

بهبود غلظت عناصر غذایی آرد گندم رقم الوند با مصرف تلفیقی کودهای آلی و نیتروژن

مژگان کاظم‌زاده^۱، سید هادی پیغمبردوست^۲، نصرت‌اله نجفی^{۳*}

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار علوم و صنایع غذایی دانشگاه تبریز

۳. دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۱۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۱۰/۱۸)

چکیده

آرد گندم مناسب‌ترین تأمین‌کننده عناصر غذایی برای انسان شناخته شده است. این تحقیق برای بررسی اثر کودهای آلی و نیتروژن بر غلظت عناصر غذایی آرد گندم رقم الوند در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ تیمار و ۳ تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. تیمارها شامل T_1 = شاهد (بدون مصرف کود آلی و نیتروژن)، $T_2 = 150$ کیلوگرم اوره در هکتار، $T_3 = 300$ کیلوگرم اوره در هکتار، $T_4 = 300$ تن کمپوست زباله شهری در هکتار، $T_5 = 60$ تن کمپوست زباله شهری در هکتار، $T_6 = 300$ تن کمپوست لجن فاضلاب شهری در هکتار، $T_7 = 60$ تن کمپوست لجن فاضلاب شهری در هکتار، $T_8 = 300$ تن کود دامی در هکتار، $T_9 = 60$ تن کود دامی در هکتار، $T_{10} = T_2 + T_4$ ، $T_{11} = T_2 + T_5$ ، $T_{12} = T_2 + T_6$ ، $T_{13} = T_2 + T_7$ ، $T_{14} = T_2 + T_8$ ، $T_{15} = T_2 + T_9$ بودند. در پایان دوره رشد، عملکرد دانه و غلظت نیتروژن (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، سدیم (Na)، آهن (Fe)، روی (Zn)، منگنز (Mn)، مس (Cu)، سرب (Pb)، و کادمیوم (Cd) آرد گندم در تیمارهای مختلف تعیین گردید. نتایج نشان داد با مصرف ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، غلظت P، K، Na، Fe، آرد گندم نسبت به شاهد افزایش می‌یابد؛ ولی غلظت Mn و Zn و Cu آرد گندم تغییر معناداری ($p \leq 0.05$) نمی‌کند. غلظت N آرد با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار تغییر معناداری نکرد؛ ولی با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌طور معناداری افزایش یافت. مصرف کمپوست لجن فاضلاب و کمپوست زباله شهری و کود دامی، با و بدون کود اوره، عملکرد دانه و غلظت N و P و K و Fe و Zn آرد را نسبت به شاهد افزایش داد. مصرف کودهای آلی بدون اوره غلظت Na آرد را افزایش داد؛ ولی تلفیق آن‌ها با اوره غلظت Na آرد را کم کرد. مصرف کود دامی غلظت Mn آرد و مصرف کمپوست لجن فاضلاب غلظت Cu آن را افزایش داد. غلظت Pb و Cd آرد گندم در تیمارهای مختلف ناچیز بود. به‌طور کلی، برای افزایش غلظت عناصر غذایی در آرد گندم و بهبود کیفیت آن مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره و ۶۰ تن کمپوست لجن فاضلاب یا کمپوست زباله شهری یا کود دامی در هکتار در شرایط مشابه می‌تواند توصیه شود.

کلیدواژگان: آرد، کمپوست، کود دامی، کیفیت، گندم، لجن فاضلاب، نیتروژن

مقدمه

فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس، و منگنز از عناصر ضروری برای تغذیه و رشد گیاهان و انسان و دام به‌شمار می‌روند. نیتروژن از عناصر ضروری برای تغذیه و رشد گیاهان است و با توجه به رابطه مستقیم میان غلظت آن و غلظت پروتئین در محصولات کشاورزی غلظت آن در آرد گندم می‌تواند شاخصی از کیفیت آرد باشد. سدیم از عناصر پرمصرف ضروری برای تغذیه و رشد انسان و دام و از عناصر مفید برای تغذیه و رشد گیاهان است. بنابراین، وجود غلظت مناسبی از عناصر مذکور در دانه گندم و آرد حاصل از آن نه‌تنها برای رشد و عملکرد مطلوب گندم بلکه در زنجیره غذایی برای رشد و سلامتی انسان و دام ضروری است

(Marschner, 1995; Berdanier and Atkins, 1998; Fageria et al, 2002; Welch, 2002)

در حال حاضر در بسیاری از کشورها، از جمله ایران، حاصلخیزی ضعیف خاک، کم‌بودن عناصر غذایی قابل جذب گیاه در خاک، مدیریت نامناسب تغذیه گیاه در کنار نبود ژنوتیپ‌های گیاهی متحمل کمبودهای عناصر غذایی یا مسمومیت‌های آن‌ها مسائل عمده‌ای هستند که در عدم امنیت غذایی و سوءتغذیه انسان نقش دارند؛ طوری که حدود ۵۰ درصد جمعیت جهان (بیش از سه میلیارد نفر) دچار کمبودهای عناصر غذایی کم‌مصرف‌اند (Cakmak, 2002; Welch, 2005; Sramkova et al, 2009). از پیامدهای تغذیه نامناسب تحمیل هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی بسیار زیاد به کشورهاست. کمبود عناصر غذایی در رژیم غذایی انسان سبب افزایش مرگ‌ومیر و بیماری‌ها، کاهش توانایی یادگیری و پیشرفت

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

شیمیایی برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی، افزایش ماده آلی خاکها، کاهش خطرهای زیست‌محیطی، و اصلاح خاک‌های فرسایش‌یافته و کم‌بازده اهمیت زیادی دارد (Kalbasi, 1997; Eghball *et al*, 2004).

گندم برای بسیاری از مردم جهان اصلی‌ترین منبع انرژی و پروتئین است و غذایی اساسی به‌شمار می‌رود و به صورت نان، بیسکویت، ماکارونی، و غیره مصرف می‌شود. گندم ۷۰ درصد پروتئین و ۴۳ درصد کالری مورد نیاز جامعه شهری و ۵۸ درصد کالری مورد نیاز جامعه روستایی را تأمین می‌کند (Atkins and Larsen, 1990). آرد گندم به دلایل مختلف، از قبیل تنوع و گستردگی توزیع در کلیه مناطق جغرافیایی، پذیرش از سوی همه جوامع بشری، ثبات و تطبیق‌پذیر بودن آن، و میزان مصرف آن مناسب‌ترین تأمین‌کننده عناصر غذایی برای انسان شناخته شده است (Jafarzadeh *et al*, 2012). با توجه به آنچه آمد، هدف این تحقیق بررسی اثر کاربرد تلفیقی نیتروژن، کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب، و کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر غذایی آرد گندم رقم الوند در شرایط مزرعه‌ای بود. بررسی منابع نشان داد در زمینه مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهان مختلف کارهای بسیار محدودی در ایران انجام شده است؛ ولی اثر تلفیق کود دامی، کمپوست زباله شهری، و کمپوست لجن فاضلاب شهری با کود اوره بر عملکرد دانه و غلظت عناصر غذایی در آرد گندم بررسی نشده است. در واقع در کشور و خارج از کشور گزارشی وجود نداشت که هم‌زمان اثر سه کود آلی مذکور و تلفیق آن‌ها با نیتروژن را بر کیفیت آرد گندم بررسی کرده باشد. از طرف دیگر، ویژگی‌های کود دامی، کمپوست لجن فاضلاب، و کمپوست زباله شهری بسته به منطقه و شهر تغییر می‌کند و لازم است این نوع مطالعات در مناطق و شهرهای مختلف انجام شود و آثار آن بررسی شود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۸۹ - ۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کرکج دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در شرایط مزرعه‌ای انجام شد. قبل از کشت گیاه، از خاک مزرعه نمونه مرکب تهیه شد و بعد از هواخشک کردن و عبور دادن از الک ۲ میلی‌متری ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک، شامل بافت (Dane and Topp, 2002)، pH، گل اشباع، EC، عصاره اشباع (Mclean, 1982)، درصد کربن آلی (Nelson and Sommers, 1982)، درصد کربنات کلسیم معادل (Richards, 1969)، نیتروژن کل (Jones, 2001)، فسفر قابل جذب (Olsen and Sommers, 1982)، پتاسیم قابل جذب (Gupta, 2000)، و

تحصیلی کودکان، کاهش بهره‌وری نیروی کار، افزایش خطر ابتلا به سرطان، و کاهش کیفیت زندگی افراد جامعه می‌شود (Welch and Graham, 1999; Prasad, 2007).

برای درمان کمبود عناصر غذایی در انسان مصرف مستقیم ترکیبات شیمیایی آن‌ها به‌صورت خوراکی یا تزریق یا افزودن آن‌ها به مواد غذایی، مثل غنی‌سازی آرد گندم در کارخانه آردسازی، به‌کار رفته است؛ ولی متأسفانه این روش‌ها پایدار نیستند. برای موفقیت در تولید غذای مورد نیاز جمعیت روزافزون جهان و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، استفاده از راهبردهای مدیریتی برای بهبود حاصلخیزی خاک و جلوگیری از زوال منابع خاک و آب تأکید شده است (Cakmak, 2002; Fageria *et al*, 2010). با این حال، متخصصان تغذیه انسان به کشاورزی به‌مثابه ابزاری مهم برای مبارزه با سوءتغذیه توجه کافی نکرده‌اند. باید به بهبود تغذیه گیاه برای افزایش غلظت عناصر غذایی در تولیدات کشاورزی توجه شود. از این رو، یک راه عملی برای درمان کمبود عناصر غذایی در انسان افزایش غلظت عناصر غذایی در محصولات کشاورزی، از جمله آرد گندم، با مصرف کودهای آلی و شیمیایی است. هرچند کودهای شیمیایی می‌توانند در کوتاه‌مدت عملکرد گیاه را افزایش دهند، در طولانی‌مدت ممکن است باعث تخریب محیط زیست، فرسایش خاک، به‌هم‌زدن تعادل عناصر غذایی، و در نتیجه کاهش کیفیت غذا و در مواردی به‌خطراتادن سلامتی انسان و دام شوند. با توجه به غلظت عناصر غذایی در کودهای آلی، سرعت آزادسازی عناصر غذایی به‌وسیله آن‌ها، و نبود مقدار کافی از آن‌ها این کودها نیز به‌تنهایی نمی‌توانند عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان را تأمین کنند (Mahajan and Gupta, 2009). بنابراین، برای استفاده مؤثر و کارا از کودهای شیمیایی و آلی محققان مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی را توصیه می‌کنند؛ طوری که بخشی از نیاز گیاه به عناصر غذایی به‌وسیله کودهای آلی تأمین شود که به آن مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه گفته می‌شود (Roy *et al*, 2006; Alley and Vanlauwe, 2009). با کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی نه‌تنها می‌توان تولید را در حد بهینه نگه داشت، بلکه می‌توان میزان کاربرد کودهای شیمیایی و عوارض نامطلوب حاصل از مصرف آن‌ها، از جمله آلودگی محیط زیست و مواد غذایی و هزینه‌بر بودن، را کاهش و کارایی مصرف آن‌ها را افزایش داد (Zhang *et al*, 2007; Shata *et al*, 1998). با توجه به کمبود مواد آلی و شرایط نامطلوب در اکثر خاک‌های ایران، مطالعه درباره مصرف پسماندهای آلی تولیدشده در ایران (کودهای دامی، کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب شهری) و تلفیق آن‌ها با کودهای

این تحقیق روش مصرف کود اوره است که شرح آن آمد. با این روش اطمینان به نتایج آزمایش افزایش می‌یابد. در اغلب مطالعات کود اوره را به صورت جامد به سطح کرت یا داخل جوی‌ها می‌پاشند و سپس به روش غرقابی آبیاری می‌کنند که سبب می‌شود بخشی از کود بیشتری دریافت کند و بخشی دیگر کمتر (بر اثر شست‌وشو و حمل کود به وسیله روان‌آب). گاهی نیز بخشی از کود اوره از کرت خارج می‌شود. این عامل هم می‌تواند در نتایج متفاوت تحقیق در دو سال مختلف نقش داشته باشد. آزمایش ۴۵ کرت داشت و مساحت هر کرت ۳/۸ متر مربع بود. طول هر کرت ۲ متر و عرض آن ۱/۹ متر بود. فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر، فاصله بین بلوک‌ها ۱ متر، و فاصله ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر بود. تعداد ۵۰۰ بذر گندم رقم الوند (*Triticum aestivum* L.) در هر متر مربع کرت در اوایل مهرماه به صورت ردیفی کاشته شد و سپس آبیاری کرت‌ها به صورت کنترل شده و با استفاده از یک کنتور و به طور یکسان برای همه کرت‌ها انجام گرفت. در پایان دوره رشد، برداشت گندم برای حذف اثر حاشیه‌ای کرت‌ها از نیم متر مربع وسط کرت‌ها انجام شد. پس از جداسازی دانه‌ها از خوشه در هر تیمار و تعیین عملکرد دانه، نمونه‌های دانه هر یک از تیمارها به وسیله آسیاب مدل Perten 3100 ساخت کشور سوئد تا درصد استخراج ۹۸ درصد آسیاب و به آرد تبدیل شد (آرد سبوس‌دار). سپس غلظت نیتروژن آرد با روش کجلدال (Jones, 2001) تعیین شد. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر ابتدا آرد گندم به روش اکسایش تر هضم گردید و در عصاره حاصل غلظت آهن، منگنز، مس، روی، کادمیوم با دستگاه جذب اتمی ساخت شرکت شیمادزو ژاپن مدل AA-6300، غلظت سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر ساخت شرکت کرنینگ انگلستان مدل ۴۱۰، و غلظت فسفر با دستگاه اسپکتروفوتومتر ساخت شرکت اپل ژاپن مدل PD-303 اندازه‌گیری شد (Jones, 2001). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام شد. ابتدا آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها انجام شد. سپس مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

یافته‌ها و بحث

ویژگی‌های خاک مزرعه، کودهای آلی، و آب آبیاری استفاده شده

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، کودهای آلی، و آب آبیاری استفاده شده در این بررسی در جدول‌های ۱ تا ۵ می‌آید. pH خاک در محدوده خنثی تا قلیایی قرار داشت. با

آهن و منگنز و روی و مس قابل جذب (Lindsay and Norvell, 1978) اندازه‌گیری شد. کودهای آلی استفاده شده در این تحقیق شامل لجن فاضلاب و کمپوست زباله شهری و کود دامی بود که به ترتیب از تصفیه‌خانه فاضلاب شهر تبریز و کارخانه تولید کود آلی شهرداری تبریز و ایستگاه تحقیقات خلعت‌پوشان دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز تهیه شدند. ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی (Wolf et al, 2003) و آب آبیاری (Gupta, 2000) استفاده شده نیز تعیین گردید. مزرعه مورد نظر، که دو سال قبل آیش بود، در اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۸۹ شخم زده شد. در اواخر شهریورماه مزرعه یادشده آبیاری شد و پس از رسیدن رطوبت خاک به حدود ظرفیت مزرعه دیسک زده شد. سپس آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ تیمار و ۳ تکرار در زمینی به مساحت ۳۰۰ متر مربع انجام شد. تیمارها شامل $T_1 =$ شاهد (بدون مصرف کود آلی و نیتروژن)، $T_2 = 150$ کیلوگرم اوره در هکتار، $T_3 = 300$ کیلوگرم اوره در هکتار، $T_4 = 300$ تن کمپوست زباله شهری در هکتار، $T_5 = 60$ تن کمپوست زباله شهری در هکتار، $T_6 = 30$ تن لجن فاضلاب شهری در هکتار، $T_7 = 60$ تن لجن فاضلاب شهری در هکتار، $T_8 = 30$ تن کود دامی در هکتار، $T_9 = 60$ تن کود دامی در هکتار، $T_{10} = T_2 + T_4$ ، $T_{11} = T_2 + T_5$ ، $T_{12} = T_2 + T_6$ ، $T_{13} = T_2 + T_7$ ، $T_{14} = T_2 + T_8$ ، $T_{15} = T_2 + T_9$ بودند. همه کودهای آلی و یک‌سوم کود اوره (در هر دو سطح ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) چند روز قبل از کشت به طور یکنواخت به سطح خاک مزرعه داده شد و با بیل تا عمق ۲۵ سانتی‌متری به خوبی با خاک مخلوط شد. بقیه کود اوره نیز در دو مرحله پنج‌زنی و خوشه‌دهی گیاه گندم مصرف شد (هر مرحله یک‌سوم کود اوره). برای مصرف یکنواخت کود اوره در داخل کرت‌ها، کود اوره در حجم معینی از آب حل شد و با آب‌پاش به طور یکنواخت در هر کرت پخش گردید. سپس آبیاری شد. برای اینکه آب آبیاری و بارندگی از کرت خارج نشود، دور هر کرت پشته‌ای به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر ایجاد گردید. سپس آبیاری کرت‌ها به صورت کنترل شده و با استفاده از یک کنتور و به طور یکسان برای همه کرت‌ها انجام گرفت. در این مورد نیز از آب‌پاش استفاده شد تا روان‌آب و فرسایش خاک در کرت‌ها ایجاد نشود. در واقع یکی از مزیت‌های این تحقیق مصرف کنترل شده آب در شرایط مزرعه‌ای است. از ایرادهای مطالعات مزرعه‌ای این است که آب آبیاری عمدتاً به صورت غرقابی و کنترل نشده مصرف می‌شود. در نتیجه، وقتی آزمایش در دو سال متفاوت تکرار می‌شود، به دلیل مصرف نامساوی آب در کرت‌ها و نقش زیاد آن در تولید محصول، گاه نتایج دو سال با هم تفاوت‌هایی دارند (صرف نظر از اثر اقلیم). یکی دیگر از مزیت‌های

کودهای آلی سازمان حفاظت محیط زیست امریکا (1993) به ترتیب ۳۰۰ و ۳۹ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (Anonymous, 1993). با توجه به جدول ۳، غلظت این دو عنصر در هر سه کود کمتر از این حد بود و این مواد از نظر سمی بودن فلزات سنگین خطری نداشتند.

توجه به جدول ۱، غلظت فسفر و پتاسیم قابل جذب خاک برای گندم بیشتر از سطح بحرانی بود. آهن قابل جذب گیاه گندم در خاک کمتر از سطح بحرانی (۴/۴ میلی گرم بر کیلوگرم) و روی و مس و منگنز قابل جذب گیاه گندم در خاک بیشتر از سطح بحرانی (به ترتیب ۱، ۰/۵، ۴/۶ میلی گرم بر کیلوگرم) بود (Malakouti, 2000). حد مجاز غلظت سرب و کادمیوم در

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Zn	Cu	Mn	Fe	P	K	Na	ECe	pH _e	OM	CCE	رس	شن	کلاس بافت
(mg/kg)							(dS/m)		(/.)				
۱/۰	۱/۷	۹/۹	۳/۳	۲۷/۰	۸۳۵/۹	۱۹۵	۱/۳۹	۷/۷	۱/۳۲	۹/۷۸	۱۸/۵	۴۹/۸	لوم

CCE (Calcium carbonate equivalent): کربنات کلسیم معادل، OM (Organic matter): ماده آلی، ECe: قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع

جدول ۲. برخی ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی استفاده شده

C/N	N	OC	OM	EC _(1:2)	pH _(1:2)	
		(/.)		(dS/m) _(v/v)	(v/v)	
۱۸/۷	۰/۹۵	۱۷/۸	۳۰/۷	۱۳/۵	۸/۵	کود دامی
۹/۳	۱/۲۰	۱۱/۲	۱۹/۳	۱۲/۴	۷/۱	لجن فاضلاب
۱۷/۵	۰/۶۰	۱۰/۵	۱۸/۱	۱۷/۲	۷/۴	کمپوست زباله شهری

EC_(1:2): قابلیت هدایت الکتریکی عصاره ۱ به ۲ کود آلی به آب مقطر، OC (Organic carbon): کربن آلی، C/N: نسبت کربن به نیتروژن

جدول ۳. غلظت کل عناصر در کودهای آلی استفاده شده

Pb	Cd	Mn	Zn	Cu	Fe	Na	Mg	Ca	K	P	
(mg/kg)						(mg/g)					
۹۴/۳	۹/۷	۱۴۸	۱۰۱	۳۸/۹	۵۱۴۹	۶/۹	۲۱/۴	۱۲/۸	۲۲/۵	۹/۶	کود دامی
۱۶۳/۰	۱۳/۲	۳۲۲	۳۲۷۶	۳۰۳/۹	۱۱۹۷۲	۲/۹	۵۶/۲	۲۸/۰	۵/۶	۸/۷	لجن فاضلاب
۱۳۰/۷	۱۰/۵	۲۶۲	۲۴۵	۳۰۶/۹	۱۳۶۲۱	۷/۷	۱۳/۴	۶/۸	۷/۰	۶/۵	کمپوست

جدول ۴. غلظت عناصر قابل جذب گیاه در کودهای آلی استفاده شده

Pb	Cd	Mn	Zn	Cu	Fe	Na	Mg	Ca	K	P	
(mg/kg)						(mg/g)					
۸/۵	۰/۴	۱۸۵	۲۷/۲	۳۳/۵	۱۸۵۰	۳/۲	۱/۴	۳/۵	۱۰/۸	۰/۸۷	کود دامی
۱۵/۹	۰/۷	۲۰۴	۶۵۷/۲	۲۰۲/۶	۲۶۹۰	۱/۳	۲/۷	۹/۴	۲/۱	۰/۶۵	لجن فاضلاب
۱۱/۴	۰/۴	۲۷۳	۵۱/۰	۲۰۴/۴	۲۷۶۰	۳/۷	۱/۰	۰/۸	۳/۳	۰/۵۴	کمپوست

جدول ۵. نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری استفاده شده

EC(dS/m)	pH	Na	Cu	Zn	Mn	Fe	Mg	Ca	P	K	عنصر
(mg/L)											
۰/۴۹	۷/۷	۳/۵	۰/۰۰	۰/۶۰	۰/۰۰	۰/۱۰	۱۱/۰	۴۲/۰	۰/۰۵	۴/۳	غلظت

عملکرد دانه

تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارها بر عملکرد دانه گندم در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد مصرف کود اوره باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد می‌شود؛ ولی میان دو سطح ۱۵۰ و ۳۰۰

کیلوگرم اوره در هکتار تفاوت معنادار وجود ندارد (شکل ۱). به نظر می‌رسد در این آزمایش نیاز گیاه گندم به نیتروژن با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار تأمین شده و افزایش بعدی نیتروژن تأثیری معنادار بر عملکرد دانه نداشته است. سایر محققان نیز نتایج مشابه گزارش کرده‌اند (Shahsavari and

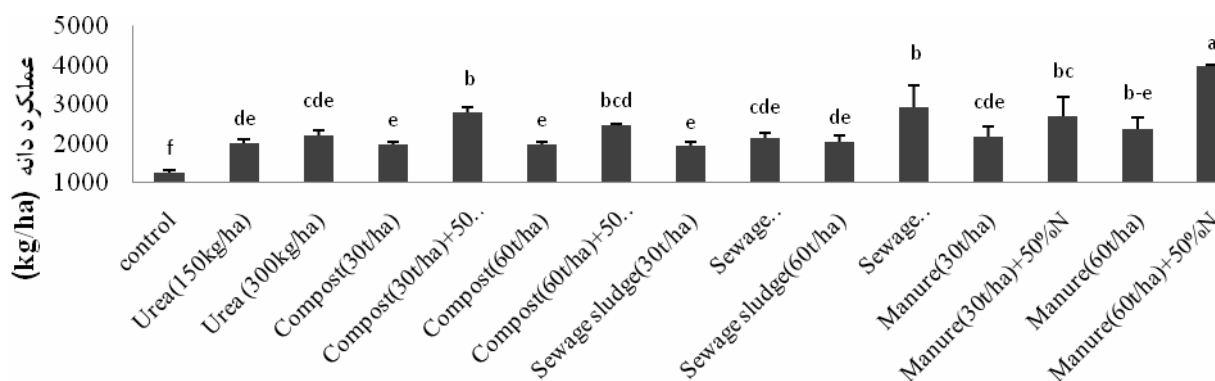
(Delgado *et al*, 2003). بیشترین عملکرد دانه از تلفیق ۶۰ تن کود دامی در هکتار و ۵۰ درصد کود نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار) حاصل شد. این تیمار عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد ۷۰ درصد افزایش داد (شکل ۱). افزایش عملکرد دانه گندم را می‌توان ناشی از افزایش فراهمی و جذب عناصر غذایی و بهبود تغذیه گیاه (شکل‌های ۲ تا ۸) دانست (Havlin *et al*, 1999; Marschner, 1995).

(Saffari, 2005). مصرف کودهای آلی به‌تنهایی عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنادار افزایش داد؛ ولی افزایش سطح کودهای آلی از ۳۰ به ۶۰ تن در هکتار تأثیری معنادار بر عملکرد دانه گندم نداشت. تلفیق کود دامی و لجن فاضلاب و کمپوست زباله شهری با نیتروژن عملکرد دانه را بیشتر از کود اوره و کاربرد کودهای آلی به‌تنهایی افزایش داد. در یک بررسی نیز گزارش شد تلفیق لجن فاضلاب با کود اوره سبب افزایش عملکرد دانه ذرت به میزان ۲۰ درصد نسبت به شاهد شد

جدول ۶. تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد دانه و غلظت آهن، منگنز، روی، و مس آرد گندم

منبع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	غلظت آهن	غلظت منگنز	غلظت روی	غلظت مس
بلوک	۲	۰٫۰۲۰**	۱٫۱۶ ^{ns}	۹٫۹۸ ^{ns}	۲٫۵۷ ^{ns}	۰٫۷۹ ^{ns}
تیمار	۱۴	۰٫۰۳۵**	۲۴۴٫۳**	۳۲٫۵**	۳۱۱٫۸**	۳٫۱**
خطا	۲۸	۰٫۰۰۳	۱۸٫۱۶	۶٫۷۱	۱۲٫۰۹	۱٫۰۴
ضریب تغییرات (%)		۱٫۷۴	۶٫۷۴	۴٫۹۳	۷٫۰۵	۵٫۴۴

ns و * و ** به ترتیب غیر معنادار و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد



شکل ۱. تأثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد دانه گندم. داده‌ها میانگین ۳ تکرار و حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنادار بودن در سطح احتمال ۵ درصد است. بازه‌های خطای معیارند.

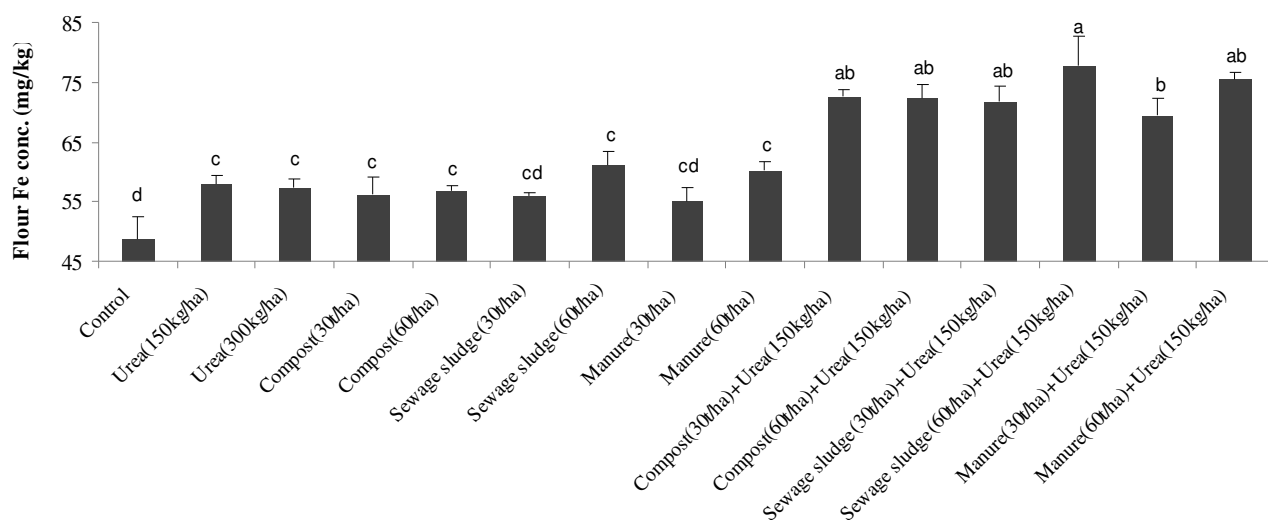
می‌کند، که در کوتاه‌مدت سبب افزایش pH خاک می‌شود؛ ولی با گذشت زمان بر اثر فرایندهای نیترات‌سازی و جذب NH_4^+ به‌وسیله ریشه گیاه گندم، که H^+ به ریزوسفر آزاد می‌کند، pH خاک کاهش می‌یابد و آهن قابل جذب گیاه در خاک نیز بالا می‌رود (Havlin *et al*, 1999; Marschner, 1995). در نتیجه، جذب آهن به‌وسیله گیاه و انتقال آن به دانه افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، سرعت انتقال آهن به دانه گندم در شرایط این آزمایش (در حضور کود اوره) بیشتر از سرعت رشد دانه گندم است. با این حال، برخی محققان کاهش غلظت آهن دانه گندم را پس از مصرف کود اوره گزارش دادند (Nourgolipour *et al*, 2008).

غلظت آهن آرد با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن کمپوست زباله شهری به ترتیب ۱۵٫۲ و ۱۶٫۶ درصد و با مصرف ۶۰ تن لجن

غلظت آهن آرد

تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارها بر غلظت آهن آرد در سطح احتمال ۱ درصد معنادار است (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد غلظت آهن آرد با مصرف ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به ترتیب ۱۸٫۹ و ۱۷٫۳ درصد نسبت به شاهد افزایش می‌یابد ($p \leq 0.05$)؛ ولی بین دو سطح کود اوره از نظر اثر بر غلظت آهن تفاوت معنادار مشاهده نشد (شکل ۲). افزایش غلظت آهن بخش هوایی گندم رقم الوند با مصرف کود اوره را سایر محققان نیز گزارش کرده‌اند (Irani, 2011). این افزایش را می‌توان ناشی از کاهش pH خاک پس از مصرف کود اوره دانست؛ که محققان مختلف (Asing *et al*, 2008; Akahane *et al*, 2010; Irani, 2011) آن را گزارش کرده‌اند. اوره پس از مصرف در خاک هیدرولیز می‌شود و کربنات آمونیوم تولید

زیستی خاک دانست که سبب افزایش آهن قابل جذب گیاه گندم در خاک می‌شود. همچنین، با مصرف کودهای آلی فشرده گی خاک کاهش و تخلخل آن افزایش می‌یابد که موجب افزایش تهویه و ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود. بدین ترتیب میزان آب قابل استفاده گیاه در خاک نیز افزایش می‌یابد که سبب افزایش رشد و گسترش ریشه و جذب عناصر غذایی می‌شود (Ghosh *et al*, 2004; Blaise *et al*, 2005). با این حال، نتایج بررسی برخی محققان نشان داد مصرف لجن فاضلاب بر غلظت آهن دانه گندم تأثیر معنادار ندارد (Kirleis *et al*, 1984).



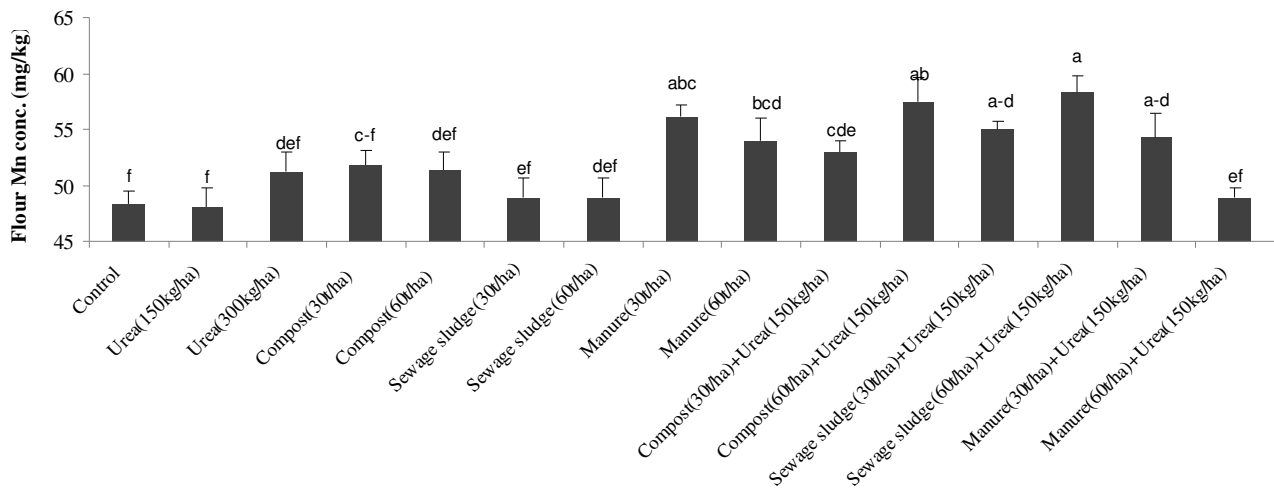
شکل ۲. تأثیر تیمارهای مختلف بر غلظت آهن آرد (بر اساس ماده خشک). داده‌ها میانگین ۳ تکرار و حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنادار بودن در سطح احتمال ۵ درصد است. بازه‌های خطای خطای معیارند.

غلظت منگنز آرد

تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارها بر غلظت منگنز آرد در سطح احتمال ۱ درصد معنادار است (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد غلظت منگنز آرد با مصرف کود اوره نسبت به شاهد افزایش معنادار ندارد ($p \leq 0.05$) و بین دو سطح کود اوره از نظر اثر بر غلظت منگنز آرد تفاوت معنادار مشاهده نشد (شکل ۳). با این حال، بررسی برخی محققان نشان داد با مصرف کود اوره غلظت منگنز دانه گندم کاهش می‌یابد (Nourgolipour *et al*, 2008). غلظت منگنز آرد با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کمپوست زباله و لجن فاضلاب شهری نسبت به شاهد افزایشی معنادار نداشت؛ در حالی که با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کود دامی به ترتیب ۱۶/۳ و ۱۱/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. بین دو سطح این کودها از نظر اثر بر غلظت منگنز تفاوت معنادار مشاهده نشد (شکل ۳). در یک بررسی مصرف لجن فاضلاب غلظت منگنز دانه گندم را نسبت به تیمار شاهد به طور معنادار افزایش داد (Kirleis *et al*, 1984). مقایسه میانگین‌ها نشان داد غلظت منگنز آرد بر اثر تلفیق ۱۵۰

غلظت آهن آرد بر اثر تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم اوره با ۳۰ و ۶۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار به ترتیب ۴۸/۶ و ۴۸/۱ درصد و با ۳۰ و ۶۰ تن لجن فاضلاب به ترتیب ۴۶/۹ و ۵۹/۶ درصد و با ۳۰ و ۶۰ تن کود دامی به ترتیب ۴۲/۲ و ۵۴/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و بین دو سطح این کودها از نظر اثر بر غلظت آهن تفاوتی معنادار وجود نداشت. همچنین، تلفیق کود اوره با هر سه کود آلی مطالعه شده غلظت آهن آرد گندم رقم الوند را نسبت به تیمارهای دارای فقط کود آلی به طور معنادار افزایش داد (شکل ۲). تلفیق کود اوره با کودهای آلی، علاوه بر اثر بر pH، باعث افزایش سرعت معدنی شدن مواد آلی و افزایش سرعت آزادسازی عناصر غذایی، از جمله آهن، می‌شود؛ زیرا کاهش نسبت C/N خاک را به دنبال دارد. در نتیجه، آهن قابل جذب گیاه گندم در خاک افزایش می‌یابد (Havlin *et al*, 1999). غلظت آهن در تیمار ۶۰ تن در هکتار لجن فاضلاب + ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار بیشتر از سایر تیمارها بود. تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها غلظت آهن کمتری داشت (شکل ۲).

زمینه غلظت آهن می‌تواند درباره غلظت منگنز آرد نیز صادق باشد. نبود تفاوت معنادار غلظت منگنز آرد گندم در تیمار تلفیقی ۶۰ تن کود دامی و ۱۵۰ کیلوگرم اوره بر هکتار نسبت به تیمار شاهد و کاهش آن نسبت به سایر تیمارهای دارای کود دامی برخلاف انتظار است و به نظر می‌رسد این نتیجه ناشی از افزایش عملکرد دانه گندم در این تیمار باشد. همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود این تیمار بیشترین عملکرد دانه گندم را داشت. بنابراین، در این تیمار سرعت افزایش ماده خشک دانه و آرد گندم بیشتر از سرعت انتقال منگنز به دانه بوده است و بر اثر وقوع پدیده اثر رقت غلظت منگنز در آرد گندم کاهش یافته است (Marschner, 1995).



شکل ۳. تأثیر تیمارهای مختلف بر غلظت منگنز آرد (بر اساس ماده خشک). داده‌ها میانگین ۳ تکرار و حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنادار بودن در سطح احتمال ۵ درصد است. بازه‌های خطای خطای معیارند.

لجن فاضلاب به ترتیب ۲۸/۱ و ۷۰/۶ و با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن کود دامی در هکتار به ترتیب ۳۱/۴ و ۶۲/۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و بین دو سطح این کودها از نظر اثر بر غلظت روی تفاوتی معنادار ($p \leq 0.05$) وجود داشت (شکل ۴). بنابراین، بین تیمارهای فقط کود آلی ۶۰ تن لجن فاضلاب در هکتار بیشترین افزایش را در غلظت روی آرد گندم نسبت به شاهد ایجاد کرد. افزایش غلظت روی دانه گندم نسبت به تیمار شاهد پس از کاربرد لجن فاضلاب را سایر محققان نیز گزارش کرده‌اند (Kirleis et al, 1984; Karami et al, 2009). علت این موضوع بیشتر بودن غلظت روی در لجن فاضلاب نسبت به غلظت روی قابل جذب گیاه در خاک مزرعه و افزایش غلظت روی کل خاک بر اثر مصرف کودهای آلی است (جدول‌های ۱ و ۳). در یک بررسی روشن شد کاربرد ۵۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار غلظت روی دانه گندم را به‌طور معنادار افزایش می‌دهد (Yongjie and Yangsheng, 2005). علت این افزایش بالارفتن

کیلوگرم کود اوره با ۳۰ و ۶۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار به ترتیب ۹/۶ و ۱۸/۹ و با ۳۰ و ۶۰ تن لجن فاضلاب در هکتار به ترتیب ۱۳/۹ و ۲۰/۸ و با ۳۰ تن کود دامی در هکتار ۱۲/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش می‌یابد. تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره با ۶۰ تن کود دامی در هکتار تأثیری معنادار بر غلظت منگنز آرد ندارد. غلظت منگنز در تیمار ۶۰ تن لجن فاضلاب + ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار بیشتر از سایر تیمارها بود. تیمارهای شاهد و ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار نسبت به سایر تیمارها غلظت منگنز کمتری داشتند (شکل ۳). افزایش غلظت منگنز آرد گندم با مصرف تلفیقی کودهای آلی و اوره به زیادی غلظت منگنز در این کودها نسبت به خاک (جدول‌های ۱ و ۳) مربوط است. همچنین، دلایل یادشده در

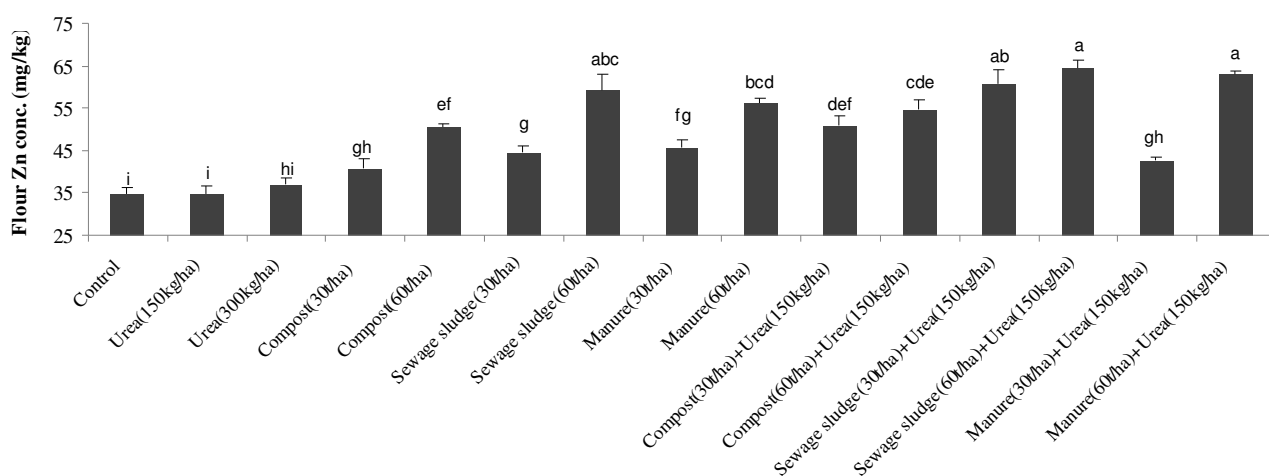
غلظت روی آرد

تجزیه و آرایانس نشان داد اثر تیمارها بر غلظت روی آرد در سطح احتمال ۱ درصد معنادار است (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد کاربرد کود اوره و افزایش سطح آن اثری معنادار بر غلظت روی آرد گندم رقم الوند ندارد (شکل ۴)؛ هرچند با توجه به دلایل یادشده در بخش غلظت آهن آرد انتظار می‌رفت غلظت روی آرد نیز به همان دلایل با مصرف کود اوره افزایش یابد. شاید غیر معنادار شدن اثر کود اوره بر غلظت روی آرد گندم به این دلیل بوده است که در سطوح مختلف اوره سرعت رشد دانه گندم با سرعت انتقال روی به دانه تقریباً مشابه است. همچنین دلیل دیگر برای نبود تأثیر معنادار کود اوره ممکن است وجود روی در آب آبیاری استفاده‌شده باشد (جدول ۵) که سبب شده اثر کود اوره ظاهر نشود.

غلظت روی آرد گندم با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن کمپوست زباله شهری به ترتیب ۱۵/۵ و ۴۵/۱ و با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن

۳۰ و ۶۰ تن لجن فاضلاب و ۶۰ تن کود دامی در هکتار غلظت روی آرد گندم را نسبت به مصرف این کودهای آلی به تنهایی به طور معنادار افزایش داد که دلیل آن در بخش آهن بیان شد. غلظت روی در تیمارهای ۶۰ تن در هکتار لجن فاضلاب و کود دامی + ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار بیشتر از سایر تیمارها بود. افزایش غلظت روی دانه گندم از لحاظ بهبود کیفیت و ارزش آن برای مصرف کنندگان دارای اهمیت است. پژوهشگران در سالهای اخیر به برطرف کردن کمبود روی در غلات و بالابردن کیفیت دانه آن برای جلوگیری از بروز عارضه‌های ناشی از کمبود روی در انسان توجه کرده‌اند (Cakmak, 2002).

مقدار روی کل خاک و افزایش کمپلکس‌های آلی روی با حل‌پذیری بالا اعلام شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد غلظت روی آرد بر اثر تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره با ۳۰ و ۶۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار به ترتیب ۴۶/۳ و ۵۷/۴ و با ۳۰ و ۶۰ تن لجن فاضلاب در هکتار به ترتیب ۷۵/۱ و ۸۵/۷ و با ۳۰ و ۶۰ تن کود دامی در هکتار به ترتیب ۲۲/۶ و ۸۰/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. بین دو سطح ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کمپوست زباله و لجن فاضلاب شهری از نظر اثر بر غلظت روی تفاوت معنادار مشاهده نشد؛ ولی بین دو سطح کود دامی تفاوت معنادار وجود داشت (شکل ۴). مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره همراه

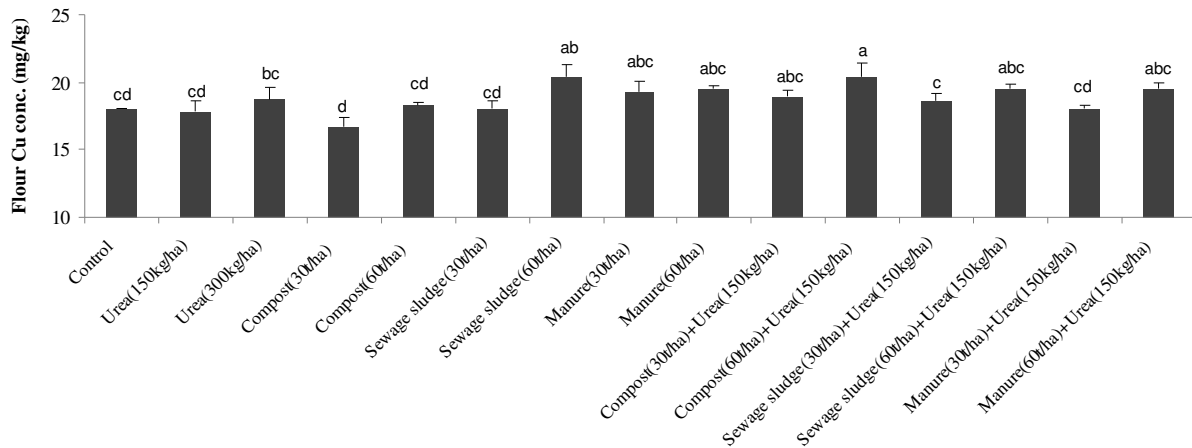


شکل ۴. تأثیر تیمارهای مختلف بر غلظت روی آرد (بر اساس ماده خشک). داده‌ها میانگین ۳ تکرار و حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنادار بودن در سطح احتمال ۵ درصد است. بازه‌های خطای معیارند.

و ۶۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری و کود دامی از نظر اثر بر غلظت مس تفاوت معنادار مشاهده نشد؛ در حالی که بین دو سطح لجن فاضلاب تفاوت معنادار وجود داشت. با افزایش سطح لجن فاضلاب از ۳۰ به ۶۰ تن در هکتار غلظت مس آرد گندم ۱۳/۵ درصد افزایش یافت (شکل ۵). Hamon *et al.* (1999) نیز گزارش کردند مصرف لجن فاضلاب غلظت مس دانه گندم را به طور معنادار افزایش می‌دهد. Kirleis *et al.* (1984) اعلام کردند مصرف لجن فاضلاب بر غلظت مس دانه گندم تأثیر معنادار ندارد. تلفیق ۶۰ تن کمپوست زباله شهری با ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار غلظت مس آرد را ۱۳/۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد؛ در حالی که تلفیق سایر کودهای آلی با کود اوره تأثیری معنادار بر غلظت مس آرد نداشت. تیمار ۶۰ تن کمپوست زباله شهری + ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار نسبت به سایر تیمارها غلظت مس بیشتری داشت.

غلظت مس آرد

تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارها بر غلظت مس آرد در سطح احتمال ۱ درصد معنادار است (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد مصرف کود اوره و افزایش سطح آن بر غلظت مس آرد گندم اثری معنادار ندارد (شکل ۵). با این حال، در بررسی دیگری افزایش غلظت مس دانه گندم با مصرف کود اوره گزارش شد (Nourgolipour *et al.*, 2008). همان‌طور که در شکل ۴ دیده می‌شود در بررسی ما نیز با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار غلظت مس آرد گندم افزایش یافت؛ ولی از لحاظ آماری غیر معنادار بود. غلظت مس آرد با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن کمپوست زباله شهری و کود دامی و ۳۰ تن لجن فاضلاب در هکتار نسبت به شاهد افزایشی معنادار نداشت؛ در حالی که مصرف ۶۰ تن در هکتار لجن فاضلاب غلظت مس آرد را ۱۳/۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد ($p \leq 0.05$). بین دو سطح ۳۰



شکل ۵. تأثیر تیمارهای مختلف بر غلظت مس آرد (بر اساس ماده خشک). داده‌ها میانگین ۳ تکرار و حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنادار بودن در سطح احتمال ۵ درصد است. بازه‌های خطای معرف خطای معیارند.

Ibrahim *et al* (2010) اعلام کردند کاربرد کود دامی و کمپوست زباله شهری باعث افزایش غلظت نیتروژن دانه گندم در مقایسه با شاهد می‌شود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد غلظت نیتروژن آرد گندم بر اثر تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره با ۳۰ و ۶۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار به ترتیب ۶۸/۸ و ۸۳/۲ و با ۳۰ و ۶۰ تن لجن فاضلاب شهری در هکتار به ترتیب ۶۲/۸ و ۶۹/۷ و با ۳۰ و ۶۰ تن کود دامی در هکتار به ترتیب ۵۳ و ۸۳/۲ درصد نسبت به شاهد افزایش می‌یابد. همچنین، تلفیق هر سه کود آلی استفاده شده با ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار غلظت نیتروژن آرد گندم را نسبت به مصرف این کودهای آلی به تنهایی به طور معنادار افزایش داد (شکل ۶). غلظت نیتروژن در تیمارهای ۶۰ تن کود دامی و ۶۰ تن کمپوست زباله شهری + ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود (شکل ۶). Sarwar *et al* (2009) گزارش کردند کاربرد تلفیقی کمپوست با کود شیمیایی غلظت نیتروژن دانه گندم را بیشتر از کاربرد کمپوست به تنهایی افزایش می‌دهد و بیشترین غلظت نیتروژن با کاربرد تلفیقی کمپوست با کود شیمیایی به دست می‌آید. Abbasi *et al* (2012) گزارش دادند با مصرف لجن فاضلاب و تلفیق آن با کودهای شیمیایی غلظت نیتروژن برنج افزایش می‌یابد. Yaduvanshi (2001) اعلام کردند پس از تلفیق کود دامی و کود سبز با کودهای شیمیایی غلظت نیتروژن برنج و گندم افزایش می‌یابد. افزایش غلظت نیتروژن گندم دیم با اعمال مدیریت تلفیقی تغذیه گیاه (تلفیق کودهای آلی و شیمیایی) را Tabasam *et al* (2002) گزارش کردند. افزایش غلظت نیتروژن آرد گندم با مصرف کودهای آلی و تلفیق آن‌ها با اوره می‌تواند به افزایش معدنی شدن نیتروژن و افزایش غلظت نیتروژن کل خاک مربوط باشد؛ زیرا با توجه به جدول‌های ۱ و ۳ غلظت نیتروژن کودهای آلی بیشتر از خاک است.

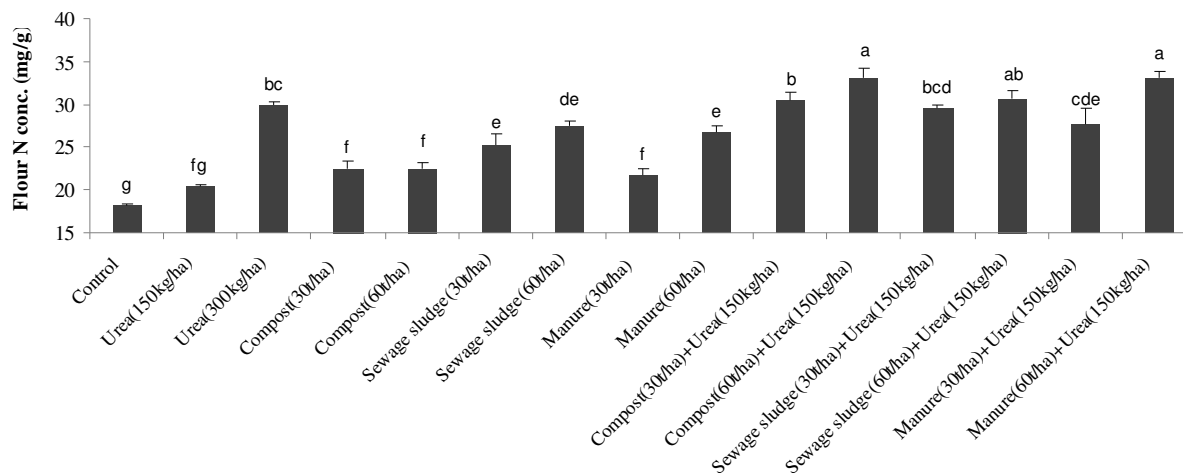
غلظت نیتروژن آرد

تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارها بر غلظت نیتروژن آرد در سطح احتمال ۱ درصد معنادار است (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار تفاوتی معنادار با شاهد ندارد؛ اما افزایش سطح کود اوره به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار غلظت نیتروژن آرد گندم را ۶۵/۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد ($p \leq 0.05$). به عبارت دیگر، بین دو سطح کود اوره از نظر اثر بر غلظت نیتروژن تفاوت معنادار وجود داشت (شکل ۶). شکل ۱ نشان می‌دهد عملکرد دانه گندم با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار به طور قابل ملاحظه افزایش می‌یابد. بنابراین، افزایش غیر معنادار غلظت نیتروژن آرد گندم ناشی از این است که در شرایط مذکور سرعت رشد دانه و در نتیجه تولید آرد متناسب با سرعت انتقال نیتروژن به دانه است. دلیل دیگر افزایش غیر معنادار غلظت نیتروژن آرد گندم می‌تواند تعداد تکرار آزمایش باشد. اگر تعداد تکرار آزمایش به جای ۳ بار ۴ یا بیشتر بود، بر اثر افزایش درجه آزادی خطای آزمایش احتمالاً این تفاوت معنادار می‌شد. غلظت نیتروژن آرد گندم با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار به ترتیب ۲۴/۲ و ۲۴/۲ و با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن لجن فاضلاب شهری در هکتار به ترتیب ۴۰ و ۵۱/۶ و با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن کود دامی در هکتار به ترتیب ۲۰ و ۴۷/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. بین دو سطح ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری و کمپوست لجن فاضلاب شهری از نظر اثر بر غلظت نیتروژن تفاوت معناداری مشاهده نشد؛ در حالی که بین دو سطح ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کود دامی از نظر اثر بر غلظت نیتروژن تفاوتی معنادار وجود داشت (شکل ۶). Menelik *et al* (1991) نیز نشان دادند افزودن لجن فاضلاب به خاک غلظت نیتروژن دانه گندم را به طور معنادار افزایش می‌دهد.

جدول ۷. تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، و سدیم آرد گندم

میانگین مربعات				درجه آزادی	منبع تغییر
سدیم	پتاسیم	فسفر	نیتروژن		
۷۷,۲۸ ^{ns}	۲,۷۳ ^{ns}	۰,۰۷ ^{ns}	۳,۴۶ ^{ns}	۲	بلوک
۸۷۱,۲ ^{**}	۳۲۹,۶ ^{**}	۳,۴۸ ^{**}	۶۶,۱۸ ^{**}	۱۴	تیمار
۴۱,۸۹	۲۱,۷۴	۰,۰۹	۲,۱۲	۲۸	خطا
۳,۶۳	۴,۶۲	۴,۱۹	۵,۴۸		ضریب تغییرات (%)

ns و ** و *** به ترتیب غیر معنادار و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد



شکل ۶. تأثیر تیمارهای مختلف بر غلظت نیتروژن آرد (بر اساس ماده خشک). داده‌ها میانگین ۳ تکرار و حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنادار بودن در سطح احتمال ۵ درصد است. بازه‌های خطای معیارند.

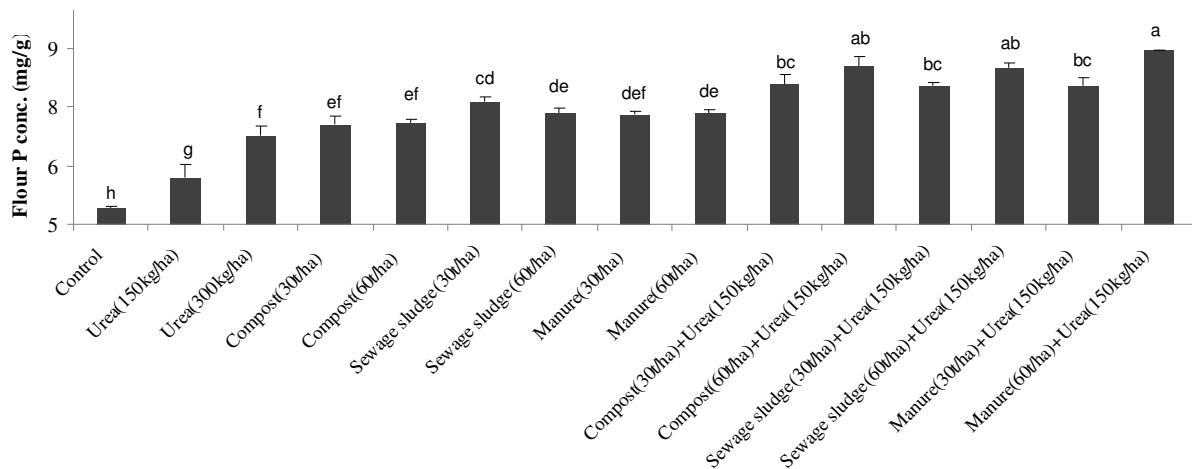
غلظت فسفر آرد

تن کود دامی در هکتار به ترتیب ۶۴/۱ و ۸۲/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. مقایسه‌های مستقل (اورتوگونال) نشان داد تلفیق کودهای آلی با ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار غلظت فسفر آرد گندم را نسبت به مصرف این کودهای آلی به تنهایی به‌طور معنادار افزایش می‌دهد. به‌نظر می‌رسد این افزایش ناشی از افزایش سرعت معدنی‌شدن مواد آلی و آزادسازی فسفر است (Havlin et al, 1999). تیمار ۶۰ تن کود دامی + ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار نسبت به سایر تیمارها غلظت فسفر بیشتری داشت (شکل ۷) که دلیل آن بیشتر بودن غلظت کل و قابل جذب فسفر در کود دامی نسبت به دو کود دیگر بود (جدول‌های ۳ و ۴). Sarwar et al (2009) گزارش کردند کاربرد تلفیقی کمپوست با کود شیمیایی غلظت فسفر آرد گندم را افزایش می‌دهد و بیشترین غلظت فسفر در تیمار تلفیقی کمپوست با کود شیمیایی است. پروتون آزاد شده از تجزیه مواد آلی سبب کاهش pH و افزایش فراهمی عناصر غذایی برای گیاه می‌شود. پس از تلفیق کود دامی و کود سبز و کمپوست با کودهای شیمیایی، افزایش جذب فسفر در گیاه برنج را Dixit and Gupta (2000) و Singh et al (2002)، در گیاهان برنج و گندم را Yaduvanshi (2001)، و در گندم را Tabasam et al (2002)

تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارها بر غلظت فسفر آرد گندم در سطح احتمال ۱ درصد معنادار است (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد غلظت فسفر آرد با مصرف ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به ترتیب ۱۵/۸ و ۳۸/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش می‌یابد ($p \leq 0.05$). دلایل این افزایش در بخش آهن بیان شد. غلظت فسفر آرد با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن کمپوست زباله شهری به ترتیب ۴۴ و ۴۵ و با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن لجن فاضلاب شهری به ترتیب ۵۵/۶ و ۴۹/۸ و با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن کود دامی در هکتار به ترتیب ۴۸/۷ و ۵۰/۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت؛ ولی بین دو سطح ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کودهای آلی از نظر اثر بر غلظت فسفر آرد تفاوتی معنادار مشاهده نشد (شکل ۷). این نتایج با گزارش‌های Ibrahim et al (2010) مطابقت داشت. دلیل این موضوع بالا بودن غلظت کل فسفر در کودهای آلی نسبت به غلظت فسفر قابل جذب در خاک اعلام شد (جدول‌های ۱ تا ۳). غلظت فسفر آرد گندم با تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره با ۳۰ و ۶۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار به ترتیب ۶۵/۳ و ۷۵/۵ و با ۳۰ و ۶۰ تن لجن فاضلاب شهری در هکتار به ترتیب ۶۳/۸ و ۷۳/۴ و با ۳۰ و ۶۰

فسفات‌های موجود در محلول خاک می‌شوند.
 ۲. اسیدهای آلی تولیدشده به‌وسیله ریشه گیاهان و تجزیه میکروبی مواد آلی برای جذب شدن بر سطوح رس‌ها و هیدروکسیدها با فسفات‌ها رقابت می‌کنند.
 ۳. اسیدهای آلی با آهن و آلومینیوم کمپلکس‌های پایدار (کی‌لیت) تشکیل می‌دهند و مانع واکنش این فلزات با یون‌های فسفر محلول خاک می‌شوند.
 ۴. با زیاد شدن ماده آلی خاک ممکن است میزان معدنی‌شدن فسفر آلی هم زیاد شود (Havlin *et al*, 1999; Brady and Weil, 2002).

گزارش دادند. Abbasi *et al* (2012) اعلام کردند با مصرف لجن فاضلاب و تلفیق آن با کودهای شیمیایی، از جمله اوره، غلظت فسفر برنج افزایش می‌یابد.
 افزایش غلظت فسفر آرد گندم رقم الوند بر اثر مصرف کودهای آلی ناشی از آزادسازی فسفر بر اثر معدنی‌شدن فسفر آلی موجود در کودهای آلی و افزایش فسفر قابل جذب گیاه در خاک بر اثر کاهش تثبیت فسفر است که دلایل آن عبارتست از:
 ۱. مولکول‌های بزرگ هومیک به سطح رس‌ها و ذرات اکسیدهای هیدراته فلزات می‌چسبند و روی مکان‌های تثبیت‌کننده فسفر را می‌پوشانند و مانع واکنش این مکان‌ها با

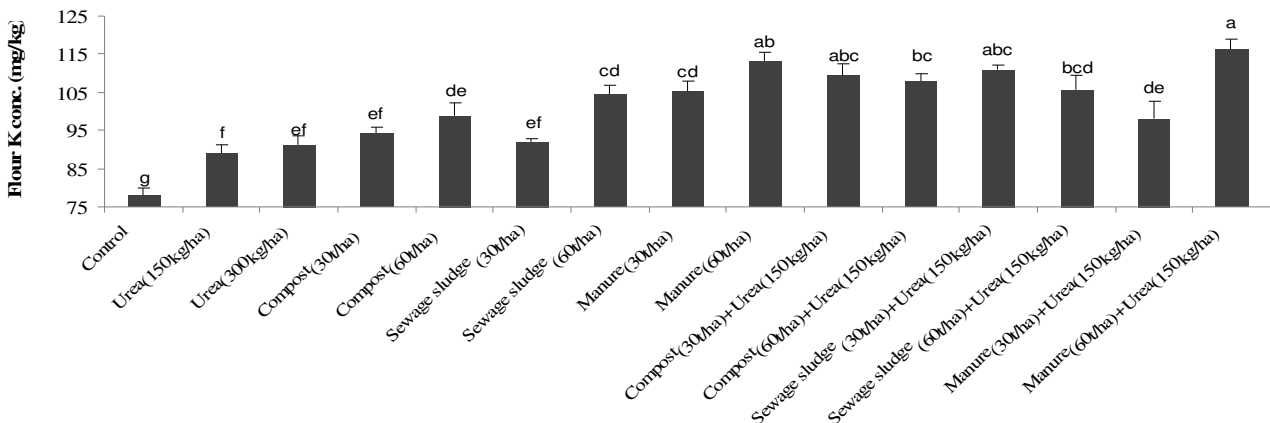


شکل ۷. تأثیر تیمارهای مختلف بر غلظت فسفر آرد (بر اساس ماده خشک). داده‌ها میانگین ۳ تکرار و حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنادار بودن در سطح احتمال ۵ درصد است. بازه‌های خطا معرف خطای معیارند.

(شکل ۸). این افزایش می‌تواند ناشی از چند عامل باشد؛ یکی کاهش pH خاک بر اثر نترات‌سازی و جذب آمونیوم به‌وسیله ریشه گندم و دیگری تبادل کاتیونی میان آمونیوم حاصل از هیدرولیز اوره و پتاسیم که سبب آزاد شدن پتاسیم به محلول خاک و افزایش فراهمی آن برای ریشه گیاه می‌شود (Marschner, 1995; Havlin *et al*, 1999).

غلظت پتاسیم آرد

تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارها بر غلظت پتاسیم آرد گندم در سطح احتمال ۱ درصد معنادار است (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد غلظت پتاسیم آرد با مصرف ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به ترتیب ۱۴/۳ و ۱۷/۱ درصد نسبت به شاهد افزایش می‌یابد ($p \leq 0.05$)؛ ولی بین دو سطح کود اوره از نظر اثر بر غلظت پتاسیم تفاوت معنادار مشاهده نشد



شکل ۸. تأثیر تیمارهای مختلف بر غلظت پتاسیم آرد (بر اساس ماده خشک). داده‌ها میانگین ۳ تکرار و حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنادار بودن در سطح احتمال ۵ درصد است. بازه‌های خطا معرف خطای معیارند.

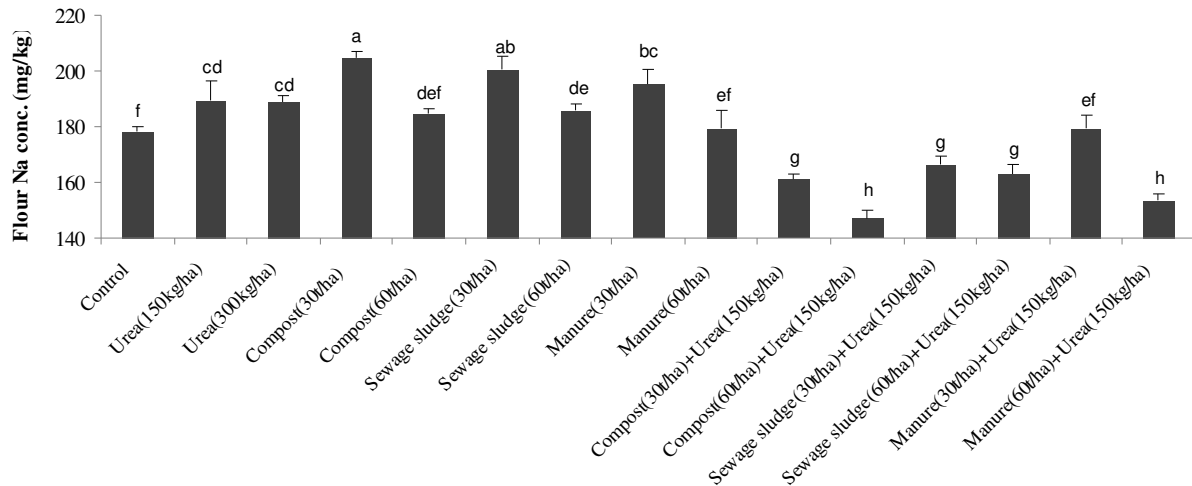
غلظت سدیم آرد

تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارها بر غلظت سدیم آرد گندم در سطح احتمال ۱ درصد معنادار است (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد غلظت سدیم آرد با مصرف ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به ترتیب ۶/۳ و ۵/۹ درصد نسبت به شاهد افزایش می‌یابد ($p \leq 0.05$)؛ ولی بین دو سطح کود اوره از نظر اثر بر غلظت سدیم تفاوت معناداری مشاهده نشد (شکل ۹). دلایل این افزایش در بخش آهن و پتاسیم بیان شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد غلظت سدیم آرد با مصرف ۳۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار ۱۵ درصد و با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن لجن فاضلاب در هکتار به ترتیب ۱۲/۷ و ۴/۵ درصد و با مصرف ۳۰ تن کود دامی در هکتار ۹/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش می‌یابد؛ در حالی که با مصرف ۶۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری و کود دامی غلظت سدیم آرد نسبت به شاهد افزایش معنادار نداشت (شکل ۹). همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود با مصرف ۶۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری و کود دامی عملکرد دانه گندم نسبت به شاهد افزایشی معنادار می‌یابد. در این شرایط سرعت رشد دانه و در نتیجه تولید آرد متناسب با سرعت انتقال سدیم به دانه است. در نتیجه، غلظت سدیم آرد تغییر قابل ملاحظه‌ای نکرده است. بین دو سطح ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار هر سه کود آلی از نظر اثر بر غلظت سدیم تفاوتی معنادار وجود داشت (شکل ۹).

تلفیق کودهای آلی با اوره به جز تیمار ۳۰ تن کود دامی + ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار باعث کاهش معنادار غلظت سدیم آرد نسبت به شاهد شد. تیمار ۳۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری غلظت سدیم بیشتر و تیمار ۶۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری و کود دامی + ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار غلظت سدیم کمتری نسبت به سایر تیمارها داشتند (شکل ۹). به نظر می‌رسد کاهش غلظت سدیم آرد در برخی تیمارهای تلفیقی ناشی از افزایش عملکرد دانه و وقوع اثر رقت (Marschner, 1995) باشد (شکل ۱). به عبارت دیگر، سرعت رشد دانه گندم از سرعت انتقال سدیم به دانه بیشتر است. همچنین این کاهش را می‌توان ناشی از افزایش غلظت پتاسیم آرد دانست (شکل ۸)؛ که به دلیل اثر متقابل آنتاگونیستی بین پتاسیم و سدیم سبب کاهش غلظت سدیم در آرد گندم می‌شود (Marschner, 1995). بین غلظت پتاسیم و سدیم آرد گندم رابطه معکوس معناداری ($r = -0.57^*$) مشاهده شد. دلیل دیگر کاهش غلظت سدیم آرد در تیمارهای تلفیقی می‌تواند افزایش غلظت یون NH_4^+ با مصرف کود اوره باشد. اوره پس از مصرف در خاک هیدرولیز می‌شود و کربنات آمونیوم تولید می‌کند.

غلظت پتاسیم آرد با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار به ترتیب ۲۰/۷ و ۲۶/۷ و با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن لجن فاضلاب شهری در هکتار به ترتیب ۱۸/۱ و ۳۴/۱ و با مصرف ۳۰ و ۶۰ تن کود دامی در هکتار به ترتیب ۳۴/۷ و ۴۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت که به دلیل بالابودن غلظت پتاسیم در کودهای آلی نسبت به خاک مزرعه (جدول‌های ۱ و ۳) و آزاد شدن پتاسیم به خاک بر اثر تجزیه مواد آلی بود. این نتایج با گزارش Ibrahim et al (2010) مطابقت دارد. بین دو سطح ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار لجن فاضلاب و کود دامی از نظر اثر بر غلظت پتاسیم تفاوت معنادار وجود داشت؛ در حالی که بین دو سطح ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری تفاوت معنادار مشاهده نشد (شکل ۸). Sahni et al (2008) اعلام کردند استفاده از کمپوست زباله شهری باعث افزایش غلظت پتاسیم نخود می‌شود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد غلظت پتاسیم آرد بر اثر تلفیق ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره با ۳۰ و ۶۰ تن کمپوست زباله شهری در هکتار به ترتیب ۴۰/۱ و ۳۸/۲ و با ۳۰ و ۶۰ تن لجن فاضلاب شهری در هکتار به ترتیب ۴۲/۱ و ۳۵/۳ و با ۳۰ و ۶۰ تن کود دامی در هکتار به ترتیب ۲۵/۷ و ۴۸/۸ درصد نسبت به شاهد افزایش می‌یابد. بین دو سطح ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کود دامی از نظر اثر بر غلظت پتاسیم تفاوتی معنادار وجود داشت؛ در حالی که بین دو سطح ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب تفاوت معنادار مشاهده نشد (شکل ۸). تیمار ۶۰ تن کود دامی + ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار نسبت به سایر تیمارها غلظت پتاسیم بیشتری داشت. به نظر می‌رسد دلیل این موضوع بالابودن غلظت کل و قابل جذب پتاسیم در کود دامی نسبت به بقیه کودها باشد (جدول‌های ۳ و ۴). Galavand et al (2009) بیشترین غلظت پتاسیم دانه گندم را در تیمار تلفیق کود دامی با کود شیمیایی گزارش کردند. Sarwar et al (2009) اعلام کردند کاربرد تلفیقی کمپوست با کود شیمیایی غلظت پتاسیم دانه گندم را بیشتر از کاربرد کمپوست به تنهایی افزایش می‌دهد و بیشترین غلظت پتاسیم در تیمار تلفیقی کمپوست با کود شیمیایی است. آن‌ها اظهار کردند حل‌پذیری بسیاری از عناصر غذایی با کاهش pH پس از مصرف کمپوست افزایش می‌یابد و منجر به افزایش جذب عناصر غذایی به وسیله گیاه می‌شود. افزایش جذب پتاسیم با تلفیق کود دامی و کود سبز و کمپوست با کودهای شیمیایی در گیاه برنج را Dixit and Gupta (2000) و Singh et al (2002)، در گیاهان برنج و گندم را Yaduvanshi (2001)، و در گندم را Tabasam et al (2002) گزارش کرده‌اند. Abbasi et al (2012) اعلام کردند با مصرف لجن فاضلاب و تلفیق آن با کودهای شیمیایی غلظت پتاسیم برنج افزایش می‌یابد.

1999). افزایش غلظت سدیم آرد در برخی تیمارها را می‌توان ناشی از غلظت بیشتر سدیم در کودهای آلی نسبت به خاک دانست (جدول‌های ۱ تا ۴). *Abbasi et al.* (2012) اعلام کردند با مصرف لجن فاضلاب و تلفیق آن با کودهای شیمیایی غلظت سدیم برنج افزایش می‌یابد.



شکل ۹. تأثیر تیمارهای مختلف بر غلظت سدیم آرد (بر اساس ماده خشک). داده‌ها میانگین ۳ تکرار و حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنادار بودن در سطح احتمال ۵ درصد است. بازه‌های خطا معرف خطای معیارند.

آرد و در نتیجه غلظت پروتئین آن افزایش یافت. این نتایج نشان‌دهنده بهبود کیفیت آرد گندم (از نظر غلظت فسفر، پتاسیم، سدیم، آهن، پروتئین) با مصرف کود اوره است. با مصرف هر سه کود آلی (لجن فاضلاب، کمپوست زباله شهری، کود دامی)، با و بدون کود اوره، غلظت نیتروژن و پتاسیم و آهن و روی آرد نسبت به شاهد افزایش یافت. مصرف کودهای آلی بدون اوره غلظت سدیم آرد را افزایش داد؛ ولی تلفیق آن‌ها با اوره (به جز ۳۰ تن کود دامی + ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار) غلظت سدیم را کاهش داد. مصرف کود دامی غلظت منگنز آرد و مصرف لجن فاضلاب غلظت مس آن را افزایش داد. نتایج حاکی از بهبود کیفیت آرد گندم (از نظر غلظت عناصر غذایی و پروتئین) با مصرف کودهای آلی، با و بدون کود اوره، است. غلظت سرب و کادمیوم آرد گندم در تیمارهای مختلف به‌حدی کم بود که با دستگاه جذب اتمی قابل اندازه‌گیری نبود؛ و این یکی دیگر از ویژگی‌های مثبت کودهای آلی مصرف‌شده در این مطالعه است. به‌طور کلی، برای افزایش غلظت عناصر غذایی در آرد گندم و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز انسان و دام در زنجیره غذایی مصرف ۳۰ یا ۶۰ تن از هر یک از کودهای آلی (لجن فاضلاب، کمپوست زباله شهری، کود دامی) همراه ۱۵۰ کیلوگرم اوره در یک هکتار مزرعه گندم در شرایط مشابه توصیه می‌شود. مطالعات بیشتر با سایر سطوح این کودهای آلی و با

میان سدیم و آمونیوم اثر متقابل آنتاگونیستی وجود دارد. از طرف دیگر، با تلفیق کودهای آلی و نیتروژن نسبت C/N کاهش و سرعت معدنی‌شدن کودهای آلی افزایش می‌یابد. در نتیجه، آمونیوم بیشتری تولید می‌شود و در جذب و انتقال سدیم اختلال ایجاد می‌کند (*Marschner, 1995; Havlin et al.*

غلظت سرب و کادمیوم آرد

غلظت سرب و کادمیوم آرد گندم در تیمارهای مختلف به‌حدی کم بود که با دستگاه جذب اتمی قابل اندازه‌گیری نبود. بنابراین، مصرف یک بار کود دامی، لجن فاضلاب، و کمپوست زباله شهری در سطوح استفاده‌شده در این تحقیق از نظر آلودگی آرد گندم تولیدی به فلزات سنگین مشکلی نداشت. این نتایج از مزیت‌های کمپوست زباله شهری و کمپوست لجن فاضلاب استفاده‌شده در این بررسی است؛ ولی باید توجه داشت که مصرف مکرر و طولانی‌مدت این مواد آلی، به‌ویژه در مقادیر زیاد، ممکن است مشکلاتی از نظر آلودگی به فلزات سنگین در آرد گندم تولیدی ایجاد کند. پیشنهاد می‌شود در زمینه اثر مصرف طولانی‌مدت این کودهای آلی بر غلظت فلزات سنگین آرد گندم بیشتر مطالعه شود تا از بروز مشکلات احتمالی زیست‌محیطی و آلودگی آرد گندم تولیدی به فلزات سنگین جلوگیری شود.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد با مصرف ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار عملکرد دانه و غلظت فسفر، پتاسیم، سدیم، و آهن آرد گندم نسبت به شاهد افزایش می‌یابد؛ ولی غلظت منگنز و روی و مس آرد گندم تغییر معناداری ($p \leq 0.05$) نمی‌کند. با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار غلظت N تغییر معناداری نکرد؛ ولی با افزایش سطح اوره به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار غلظت نیتروژن

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از آقای مهندس راشد احمدی‌نژاد، به‌سبب کمک در اجرای بخشی از کارهای مزرعه‌ای این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌شود.

مصرف طولانی‌مدت توصیه می‌شود. با توجه به کمبود مواد آلی در اغلب خاک‌های ایران پیشنهاد می‌شود اثر سایر مواد آلی، از جمله بقایای گیاهان مختلف، و سایر انواع کمپوست نیز بر غلظت عناصر غذایی آرد گندم بررسی شود.

REFERENCES

- Abbasi, M., Najafi, N., Aliasgharzad, N. and Oustan, Sh. (2012). 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, 1-26.
- Akahane, I., Makino, T. and Maejima, Y. (2010). Effects of nitrogen fertilizer, pH, and electrical conductivity on the solubility of cadmium in soil solution. *Pedologist*, 101-107.
- Alley, M.M. and Vanlauwe, B. (2009). *The role of fertilizers in integrated plant nutrient management*. International Fertilizer Industry Association, Paris, France.
- Anonymous, (1993). *Clean Water Act*. Section 503. Vol. 58, No. 32, U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), Washington, DC.
- Asing, J., Saggarr, 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.
- Atkins, T.D. and Larsen, N.G. (1990). Predication of mechanical dough development, water absorption and baking performance from farinograph parameters. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 53, 242-252.
- Berdanier, C.D., and Atkins, T.K. (1998) *Advanced nutrition*. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, USA
- 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.
- Brady, N.C. and Weil, R.R. (2002). *The nature and properties of soils*. (13th ed). Prentice-Hall, New Jersey, USA.
- Cakmak, I. (2002). Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant and Soil*, 247, 3-24.
- Dane, J.H. and Topp, G.C. (2002). *Methods of soil analysis. Part 4. Physical methods*. Soil Science Society of America Book Series, Vol. 5, Madison, WI. USA.
- Delgado, M.M., Parcel, M.A., Miralles, R., Beltrain, E.M., Bernigole, L., and Valero, J. (2003). Management sewage sludge thermal drying amended soil. Pp. 89-92. *Waste contaminants: Life cycle and entry into food chain*. Department Environment, Madrid, Spain. From <http://www.ramiran.net/doc04/Proceedings%2004/Delgado2.pdf>
- 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.
- 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.
- Fageria, N.K., Baligar, V.C. and Clark, R.B. (2002) Micronutrients in crop production. *Advances in Agronomy*, 77, 185-268.
- Fageria, N.K., Baligar, V.C. and Jones, C.A. (2010). *Growth and mineral nutrition of field crops*. 3rd ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.
- Galavand, A., Mohammadi, K., Aqaalikhani, M. and Sohrabi, Y. (2009). Effects of organic, biological and chemical fertilizers on peas yield and quality. *Water and Soil Science*, 1 (2), 213-130. (In Farsi).
- Ghosh, P.K., Ramesh, P., Bandyopadhyay, 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 vertisols of semi-arid tropics. I. Crop yields and systems in performance. *Bioresource Technology*, 95, 77-83.
- Gupta, P.K. (2000). *Soil, plant, water, and fertilizer analysis*. Agrobios, New Delhi, India.
- 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, 53-64.
- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. and Nelson, W.L. (1999). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management*. 6th ed. Prentice Hall, New Jersey, USA.
- 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, 47 – 52.
- Irani, N. (2011). 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. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz. (In Farsi).
- Jafarzadeh, F., Azizi, M.H., Rashmeh karim, K. and Haratian, P. (2012). Physico- chemical properties of some commercial lines of Iranian cultivated wheat flour and their effects on sensory attribute

- of biscuit. *Iranian Journal of Nutrition Science & Food Technology*, 7, 101-109. (In Farsi).
- Jones, B.J. (2001). Laboratory guide for conducting soil tests and plant Analysis. CRC Press, USA.
- Kalbasi, M. (1997). Organic matter in soils of Iran and compost importance. In: *Proceedings of 7th Iranian Soil Science Congress*, 1-3 September, Karaj Agricultural Education Center, Karaj, Iran. In Farsi.
- Karami, M., Afyouni, M., Rezayi Nezhad, Y., Khoshgophtarmanesh, A. (2009). Cumulative and residual effects of sewage sludge on Zn and Cu concentration in soil and wheat. *Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 12(46), 639-654. (In Farsi).
- 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, 518-522.
- Lindsay, W.L. and Norvell W.A. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society American Journal*, 42, 421-428.
- Mahajan, A. and Gupta, R.D. (2009). Integrated nutrient management (INM) in a sustainable rice-wheat cropping system. Springer.
- Malakouti, M.J. (2000). Balanced nutrition of wheat: An approach towards self-sufficiency and enhancement of national health. Agriculture Education Publishing, Karaj, Iran. (In Farsi).
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- McLean, E.O. (1982). Soil pH and lime requirement. pp. 199-224. In: A.L., Page, R.H., Miller and D.R. Keeney (eds) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2nd Edition, Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, USA.
- 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.
- Nelson, D.W. and Sommers L.E. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 539-579. In: A. L. Page *et al.* (eds.) *Methods of soil analysis. Part II. Chemical and microbiological properties*. 2nd ed. ASA, SSSA, Madison, WI. USA.
- Nezhad Hosseini, T., Astarayi, A., Khorasani, R. and Emami, H. (2011). Study of two types of organic fertilizers, B and Zn on conventional millet seed yield, yield components and nutrient concentration. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9(1), 70-77. (In Farsi).
- Nourgolipour, F., Bageri, Y. and Lotfollahi, M. (2008). Effect of different sources of nitrogen fertilizers on wheat yield and quality. *Journal of Research in Agricultural Science*, 4(2), 120-129.
- Olsen, S.R. and Sommers L.E. (1982). Phosphorus. pp. 403-430. In: Page *et al.* (eds.) *Methods of Soil Analysis. Part II. 2nd ed.* ASA, SSSA, Madison, WI. USA.
- Prasad, A.S. (2007). Zinc: mechanisms of host defense. *Journal of Nutrition*, 137, 1345-1349.
- Richards, L.A. (1969). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. US Salinity Laboratory Staff. Agricultural Handbook, No. 60, USDA, USA.
- 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.
- 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 rolfsii*. *Journal of Crop Protection*, 27, 269-376.
- 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.
- 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.
- Shata, S.M., Mahamoud, A. and Siam, S. (2007). Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3, 733-739.
- Singh, S., Singh, R.N., Prasad, J. and Kumar, B. (2002). Effect of green manuring, 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.
- Sramkova, Z., Gregova, E. and Sturdik, E. (2009). Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca*, 2, 115 - 138.
- 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.
- Welch, R. M. (2002) The impact of mineral nutrients in food crops on global human health. *Plant and Soil*, 247: 83-90.
- Welch, R.M. and Graham, R.D. (1999). A new paradigm for world agriculture: meeting human needs - Productive, sustainable, nutritious. *Field Crops Research*, 60, 1-10.
- Welch, R.M. (2005). Biotechnology, biofortification, and global health. *Food and Nutrition Bulletin*, 26, 419-421.
- Wolf, A., Watson, M. and Wolf, N. (2003). Digestion and dissolution methods for P, K, Ca, Mg, and trace elements. Pp. 30-47. In: Peters *et al.* (eds). *Recommended methods of manure analysis*.

Cooperative Extension Publishing, University of Wisconsin, USA.

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.

Yongjie, W. and Yangsheng, L. (2005). Effect of sewage sludge compost application on crops and cropland in a 3- year fields study. *Chemosphere*, 59, 1257-1265.

Zhang, H., Smeal, D. and Tomko, J. (1998). Nitrogen fertilizer value of feedlot manure for irrigated corn production. *Journal of Plant Nutrition*, 21, 287-296.