از تلفیق ۶۰ تن کود دامی و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار به‌دست آمد. این تیمار از نظر غلظت نیتروژن دانه با تیمار ۶۰ تن کمپوست پسماند شهری + ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و از نظر غلظت نیتروژن ساقه با تیمار ۶۰ تن کمپوست لجن فاضلاب + ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار تفاوت معنادار نداشت. کمترین غلظت نیتروژن دانه، برگ و ساقه گندم در تیمار شاهد بود. به‌طورکلی، میانگین غلظت نیتروژن اندام‌های مختلف گندم (برای ۱۵ تیمار و ۳ تکرار) بر حسب میلی‌گرم در گرم ماده خشک به‌صورت دانه (۲۶/۵) > برگ (۱۲/۹) > ساقه (۶/۹) بود (شکل ۲) که با نتایج گزارش شده به‌وسیله سایر پژوهشگران مطابقت داشت (۳۴). میان غلظت نیتروژن دانه، برگ و ساقه همبستگی‌های معنادار مثبت وجود داشت (جدول ۶).

منلیک و همکاران (۳۶) نشان دادند که افزودن لجن فاضلاب به خاک، غلظت نیتروژن دانه گندم را به‌طور معنادار افزایش داد. فتح‌العلومی و همکاران (۲۱) گزارش دادند که مصرف لجن فاضلاب شهری سبب افزایش غلظت کربن آلی و نیتروژن کل خاک و نیتروژن دانه گندم در شرایط گلخانه‌ای شد. سرور و همکاران (۵۶) گزارش نمودند که تلفیق کمپوست با کود شیمیایی، غلظت نیتروژن دانه گندم را بیشتر از مصرف کمپوست به‌تنهایی افزایش داد. افزایش جذب نیتروژن پس از تلفیق کود دامی، کود سبز و کمپوست با کودهای شیمیایی، در گندم به‌وسیله تبسم و همکاران (۶۰)، در برنج و گندم به‌وسیله یادوانشی (۶۴)، و در گیاه برنج به‌وسیله دیکسیت و گوپتا (۱۷)، سینگ و همکاران (۵۸) و عباسی و همکاران (۱) گزارش شده است. متقیان و همکاران (۳۹) مشاهده نمودند که مصرف لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری به میزان ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار، غلظت نیتروژن برگ سویا را به‌طور معناداری افزایش داد. ابراهیم و همکاران (۲۷) گزارش دادند که مصرف کود دامی و کمپوست غلظت نیتروژن دانه و ساقه گندم و برنج را نسبت به شاهد افزایش داد. رام و همکاران (۵۲) بیشترین عملکرد دانه برنج را در تیمار تلفیقی کود دامی+ کود نیتروژن مشاهده کردند. مصرف کودهای آلی به‌تنهایی (بدون اوره)، غلظت نیتروژن ساقه را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد که با نتایج چرم و آقایی (۱۴) مطابقت داشت. عباسی و همکاران (۱) نشان دادند که لجن فاضلاب به‌دلیل حضور شکل‌های مختلف نیتروژن (نیترات و آمونیم) در آن می‌تواند در تأمین نیتروژن گیاه نقش مهمی داشته باشد. اکبرنژاد و همکاران (۴) گزارش دادند که مصرف کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب، کربن و نیتروژن آلی خاک را به‌طور معنادار نسبت به شاهد افزایش داد. محمودی و همکاران (۳۳) نیز مشاهده کردند که مصرف لجن فاضلاب به میزان ۶۰ تن در هکتار pH محلول یک خاک آهکی را از ۸/۲ به ۷/۶ کاهش داد.

باتوجه‌به سطح کفایت نیتروژن در برگ گندم که ۱۵ تا ۳۰ میلی‌گرم در گرم ماده خشک گزارش شده است (۳۴)، در تیمارهای ۶۰ تن در هکتار کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری همراه با ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، همچنین تیمار ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار، کمبود نیتروژن دیده نشد اما در بقیه تیمارها، کمبود نیتروژن مشاهده شد. این نتایج نشان داد که کود دامی، کمپوست پسماند شهری و کمپوست لجن فاضلاب شهری به‌تنهایی نمی‌توانند نیاز گیاهان به عنصرهای غذایی پرمصرف از جمله نیتروژن را تأمین کنند و لازم است با مقادیر مناسبی از کود نیتروژن همراه شوند که با نتایج عباسی و همکاران (۱) و آینی و آدتونجی (۷) مطابقت داشت. آینی و آدتونجی (۷) نیز بیشترین غلظت نیتروژن ذرت را در تیمارهای تلفیق کود مرغی و کودهای NPK مشاهده کردند. چرم و آقایی (۱۴) گزارش دادند که مصرف ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار لجن فاضلاب تصفیه‌خانه شهر اهواز غلظت نیتروژن دانه، برگ و ساقه جو را نسبت به شاهد به‌طور معنادار افزایش داد. براهیمی و همکاران (۹) افزایش معنادار غلظت نیتروژن ساقه گندم نسبت به شاهد را بر اثر مصرف لجن فاضلاب گزارش دادند. کبیر و همکاران (۳۰) بیشترین غلظت نیتروژن بخش هوایی برنج در تیمارهای تلفیق لجن فاضلاب و کود نیتروژن مشاهده کردند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف بر غلظت نیتروژن دانه (A)، برگ (B) و ساقه (C) گندم. میانگین‌های با حروف لاتین مشابه با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنادار ندارند.

Figure 2- Effects of different treatments on N concentrations of wheat seed (A), leaf (B) and stem (C). Means followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

به‌طورکلی، مصرف هر سه کود آلی (کود دامی، کمپوست پسماند شهری و کمپوست لجن فاضلاب شهری) به‌تنهایی یا همراه با کود اوره غلظت نیتروژن اندام‌های مختلف گندم را نسبت به شاهد افزایش داد. این افزایش را می‌توان به بیشتر بودن غلظت نیتروژن این کودهای آلی نسبت به خاک (جدول‌های ۱ تا ۳) و رهایش نیتروژن به خاک بر اثر معدنی شدن آن‌ها مربوط دانست.

غلظت فسفر دانه، برگ و ساقه گندم

تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر غلظت فسفر دانه، برگ و ساقه گندم در سطح احتمال یک درصد معنادار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار غلظت فسفر دانه و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار غلظت فسفر ساقه و برگ گندم را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معناداری افزایش داد (شکل ۳). کود اوره یک کود آمونیومی است و مصرف آن در خاک قلیایی مورد مطالعه می‌تواند pH خاک را از طریق فرآیند

www.SID.ir

Archive of SID

نیترات‌سازی و جذب آمونیم به‌وسیله ریشه و ترشح پروتون برای حفظ خنثی بودن بار الکتریکی درون و بیرون ریشه کاهش دهد. در نتیجه، حل‌پذیری ترکیب‌های فسفر مانند فسفات‌های کلسیم در خاک افزایش یافته و سبب بهبود جذب فسفر و افزایش غلظت آن در دانه، برگ و ساقه گندم می‌شود. ترولدنیر (۶۱) گزارش داد که تغذیه گیاهان گندم، برنج و کلزا با آمونیوم، pH خاک پیرامون ریشه آن‌ها را کاهش و حل‌پذیری فسفات‌های کلسیم را افزایش داد اما تغذیه با نیترات بر حل‌پذیری فسفات‌های کلسیم اثر معناداری نداشت. نجفی و پارسازاده (۴۴) گزارش نمودند که با افزایش غلظت آمونیم محلول غذایی در کشت هیدروپونیک با بستر جامد پرلیت، غلظت فسفر بخش هوایی و ریشه گیاه اسفناج به‌طور معناداری افزایش یافت. روتستین و کریگ (۵۳) مشاهده کردند که با افزودن کودهای آمونیومی به بستر کشت، جذب فسفر به‌وسیله گیاه صنوبر افزایش یافت. اوسورنو و اوسوریو (۴۹) نیز مشاهده نمودند که استفاده از کودهای آمونیومی در بستر کشت، حل‌پذیری پودر سنگ فسفات (آپاتیت) را افزایش داد. ایرانی سرند (۲۸) گزارش داد که با مصرف سطوح مختلف کود اوره، غلظت فسفر بخش هوایی گیاه برنج کشت شده در دو خاک قلیایی مختلف، به‌طور معناداری نسبت به شاهد افزایش یافت. بااین‌حال، کوتزی و همکاران (۱۵) مشاهده کردند که اثر مصرف کود اوره در یک خاک اسیدی به‌شدت هوادیده شده بر غلظت فسفر گیاه ذرت کمتر از تیمار پودر سنگ آهک + نیترات آمونیم بود. بر اثر تغذیه آمونیومی در خاک اسیدی، pH خاک کاهش یافته و تثبیت فسفر در خاک بیشتر می‌شود.

مصرف ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کود دامی، کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب شهری به‌تنهایی یا همراه ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار، غلظت فسفر دانه، برگ و ساقه گندم را به‌طور معناداری نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۳). نجفی و همکاران (۴۷) نیز گزارش دادند که مصرف کود دامی و لجن فاضلاب غلظت فسفر ریشه و بخش هوایی گیاه آفتاب‌گردان را نسبت به شاهد به‌طور معناداری افزایش داد. فتح‌العلومی و همکاران (۲۱) مشاهده کردند که مصرف لجن فاضلاب شهری غلظت فسفر قابل‌جذب گیاه در خاک و غلظت فسفر دانه گندم را در شرایط گلخانه‌ای افزایش داد. به‌طورکلی، تیمارهای تلفیقی نسبت به مصرف کودهای آلی یا اوره به‌تنهایی، از لحاظ افزایش غلظت فسفر دانه، برگ و ساقه گندم اثربخشی بهتری داشتند؛ به‌طوری‌که بیشترین غلظت فسفر دانه، برگ و ساقه گندم از تلفیق ۶۰ تن کود دامی و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار حاصل شد هر چند که این تیمار در مورد غلظت فسفر دانه و برگ با دو تیمار ۶۰ تن کمپوست پسماند شهری + ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و ۶۰ تن کمپوست لجن فاضلاب + ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و در مورد غلظت فسفر ساقه با تیمار ۶۰ تن کمپوست پسماند شهری + ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار تفاوت معنادار نداشت. کمترین غلظت فسفر دانه، برگ و ساقه گندم در تیمار شاهد بود هر چند که در مورد غلظت فسفر برگ و ساقه با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار تفاوت معنادار نداشت. به‌طور کلی، میانگین غلظت فسفر اندام‌های مختلف گندم (برای ۱۵ تیمار و ۳ تکرار) بر حسب میلی‌گرم در گرم ماده خشک به‌صورت دانه (۷/۴۰) > برگ (۳/۰۶) > ساقه (۰/۶۲) بود (شکل ۳) که با نتایج گزارش شده به‌وسیله سایر پژوهشگران مطابقت داشت (۳۴).

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای مختلف بر غلظت فسفر و پتاسیم دانه، برگ و ساقه گندم

Table 7– ANOVA (mean squares) of the effects of treatments on concentrations of P and K of wheat grain, leaf and stem

منبع تغییر S.O.V	DF	غلظت فسفر P concentration			غلظت پتاسیم K concentration		
		دانه Grain	برگ Leaf	ساقه Stem	دانه Grain	برگ Leaf	ساقه Stem
بلوک Block	2	0.026^{ns}	0.223^{ns}	0.008^{ns}	2.07^{ns}	129^{ns}	795832^{ns}
تیمارها Treatments	14	3.441**	1.547**	0.058**	344**	7131**	29840720**
خطا Error	28	0.124	0.061	0.003	26.6	553	1219116
ضریب تغییرات CV (%)	-	4.75	8.07	9.16	5.12	4.60	4.23

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

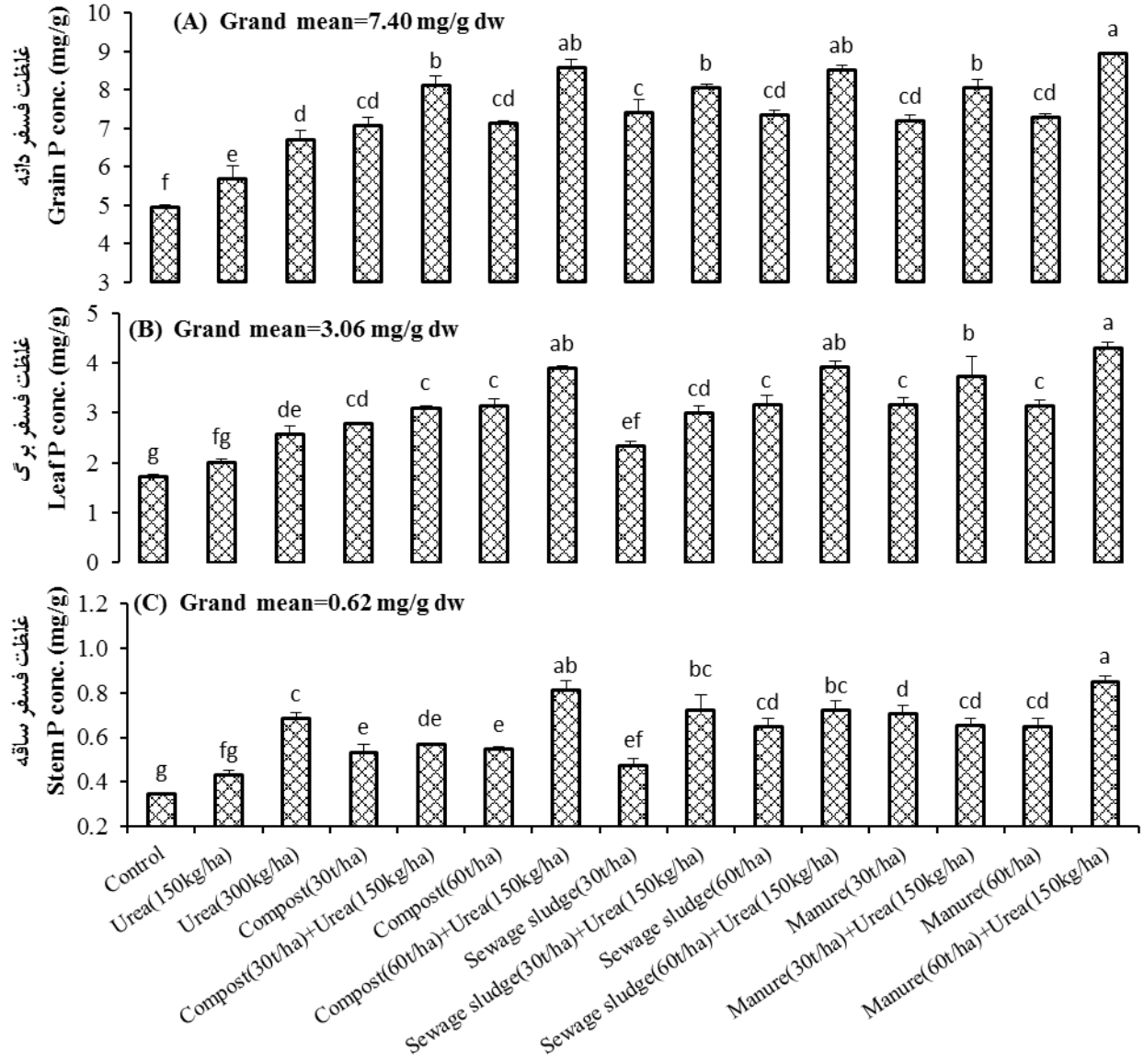
ns, * and **: non-significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively; DF: Degrees of freedom; S.O.V: Sources of variation

www.SID.ir

Archive of SID

سرور و همکاران (۵۶) گزارش کردند که تلفیق کمپوست با کود شیمیایی، غلظت فسفر دانه گندم را افزایش داد. افزایش جذب فسفر با تلفیق کود دامی، کود سبز و کمپوست با کودهای شیمیایی، در گندم به‌وسیله تبسم و همکاران (۶۰)، در برنج و گندم به‌وسیله یادوانشی (۶۴) و در گیاه برنج به‌وسیله دیکسیت و گوپتا (۱۷)، سینگ و همکاران (۵۸) و عباسی و همکاران (۱) گزارش شده است. چرم و آقایی (۱۴) گزارش دادند که مصرف ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار لجن فاضلاب تصفیه‌خانه شهر اهواز غلظت فسفر دانه، برگ و ساقه جو را نسبت به شاهد به‌طور معنادار افزایش داد. متقیان و همکاران (۳۹) مشاهده نمودند که مصرف لجن فاضلاب و کمپوست پسماند شهری به میزان ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار، غلظت فسفر برگ سویا را به‌طور معناداری افزایش داد.

افزایش غلظت فسفر دانه، برگ و ساقه گندم در تیمارهای دارای کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب شهری و کمپوست پسماند شهری را می‌توان به بیشتر بودن غلظت کل فسفر در کودهای آلی نسبت به خاک مربوط دانست (جدول‌های ۱ تا ۳). همچنین، تجزیه مواد آلی افزوده شده به خاک سبب کاهش pH و افزایش فسفر محلول و قابل‌جذب گیاه در خاک می‌شود (۳۳، ۴۲ و ۴۶).



شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف بر غلظت فسفر دانه (A)، برگ (B) و ساقه (C) گندم. میانگین‌های با حروف لاتین مشابه با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنادار ندارند.

Figure 3- Effects of different treatments on P concentrations of wheat seed (A), leaf (B) and stem (C). Means followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

www.SID.ir

Archive of SID

اکبرنژاد و همکاران (۴) گزارش دادند که مصرف توأم کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب، pH خاک را به‌طور معنادار نسبت به شاهد کاهش داد. از طرف دیگر، مولکول‌های هومیک به سطح رس‌ها و اکسیدهای فلزات چسبیده و روی مکان‌های تثبیت کننده فسفر را می‌پوشانند و مانع از واکنش این مکان‌ها با فسفات‌های موجود در محلول خاک می‌شوند. همچنین، اسیدهای آلی تولید شده به‌وسیله ریشه گیاهان و تجزیه میکروبی، برای جذب شدن روی سطوح رس‌ها و هیدروکسیدها با فسفات‌ها رقابت می‌کنند. دلیل دیگر برای افزایش غلظت فسفر با افزایش ماده آلی خاک، تولید اسیدهای آلی و ترکیب‌های مشابه است که با آهن و آلومینیم کی‌لیت تشکیل می‌دهند و مانع از واکنش این فلزات با یون‌های فسفر محلول خاک می‌شوند (۱۲ و ۳۳). این فرآیندها باعث افزایش فسفر قابل‌جذب گیاه گندم در خاک می‌شوند. براهیمی و همکاران (۹) افزایش معنادار غلظت فسفر ساقه گندم را نسبت به شاهد بر اثر مصرف کمپوست گزارش دادند. رام و همکاران (۵۲) بیشترین غلظت فسفر ساقه برنج را در تیمار تلفیقی کود دامی + کود نیتروژن مشاهده کردند. این تیمار باعث کاهش معنادار pH خاک شد. باتوجه‌به اینکه غلظت مطلوب فسفر در برگ گندم ۲/۱ تا ۵/۰ میلی‌گرم در گرم ماده خشک می‌باشد (۳۴)، در همه تیمارها، به جز شاهد و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، غلظت فسفر در برگ گندم مطلوب بوده و کمبودی مشاهده نشد. همچنین، غلظت مطلوب فسفر در دانه گندم ۳/۰ میلی‌گرم در گرم ماده خشک گزارش شده است (۳۴) که باتوجه به نتایج به‌دست آمده، در همه تیمارها، غلظت فسفر در دانه گندم در سطح کفایت قرار داشت.

غلظت پتاسیم دانه، برگ و ساقه گندم

تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر غلظت فسفر دانه، برگ و ساقه گندم در سطح احتمال یک درصد معنادار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار غلظت پتاسیم دانه و برگ و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار غلظت پتاسیم ساقه گندم را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معناداری افزایش داد (شکل ۴). ایرانی سرند (۲۸) گزارش داد که با مصرف سطوح مختلف کود اوره، غلظت پتاسیم بخش هوایی گیاهان برنج و گندم کشت شده در دو خاک قلیایی مختلف، تفاوت معناداری با شاهد نداشت اما جذب کل پتاسیم بر اثر افزایش ماده خشک بخش هوایی، افزایش یافت. باتوجه‌به اینکه از آبکافت اوره مصرف شده در خاک، آمونیوم تولید می‌شود، ممکن است مصرف کود اوره، جذب پتاسیم را کاهش دهد چون بین این دو یون رابطه ناهمسازی از نظر جذب یکدیگر وجود دارد (۳۵)؛ در تائید این مطلب، نجفی و همکاران (۴۸) گزارش دادند که با افزایش غلظت آمونیم محلول غذایی در کشت هیدروپونیک با بستر جامد پرلیت، غلظت پتاسیم بخش هوایی اسفناج کاهش یافت. به هر حال، افزایش غلظت پتاسیم دانه، ساقه و برگ گندم با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار نشان می‌دهد که که اثر متقابل ناهمسازی بین پتاسیم و آمونیوم در شرایط این پژوهش غالب نبوده است. از دلایل مشاهده این نتیجه شاید بتوان به تبدیل آمونیوم به نیترات طی فرآیند نیترات‌سازی، تبادل کاتیون آمونیم با پتاسیم و رهایش پتاسیم تبادلی به محلول خاک اشاره کرد (۲۵ و ۳۵). پس از تبدیل آمونیوم به نیترات، جذب نیترات به‌وسیله ریشه گندم می تواند جذب پتاسیم را افزایش دهد (۳۵). به نظر می‌رسد کاهش pH خاک پس از مصرف کود اوره (۲۸) و حل‌شدن ترکیب‌های پتاسیم در خاک نیز در این نتیجه نقش داشته باشد. همچنین، نوع کانی‌های رس خاک ممکن است از راه اثر بر فرایندهای تثبیت پتاسیم و تبادل دو کاتیون آمونیم و پتاسیم بر این نتیجه اثرگذار باشد.

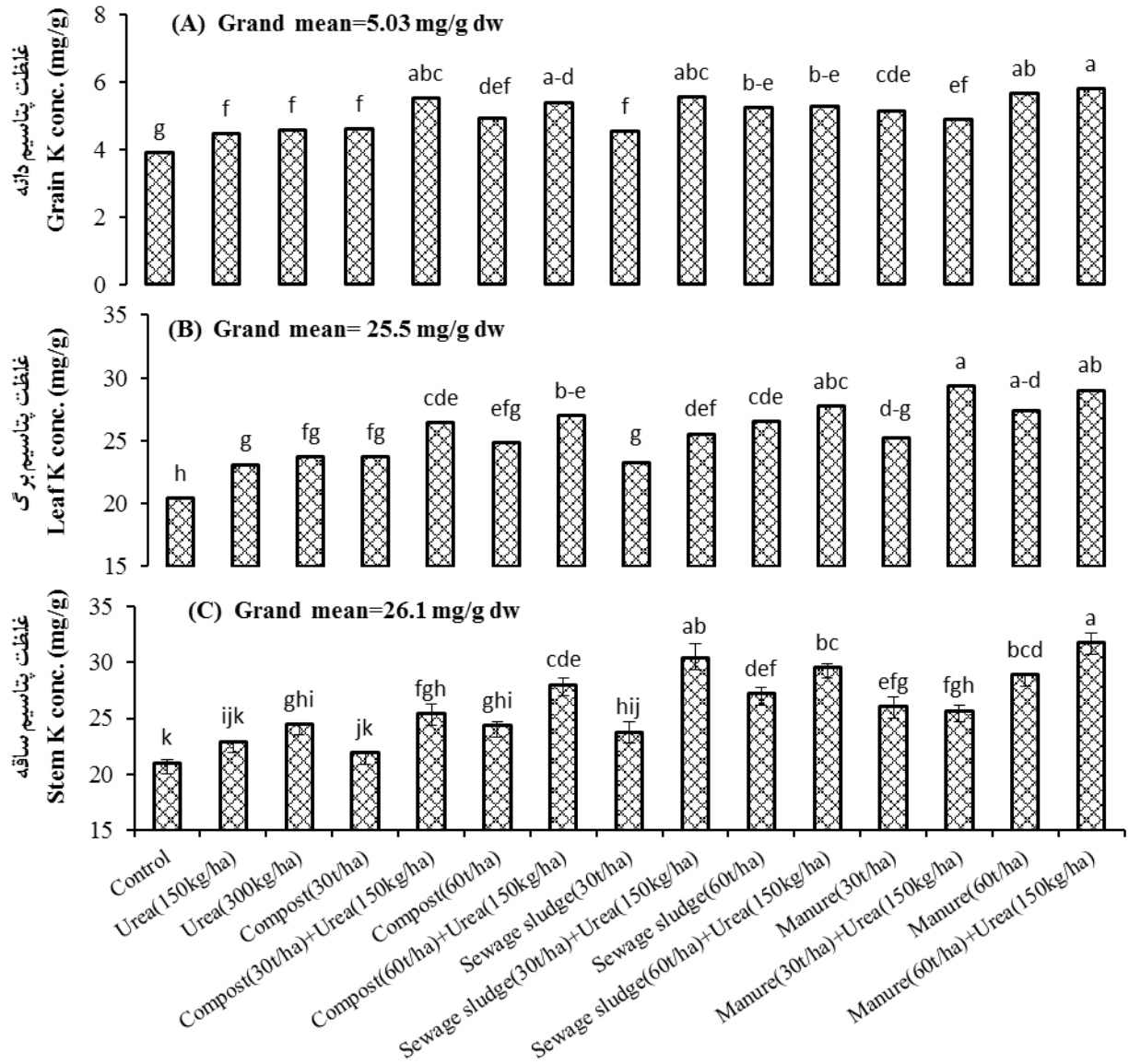
مصرف ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کود دامی، کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب شهری به‌تنهایی یا همراه ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار غلظت پتاسیم دانه، برگ و ساقه گندم را به‌طور معناداری نسبت به شاهد افزایش داد با این استثنا که این افزایش در مورد غلظت پتاسیم ساقه برای ۳۰ تن در هکتار کمپوست پسماند شهری معنادار نبود. نجفی و همکاران (۴۷) نیز گزارش دادند که مصرف کود دامی غلظت پتاسیم ریشه و بخش هوایی گیاه آفتاب‌گردان را نسبت به شاهد به‌طور معناداری افزایش داد اما مصرف لجن فاضلاب غلظت پتاسیم بخش هوایی گیاه آفتاب‌گردان را نسبت به شاهد به‌طور معناداری کاهش داد. آنان این کاهش را به وقوع پدیده اثر رقت بر اثر افزایش رشد گیاه نسبت دادند. فتح‌العلومی و همکاران (۲۱) مشاهده کردند که مصرف لجن فاضلاب شهری غلظت پتاسیم قابل‌جذب گیاه در خاک و غلظت پتاسیم دانه گندم را در شرایط گلخانه‌ای افزایش داد. به‌طورکلی، تیمارهای تلفیق کودهای آلی با نیتروژن نسبت به فقط کودهای آلی یا فقط اوره از لحاظ اثر بر غلظت پتاسیم دانه، برگ و ساقه گندم اثربخشی بهتری داشتند. کمترین غلظت پتاسیم دانه و برگ گندم در تیمار شاهد بود. به‌طورکلی، میانگین غلظت پتاسیم اندام‌های مختلف گندم (برای ۱۵ تیمار و ۳ تکرار) بر حسب میلی‌گرم در گرم ماده خشک به‌صورت ساقه (۲۶/۱) > برگ (۲۵/۵) > دانه (۵/۰۳) بود (شکل ۴) که با نتایج گزارش شده به‌وسیله سایر پژوهشگران مطابقت داشت (۳۴).

ساهنی و همکاران (Sahni et al., 2008) گزارش کردند که استفاده از کمپوست پسماند شهری باعث افزایش غلظت پتاسیم نخود شد (۵۵). چرم و آقایی (۱۴) گزارش دادند که مصرف ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار لجن فاضلاب تصفیه‌خانه شهر اهواز غلظت پتاسیم دانه، برگ و ساقه جو را نسبت به شاهد به‌طور معنادار افزایش داد. براهیمی و همکاران (۹) افزایش معنادار غلظت پتاسیم ساقه گندم نسبت به

www.SID.ir

Archive of SID

شاهد را بر اثر مصرف کمپوست گزارش دادند. محمودی و همکاران (۳۳) مشاهده کردند که با مصرف لجن فاضلاب و افزایش سطح آن، پتاسیم محلول یک خاک آهکی و غلظت پتاسیم شاخساره گیاه یونجه به‌طور معناداری افزایش یافت. به‌طورکلی، مصرف هر سه کود آلی (کود دامی، کمپوست پسماند شهری و کمپوست لجن فاضلاب شهری) به‌تنهایی یا همراه با کود اوره غلظت پتاسیم اندام‌های مختلف گندم را نسبت به شاهد افزایش داد. پس از مصرف کودهای آلی در خاک، پتاسیم موجود در این کودها (جدول‌های ۱ تا ۳) حل شده یا اینکه بر اثر معدنی شدن این مواد آلی رها شده و به محلول خاک وارد می‌شود. در نتیجه، پتاسیم قابل‌جذب گیاه گندم در خاک زیاد می‌شود. کاهش pH خاک پس از مصرف کودهای آلی (۳۳) می‌تواند ترکیب های پتاسیم در خاک را حل کرده و فراهمی پتاسیم برای ریشه گندم را افزایش دهد.



شکل ٤- اثر تیمارهای مختلف بر غلظت پتاسیم دانه (A)، برگ (B) و ساقه (C) گندم. میانگین‌های با حروف لاتین مشابه با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنادار ندارند.

Figure 4- Effects of different treatments on K concentrations of wheat seed (A), leaf (B) and stem (C). Means followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by Duncan's multiple range test.

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین، پس از مصرف کودهای آلی در خاک، غلظت آمونیم محلول خاک بر اثر فرایند آمونیاک‌سازی افزایش یافته (۲۵) و بر اثر انجام پدیده تبادل کاتیونی، پتاسیم قابل‌تبادل را به محلول خاک رها می‌کند. کاهش پتانسیل ریداکس محلول خاک و افزایش تشکیل کی‌لیت‌های فلزی مختلف پس از مصرف کودهای آلی و افزایش غلظت کاتیون‌هایی مانند Fe^{2+}، Mn^{2+} و غیره در محلول خاک نیز از طریق تبادل کاتیونی می‌تواند فراهمی پتاسیم به ریشه را افزایش دهد (۲۵). همچنین، جذب نیترات موجود در کودهای آلی به‌وسیله ریشه گندم می‌تواند جذب و غلظت پتاسیم را نیز افزایش دهد (۳۵).

سرور و همکاران (۵۶) گزارش کردند که تلفیق کمپوست با کود شیمیایی، غلظت پتاسیم دانه گندم را نسبت به مصرف فقط کمپوست بیشتر افزایش داد و بیشترین غلظت پتاسیم در تیمار تلفیق کمپوست با کود شیمیایی بود. آنان بیان کردند که حل‌پذیری بسیاری از عنصرهای غذایی با کاهش pH پس از مصرف کمپوست افزایش یافت که منجر به افزایش جذب عنصرهای غذایی به‌وسیله گیاه گردید. افزایش جذب پتاسیم بر اثر تلفیق کود دامی، کود سبز و کمپوست با کودهای شیمیایی، در گندم به‌وسیله تبسم و همکاران (۶۰)، در برنج و گندم به‌وسیله یادوانشی (۶۴) و در گیاه برنج به‌وسیله دیکسیت و گوپتا (۱۷)، سینگ و همکاران (۵۸) و عباسی و همکاران (۱) گزارش شده است. کبیر و همکاران (۳۰) بیشترین غلظت پتاسیم بخش هوایی برنج را در تیمارهای تلفیق لجن فاضلاب و کود نیتروژن مشاهده کردند. باتوجه‌به این‌که غلظت مطلوب پتاسیم در برگ گندم بین ۱۵ تا ۳۰ میلی‌گرم در گرم ماده خشک گزارش شده است (۳۴)، غلظت پتاسیم برگ و ساقه گندم در همه تیمارها در گستره فوق قرار داشت که حاکی از کافی بودن پتاسیم قابل‌جذب گیاه گندم در خاک مزرعه و در شرایط این آزمایش است.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه تبریز به‌دلیل حمایت مالی از اجرای طرح پژوهشی که این مقاله حاوی قسمتی از نتایج آن است، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1- Abbasi M., Najafi N., Aliasgharzad N., and Oustan S. 2012a. Effects of soil water conditions, sewage sludge and chemical fertilizers on concentrations of rice macronutrients in an alkaline soil. Journal of Soil Management and Sustainable Production 2(1): 1-26. (In Persian with English abstract)

2- Abbasi M., Najafi N., Aliasgharzad N., and Oustan S. 2012b. Effects of soil water conditions and organic and chemical fertilizers on growth characteristics and water use efficiency of rice in an alkaline non-calcareous soil. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 3(11): 1-17. (In Persian with English abstract)

3- 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. Journal of Water and Soil Science-University of Tabriz 23(2): 177-197. (In Persian with English abstract)

4- Akbarnejad F., Astaraei A., Fotovat A., and Nasiri Mahalati M. 2013. Effect of municipal solid waste compost and sewage sludge on chemical properties soil. Journal of Water and Soil-Ferdowsi University of Mashhad 26(6): 1329-1338. (In Persian with English abstract)

5- Anonymous. 1993. Clean Water Act. Section 503. Vol. 58, No. 32, U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), Washington, DC.

6- Asing J., Saggar S., Singh J., and Bolan N.S. 2008. Assessment of nitrogen losses from urea and organic manure with and without nitrification inhibitor, dicyandiamide, applied to lettuce under glasshouse condition. Australian Journal of Soil Research 46: 535-541.

7- 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.

8- 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.

9- Barahimi N., Afyuni M., Karami M., and Rezaee Nejad Y. 2009. Cumulative and residual effects of organic amendments on nitrogen, phosphorus and potassium concentrations in soil and wheat. Journal of Water and Soil Science-Isfahan University of Technology 12(46): 803-812. (In Persian with English abstract)

10- Blaise D., Singh J.V., Bonde A.N., Tekale K.U., and Mayee C.D. 2005. Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fiber quality and nutrient balance of rain fed cotton (*Gossypium hirsutum*). Bioresource Technology 96: 345-349.

11- Boroumand M. and Bahmanyar M.A. 2016. Effect of different levels of municipal solid waste compost and sewage sludge on yield and concentration of some heavy metals in green pepper plant (*Capsicum annuum* var robustin). Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 7(3): 113-124. (In Persian with English abstract)

www.SID.ir

Archive of SID

12- Brady N.C., and Weil R.R. 2002. The nature and properties of soils. 13th Edition, Prentice-Hall, New Jersey, USA.
13- Cakmak I. 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. Plant and Soil, 247: 3-24.
14- 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 62: 53-63. (In Persian with English abstract)
15- Coetzee P., Ceronio G.M., and Preez C.C. 2017. Effect of phosphorus and nitrogen sources on essential nutrient concentration and uptake by maize (*Zea mays* L.) during early growth and development. South African Journal of Plant and Soil 34(1): 55-64.
16- Dane, J.H. and Topp G.C. 2002. Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods. Soil Science Society of America Book Series, Madison, WI. USA.
17- Dixit K.G., and Gupta B.R. 2000. Effect of Farmyard manure, chemical and Biofertilizers on yield and quality of rice (*Oryza sativa* L.) and soil properties. Journal of the Indian Society of Soil Science 48: 773-780.
18- Eghball B., Ginting D., and Gilley J.E. 2004. Residual effect of manure and compost application on maize production and soil properties. Agronomy Journal 96: 442-447.
19- Emam Y., Salimi Kouchi S., and Shokoufa A. 2009. Effect of nitrogen levels on grain yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) under irrigation and rainfed conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 323-334. (In Persian with English abstract)
20- 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. (In Farsi).
21- 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. Journal of Soil Management and Sustainable Production 5(2): 49-70. (In Persian with English abstract)
22- Gagnon B., Simard R.R., Robitatille R., Goulet M., and Ripux R. 1997. Effect of compost and inorganic fertilizers on spring wheat growth and N uptake. Canadian Journal of Soil Science 77: 487-495.
23- Ghosh P.K., Ramesh P., Bandyopadhay K.K., Tripathi A.K., Hati K.M. and Misra A.K. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisoils of semi-arid tropics. I. Crop yields and systems in performance. Bioresource Technology 95: 77-83.
24- Gupta P.K. 2000. Soil, Plant, Water, and Fertilizer Analysis. Agrobios, New Delhi, India.
25- 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, New Jersey, USA.
26- Hazelton P.A., and Murphy B.W. 2007. Interpreting soil test results: what do all the numbers mean? CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.
27- Ibrahim M., Hassan A.U., Arshad M., and Tanveer A., 2010. Variation in root growth and nutrient element concentration in wheat and rice: effect of rate and type of organic materials. Soil and Environment 29(1): 47-52.
28- 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. (In Persian with English abstract)
29- Jones B.J. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, USA.
30- 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 Journal of Scientific and Industrial Research 43(4): 571-580.
31- Kazemalilou S., Najafi N., and Reyhanitabar A. 2018. Increasing the yield and yield components of sunflower by integrated application of phosphorus and sewage sludge under optimum and limited irrigation conditions. Journal of Water and Soil-Ferdowsi University of Mashhad 31(6): 1637-1650. (In Persian with English abstract)
32- Mahmoudi S., Najafi N., and Reyhanitabar A. 2015a. Effects of soil moisture and sewage sludge compost on leaf chlorophyll index and some growth traits of alfalfa in greenhouse conditions. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 5(20): 207-220. (In Persian with English abstract)
33- Mahmoudi S., Najafi N., and Reyhanitabar A. 2015b. Effect of soil moisture and sewage-sludge compost on some soil chemical properties and alfalfa forage macronutrients concentrations in greenhouse conditions. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 6(22): 37-55. (In Persian with English abstract)
34- Malakouti M.J. 2000. Balanced nutrition of wheat: An approach towards self-sufficiency and enhancement of national health. Agriculture Education Publishing, Karaj, Iran. (In Persian with English abstract)
35- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition, Academic Press, San Diego, CA, USA.
36- Menelik G., Renau R.B., Martens D.C. and Simpson T.W. 1991.Yield and elemental composition of wheat grain as influenced by source and rate of nitrogen. Journal of Plant Nutrition 14: 205-217.
37- Mentler A., Partaj T., Strauss P., Soumah H. and Blum W.E. 2002. Effect of locally available organic manure on

www.SID.ir

Archive of SID

maize yield in Guinea, West Africa. Pp.16-20. In: 17th WCSS Proceedings, 14-21 August, Thailand.
38- Mohammadnejad A., Najafi N., and Neyshabouri M.R. 2015. Effects of three types of organic fertilizers on the growth characteristics and water use efficiency of corn at different levels of soil compaction. Journal of Soil Management and Sustainable Production 5(2): 25-47. (In Persian with English abstract)
39- 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 soybean (*Glycine max* L. Merr) genotyps. Iranian Journal of Water and Soil Research 41(1): 19-26. (In Persian with English abstract)
40- 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. (In Persian)
41- Najafi N., and Mardomi S. 2012. The effects of waterlogging, sewage sludge and manure on the growth characteristics of sunflower in a sandy loam soil. Journal of Water and Soil- Ferdowsi University of Mashhad, 25(6): 1264-1276. (In Persian with English abstract)
42- Najafi N. and Mardomi S. 2013. Effects of sunflower cultivation, manure and sewage sludge on availability of elements, pH and EC of an alkaline soil. Applied Soil Research 1(1): 1-23. (In Persian with English abstract)
43- 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. Journal of Crop Ecophysiology 9(4): 561-582. (In Persian with English abstract)
44- Najafi N., and Parsazadeh M. 2010a. Effect of nitrogen form and pH of nutrient solution on the shoot concentration of phosphorus, nitrate, and nitrogen of spinach plant in hydroponic culture. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 1(1): 41-56. (In Persian with English abstract)
45- Najafi N., and Parsazadeh M. 2010b. Effect of nitrogen form and pH of nutrient solution on the changes in pH and EC of spinach rhizosphere in hydroponic culture. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 2(5): 29-44. (In Persian with English abstract)
46- 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 with English abstract)
47- 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. Journal of Water and Soil-Ferdowsi University of Mashhad, 26(3): 619-636. (In Persian with English abstract)
48- Najafi N., Parsazadeh M., Tabatabaei S.J., and Oustan S. 2010. Effect of nitrogen form and pH of nutrient solution on the uptake and concentration of potassium, calcium, magnesium and sodium in root and shoot of spinach plant. Water and Soil Science-University of Tabriz, 20(2): 111-130. (In Persian with English abstract)
49- Osorno L., and Osorio N.W. 2014. Effect of carbon and nitrogen source and concentration on rock phosphate dissolution induced by fungi. Journal of Applied Biotechnology 2(2): 32-42.
50- Peters J., 2003. Recommended Methods of Manure Analysis, Cooperative Extension publishing, University of Wisconsin, USA.
51- Pressman A.H., and Buff S. 1997. Vitamins and Minerals. Alfa Books, Macmillan Company, NY, USA.
52- Ram R.P.S., Chauhan P.S., Sing B.B. and Sing V.P., 2000. Integrated use of organic and fertilizer nitrogen in rice under partially reclaimed sodic soil. Indian Journal of Agricultural Sciences, 70: 114-116.
53- Rothstein D.E., and Cregg B.M. 2005. Effects of nitrogen form on nutrient uptake and physiology of Fraser fir (*Abies fraseri*). Forest Ecology Management 219: 69-80.
54- 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.
55- Sahni S., Sarma B.K., Singh D.P., Singh H.B., and Singh K.P. 2008.Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolssii*. Journal of Crop Protection 27: 269-376.
56- 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. Pakistan Journal of Botany, 41: 2403-2410.
57- Shahsavari N. and Saffari M. 2005. The effect of different levels of nitrogen on the function and elements of the varieties of wheat in Kerman. Pajouhesh and Sazandegi-Agriculture and Gardening 17(4): 82-87. (In Persian with English abstract)
58- Singh S., Singh R.N., Prasad J., and Kumar B. 2002. Effect of green manure, FYM and biofertilizer in relation to fertilizer nitrogen on yield and major nutrient uptake by upland rice. Journal of the Indian Society of Soil Science 50: 313-314
59- Sparks L. 1996. Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Society of America Book Series, Madison, WI. USA.

www.SID.ir

Archive of SID

60- Tabasam A., Ali S., and Hayat R. 2002. Integrated nutrient management for sustainable wheat production under rainfed conditions. Pakistan Journal of Soil Science 21: 127-134.
61- Trolldenier G. 1992. Techniques for observing phosphorus mobilization in the rhizosphere. Biology and Fertility of Soils, 14: 121-125.
62- Westerman L.Z. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America, INC. Madison, Wisconsin, USA.
63- Yadav R.D., Keshwa G.L., and Yadva S.S. 2002. Effect of integrated use of FYM, urea and sulphur on growth and yield of Isabgol (*Plantago ovate* L.). Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 25: 668-671.
64- 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. Journal of the Indian Society of Soil Science 49: 714-719.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 1, Mar.-Apr. 2019, p. 63-81

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۸، ص. ۸۱-۶۳

Effects of Urea Integration with Manure and Two Types of Compost (Municipal Solid Waste and Sewage Sludge) on Leaf , Stem and Seed Yield of Wheat and their Nitrogen, Phosphorus and Potassium Concentration

N. Najafi[1*]- R. Ahmadinezhad[2] - N. Aliasgharzad[3] - S. Oustan[4]

Received: 18-06-2018
Accepted: 10-09-2018

Introduction: Chemical fertilizers can supply all the nutrients required by plants, but their high consumptions cause environmental pollution and increased agricultural production costs. Organic fertilizers can improve the biological, physical, and chemical properties of soil and improve soil fertility and productivity. However, these fertilizers alone cannot provide all the requirements of plants for different nutrients. In addition, these fertilizers are not sufficiently available to farmers everywhere. So, in order to increase effectiveness of organic and chemical fertilizers, to decrease environmental pollutions and to achieve sustainable agriculture, integrated application of organic and chemical fertilizers is recommended. Nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) are essential elements for plant nutrition and growth. Wheat as a strategic crop is the most important cereal and plays a very important role in human and animal nutrition and health. The deficiencies of N, P and K in the most agricultural soils often reduce the growth and yield of wheat. Therefore, the appropriate concentrations of these nutrients in wheat seed, leaf and stem are important not only for the optimum growth of the wheat plant and its quality improvement but also for the health of humans and animals.

Materials and Methods: This research work was carried out to study the effects of combining farmyard manure (FYM), municipal solid waste compost (MSWC) and municipal sewage sludge compost (MSSC) with different levels of urea on seed, leaf and stem yields of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar Alvand and concentrations of N, P and K in seed, leaf and stem 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 2.0m × 1.9m. At the end of growth period, the plants were harvested and different sections of wheat plant (seed, leaf and stem) were separated and the yield of each section was determined. The concentration of N in seed, leaf and stem were then measured by Kjeldahl method. After dry ashing of the seed, leaf and stem samples, the concentrations of P and K in their extracts were measured by spectrophotometer and flame photometer instruments, respectively.

Results and Discussion: The results showed that application of 300 kg urea/ha increased the wheat grain yield and concentrations of N, P and K in seed, leaf and stem but it decreased the stem yield. Application of 150 kg urea/ha had no significant effect on the leaf yield but its integration with 60 ton MSWC/ha significantly increased the leaf yield of wheat. The combining of 150 kg urea with 30 and 60 ton FYM, MSWC and MSSC per hectare increased yields of wheat stem and seed and their N and P concentrations as compared with the control and application of solely organic fertilizers. The use of FYM, MSWC and MSSC significantly increased the wheat grain yield and concentrations of N, P and K in seed, leaf and stem relative to the control but their effects on yields of leaf and stem depended on the type and rate of organic fertilizer. The highest yields of grain, stem and leaf and the highest concentrations of N, P and K in wheat grain, stem and leaf were observed under combined application of 150 kg urea and 60 ton FYM, MSWC and MSSC per hectare. The minimum yields of seed, leaf and stem and the minimum concentrations of N, P and K in different organs of wheat plant were observed in the control treatment. The average wheat yield component was in the order of seed > stem > leaf. The mean concentrations of N, P and K in different sections of wheat were in the order of seed > leaf > stem, seed > leaf > stem and stem > leaf > seed, respectively. The grain yield of wheat had positive and significant correlations ($p<0.01$) with concentrations of N, P and K in different organs of wheat, which indicates the role of N, P and K nutrition of wheat plant in increasing its seed yield.

1, 2, 3 and 4- Associate Professor, Former Graduate M. Sc. Student and Professors, Soil Science and Engineering Department, University of Tabriz, Respectively
(*- Corresponding Author Email: n-najafi@tabrizu.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

Conclusions: The wheat seed had higher concentrations of N and P and lower concentration of K compared to leaf and stem. In general, in order to decrease nitrogen fertilizers use, enhance N, P and K nutrition of wheat plant, improve wheat seed quality, decline environmental pollution and increase wheat yield, application of 150 kg urea and 60 ton manure per hectare is recommended. However, if there is not enough manure, 150 kg urea and 60 ton municipal solid waste compost or municipal sewage sludge compost per hectare can be applied at similar conditions.

Keywords: Manure, Municipal solid waste compost, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Sewage sludge, Wheat

www.SID.ir