

اثر گوگرد و کود دامی بر عملکرد گندم و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

فرزاد جلیلی^{۱*}

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۳/۲۴

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۲۴

استادیار علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی

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

چکیده

این تحقیق مزرعه‌ای برای بررسی تاثیر گوگرد و کود دامی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد گندم به صورت آزمایشات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. گوگرد در چهار سطح ۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود دامی در سه سطح ۰، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار مصرف شدند. کود دامی و گوگرد در سال اول آزمایش به خاک اضافه شدند و در انتهای سال دوم آزمایش تاثیر این مواد بر ویژگی‌های خاک و محصول بررسی شد. نتایج نشان داد که اثر متقابل دو فاکتور کود دامی و گوگرد بر عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه به مقدار ۵۲۴۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد همراه با مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی بود. بیشترین کاهش در pH خاک به میزان ۰/۳۸ واحد مربوط به تیمار ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بود. مصرف ۴۰ تن در هکتار کود دامی باعث کاهش pH از ۷/۵۳ به ۷/۳۰ و جرم مخصوص ظاهری از ۱/۴۹ به ۱/۲۶ گرم بر سانتی متر مکعب و افزایش EC از ۰/۹۲ به ۱/۲ دسی زیمنس بر متر و کربن آلی از ۱/۰۵ به ۱/۴۹ درصد شد. بر اساس نتایج این تحقیق، برای بالا بردن عملکرد کمی و کیفیت دانه گندم و اصلاح ویژگی‌های خاک، مصرف گوگرد به میزان ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود دامی به میزان ۴۰ تن در هکتار مناسب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: خواص خاک، عملکرد، کود دامی، گندم، گوگرد

Effects of Sulfur and Manure on Wheat Yield and Some Physical-chemical Properties of Soil

F Jalili*¹

Received: 14 Jan 2015

Accepted: 14 March 2017

Assistant Professor of Soil Science, Department of Agronomy, Islamic Azad University of Khoy, Iran

Corresponding Author, Email: farjalili@yahoo.com

Abstract

This research was performed to investigate the effects of two kinds of soil amendment materials on the physical-chemical properties of soil and wheat yield as factorial traits in the form of RCBD with 3 replications. Sulfur was applied in 4 levels of 0, 200, 400 and 600 kg-ha⁻¹ and manure was added in three levels of 0, 20 and 40 ton-ha⁻¹. Manure and sulfur were added in the first year of the experiment and in the second year the effects of these factors on soil properties and yield were studied. The results showed the interaction effect of sulfur and manure was meaningful on grain yield and harvest index. The maximum grain yield 5249 kg-ha⁻¹ was obtained with consumption of 600kg Sulfur-ha⁻¹ along with 20 ton manure -ha⁻¹. Consumption of 40 ton-ha⁻¹ manure decreased pH from 7.53 to 7.30, ρ_b from 1.49 to 1.26 g-cm⁻³ and increased EC from 0.92 to 1.2 dS-m⁻¹ and OC from 1.05 to 1.49%. Based on the results of this research, the consumption of 600 kg/ha sulfur and 20 ton-ha⁻¹ manure is appropriate to increase or promote quality and quantity of the yield of wheat and to improve soil properties.

Keywords: Manure, Soil properties, Sulfur, Wheat, Yield

مقدمه

مواد اسیدزا استفاده می‌گردد که در چنین شرایطی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک هم اصلاح می‌گردد (کاپلان و ارمان، ۱۹۹۸؛ الفاتح و خالد، ۲۰۱۰؛ تارابیلی و همکاران، ۲۰۰۶). گوگرد به دلیل اکسید شدن و تولید اسیدسولفوریک، پتانسیل لازم برای کاهش pH در مقیاس کوچک در اطراف ذرات خود دارا بوده و می‌تواند در منطقه ریزوسفر در انحلال و آزاد شدن عناصر ضروری موثر واقع شود (بشارتی و صالح راستین، ۱۳۷۸). اضافه کردن مواد آلی به همراه گوگرد در خاک‌هایی با pH بالا روش مناسبی برای کاهش pH و انحلال عناصر مورد نیاز گیاهان می‌باشد. اثرات مفید کاربرد گوگرد در خاک‌های زیر کشت، مانند افزایش عملکرد محصول و کاهش pH در خاک‌های آهکی و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی به اثبات رسیده است (کاپلان و ارمان، ۱۹۹۸). گندم یکی از محصولات استراتژیک کشور بوده که بالغ بر ۴۵ درصد پروتئین و ۵۵ درصد کالری مورد نیاز

با افزایش جمعیت، تقاضا برای محصولات کشاورزی زیاد شده و به تبع آن استفاده از منابع خاک، سموم و کودهای شیمیایی جهت بالا بردن میزان تولید در واحد سطح نیز افزایش یافته است. در اثر کمبود مواد آلی در خاک‌های کشور و استفاده نامطلوب از زمین‌های زراعی، همه ساله مقادیر زیادی خاک در معرض از بین رفتن هستند. بنابراین استفاده از کودهای آلی برای افزایش و یا حداقل حفظ حاصل‌خیزی خاک و افزایش عملکرد اجتناب ناپذیر است. از سوی دیگر، با توجه به شرایط آهکی خاک‌های منطقه، pH خاک از مهمترین عوامل در تبادل کاتیونی، حل پذیری و حرکت یون‌ها، جذب عناصر غذایی و همچنین فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک محسوب می‌شود. تحقیقات نشان داده است که برای تعدیل pH خاک، از مواد آلی و

گوگرد صوری می‌گیرد و در چنین شرایطی pH خاک کاهش و EC خاک نیز افزایش می‌یابد.

یکی از راه‌های دستیابی به کشاورزی پایدار استفاده از کودهای آلی است که نقش مهمی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دارد. استفاده از کودهای آلی در کشاورزی پایدار علاوه بر افزایش حمایت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم عمل نموده و موجب بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود (مادرید و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین، بهبود حاصل‌خیزی خاک یکی از مهم‌ترین استراتژی‌ها برای افزایش تولیدات کشاورزی است. گوگرد و ماده آلی به دلیل تاثیری که بر شرایط شیمیایی خاک نظیر کاهش pH دارد، موجب افزایش فراهمی عناصر غذایی برای گندم می‌گردد (الفاتح و خالد، ۲۰۱۰). اغلب تحقیقات صورت گرفته در سالیان گذشته در خصوص تاثیر مواد اصلاح کننده خاک بر عملکرد محصول و ویژگی‌های خاک در شرایط کنترل شده انجام شده است (گلچین و همکاران، ۱۳۷۹؛ کیائی جمالی و قربانی، ۱۳۸۷؛ رضایی و همکاران، ۱۳۸۵) و در این خصوص تحقیقات مزرعه‌ای کمتر صورت گرفته است. بنابراین در این تحقیق سعی شده است اثر گوگرد و کود دامی بر عملکرد و کیفیت گندم و نیز برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در سطح مزرعه مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر گوگرد و کود دامی بر عملکرد گندم و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در سیستم تناوب آفتابگردان-گندم تحقیقی در یک مزرعه که در ۸ کیلومتری خوی با طول جغرافیایی ۴۵ درجه، ۲ دقیقه و ۷ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه، ۴۶ دقیقه و ۹ ثانیه شمالی واقع شده است در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت فاکتوریل دو عاملی در سه تکرار انجام شد. بلوک بندی عمود بر شیب حاصل‌خیزی صورت گرفت. برای فاکتور گوگرد از چهار سطح ۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد کشاورزی استفاده شد که از این به بعد، به ترتیب با S_0 ، S_{200} ، S_{400} و S_{600} نشان داده خواهد شد و برای

کشور را تامین می‌کند (عیوضی و همکاران، ۱۳۸۹). این گیاه می‌تواند پلی برای انتقال عناصر مورد نیاز بدن و فعالیت‌های متابولیسمی آن از خاک باشد. خلج و مستشاری (۱۳۸۰) طی آزمایشی مشاهده کردند مصرف توام ماده آلی و گوگرد در افزایش عملکرد گندم موثر بوده و این تیمار نسبت به شاهد ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش عملکرد داشته‌است. به علت دگرپرور بودن باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد، افزودن مواد آلی به خاک باعث افزایش فعالیت آن‌ها شده و در نتیجه به سرعت اکسایش گوگرد افزوده می‌شود (بشارتی و صالح راستین، ۱۳۷۸).

کودهای آلی صرف نظر از فراهم آوردن عناصر غذایی برای گیاهان، اثرات مختلفی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دارند (پدرا، ۲۰۰۶). لطفی و همکاران (۱۳۸۸) در آزمایشی مشاهده کردند که، کرت‌هایی که کود دامی به میزان ۲۵ تن در هکتار دریافت کرده بودند افزایش معنی‌داری در مقدار کربن آلی و نیتروژن کل خاک نداشته، اما در تیمار کود دامی ۱۰۰ تن در هکتار موارد فوق افزایش یافت. کایسر و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که افزودن ۳۶ مول بر مترمربع گوگرد به خاک در مدت ۵۴ روز منجر به کاهش pH از ۷/۲ به ۶/۹ می‌گردد. رحیمیان (۱۳۹۰) در تحقیق خود با بررسی اثر گوگرد و تیوباسیلوس همراه با ماده آلی بر ویژگی‌های کمی و کیفی کلزا گزارش کردند که با افزایش میزان گوگرد تا ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه و ماده خشک کل به ترتیب ۴/۳۹ و ۱۵/۲۸ درصد افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج تحقیق آنان، مصرف گوگرد همراه با کود حیوانی باعث کاهش pH خاک شده و در نتیجه با افزایش میزان جذب عناصر غذایی، عملکرد نیز افزایش می‌یابد.

مارنیاری و همکاران (۲۰۰۰) در ارزیابی تاثیر مقادیر مختلف کودهای آلی و معدنی بر ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی خاک به این نتیجه رسیدند که کودهای آلی باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی خاک می‌شود که به افزایش ماکروپورها و منافذ بهم پیوسته مربوط می‌شود. تارابیلی و همکاران (۲۰۰۶) طی آزمایش گلخانه‌ای مشاهده کردند که بیشترین رشد ذرت با به کارگیری گوگرد تلقیح شده با باکتری‌های اکسید کننده

عمومی کود دامی مورد استفاده در جدول (۱) درج شده است.

فاکتور کود دامی از سه سطح ۰، ۲۰، ۴۰ تن در هکتار کود پوسیده گاوی استفاده شد که از این به بعد به ترتیب با M_1 ، M_2 و M_3 نشان داده خواهد شد. ویژگی های

جدول ۱- برخی از ویژگی های کود دامی (گاوی) مورد استفاده.

pH	EC (dS m ⁻¹)	کربن آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)
۷/۴۲	۲۳/۱	۴۷	۱/۹۲	۰/۸۷	۳/۶۳

خوشه‌دهی به صورت سرک مصرف شد ولی کودهای فسفره و پتاسیمی استفاده نشد. در طول اجرای طرح، موقعیت کرت‌های آزمایش برای سال دوم آزمایش (کشت گندم) ثابت ماند. در کلیه کرت‌های آزمایشی کود نیتروژنی به طور یکنواخت در هر سال زراعی مصرف گردید، ولی در مورد کود دامی و گوگرد در کشت اول آزمایش (کشت آفتابگردان) به خاک اضافه شد و در سال دوم آزمایش (کشت گندم) تاثیر آنها بر محصول و ویژگی های خاک بررسی شد.

قبل از اجرای آزمایش به منظور بررسی وضعیت حاصلخیزی و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه مرکب خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری تهیه گردید که نتایج آن در جدول (۲) درج شده است. کود دامی و گوگرد مطابق تیمارهای طرح، یک ماه قبل از کشت در سال اول آزمایش، در هنگام کشت آفتابگردان، به طور یکنواخت پخش گردید. با توجه به نتایج آزمون خاک (جدول ۲) اوره به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار مورد استفاده قرار گرفت و یک سوم آن تا عمق ۳۰ سانتی متری خاک مخلوط شد و بقیه آن در دو مرحله ساقه روی و

جدول ۲- ویژگی های خاک محل اجرای طرح.

عمق	EC	pH _e	CCE	OC	SP	Sand	Silt	Clay	P _{ava}	K _{ava}	Fe	Zn	Mn	p _b
cm	dS m ⁻¹		%		%	%	%	%	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	g cm ⁻³
۳۰	۰/۹۷	۷/۶۵	۱۱/۲	۱/۰۱	۵۲	۳۶	۳۳	۴۱	۱۲/۵۱	۳۸۰	۸/۳	۰/۸۷	۶/۹	۱/۴۷

EC: هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع، pH_e: واکنش گل اشباع، CCE: کربنات کلسیم معادل خاک، OC: میزان کربن آلی، SP: میزان رطوبت گل اشباع، Sand: میزان شن، Silt: میزان سیلت، Clay: میزان رس، P_{ava}: فسفر قابل استفاده، K_{ava}: پتاسیم قابل استفاده، Fe: آهن، Zn: روی، Mn: منگنز و p_b: جرم مخصوص ظاهری

برداشت صورت گرفت. به منظور تعیین میزان پروتئین دانه، به روش کجلدال، میزان نیتروژن دانه اندازه گیری شده و با ضرب آن در ضریب ثابت ۵/۲۵ درصد پروتئین محاسبه شد (بی نام، ۱۹۸۷). پس از برداشت گندم برخی از ویژگی های خاک شامل pH، EC، کربن آلی و جرم مخصوص ظاهری (p_b) اندازه‌گیری شد. pH و EC در عصاره گل اشباع به ترتیب توسط pH-متر (Hach, EC30) و هدایت سنج (Tecto-240)، OC به روش والکلی و بلاک، و p_b به روش نمونه‌برداری دست نخورده با استفاده از استوانه نمونه برداری از نمونه های خاک و توزین پس

مساحت هر کرت آزمایشی ۱۸ متر مربع و رقم مورد استفاده گندم، زرین بود که با تراکم کشت ۴۵۰ بذر در متر مربع با فاصله ردیف های ۲۰ سانتی‌متری در اول مهر ماه کشت شد. فواصل آبیاری بر اساس عرف منطقه ۱۲ روز بود و جهت مبارزه با علف‌های هرز از علف کش 2,4-D به میزان یک و نیم لیتر در هکتار استفاده شد و در طول اجرای آزمایش آفت خاصی مشاهده نشد. در دهه اول تیر ماه عملیات برداشت انجام شد. ارزیابی ویژگی های عملکردی محصول شامل وزن هزاردانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت و میزان پروتئین دانه هنگام

داشت (جدول ۴). در بین سطوح کود دامی، بیشترین مقدار وزن هزار دانه مربوط به تیمار مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی و برابر ۳۶/۸ گرم بود که با مصرف ۴۰ تن در هکتار کود دامی در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۵). وزن هزار دانه یکی از اجزاء عملکرد دانه در گندم بوده و ارتباط مستقیمی با عملکرد دانه دارد، لذا هر عاملی که باعث تغییر در وزن هزار دانه شود منجر به تغییر در عملکرد دانه می‌گردد. در این میان، افزایش گوگرد و ماده آلی باعث افزایش طول مدت پر شدن دانه و در نهایت وزن هزار دانه می‌گردد.

پلات و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که میزان جمع ماده خشک و وزن هزار دانه در طی دوره رشد زایشی افزایش می‌یابد، بنابراین با افزایش سطوح گوگرد و ماده آلی به علت بهینه کردن شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه، بر وزن هزار دانه افزوده شده است.

از خشک شدن در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس تعیین شد (علی احمادی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۸).

داده‌های به دست آمده با استفاده از برنامه آماری SAS تجزیه واریانس شده و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شد.

نتایج و بحث

وزن هزار دانه: نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر وزن هزار دانه در جدول (۳) نشان داده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود اثر اصلی گوگرد و کود دامی بر وزن هزار دانه معنی‌دار شده است و با افزایش میزان مصرف گوگرد و کود دامی بر وزن هزار دانه افزوده شده است (جدول های ۵ و ۴). بین سطوح گوگرد، بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با میانگین وزن هزار دانه برابر ۳۷/۶ گرم بود که نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی داری

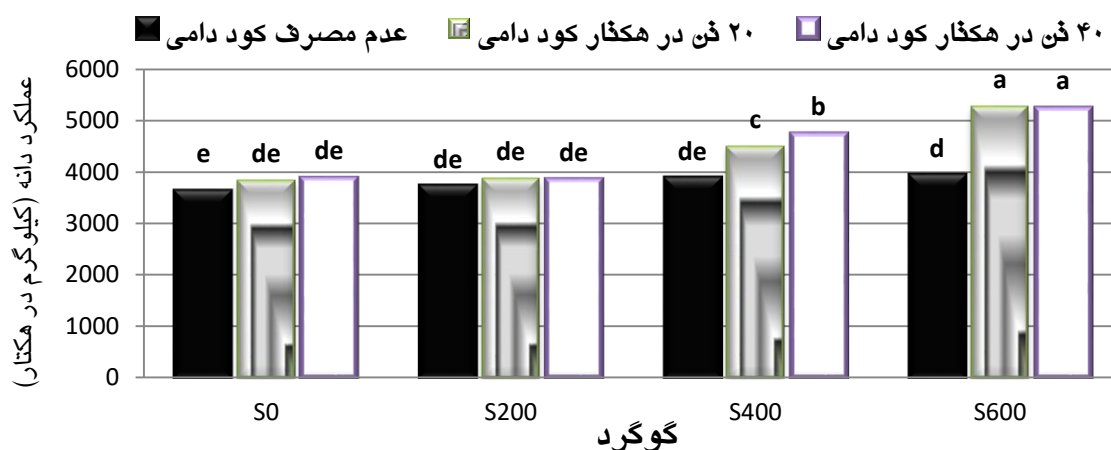
جدول ۳- تجزیه واریانس ویژگی‌های مورد مطالعه.

میانگین مربعات					شاخص برداشت	عملکرد دانه	وزن هزاردانه	درجه آزادی	منابع تغییر
p _b	OC	EC	pH	پروتئین					
۰/۰۰	۰/۰۲۶	۰/۰۰۳	۰/۰۲۴	۰/۱۵۵	۰/۵۷۵	۲۵۲۹۹/۸۴	۲/۴۰۳	۲	تکرار
۰/۰۰۴	۰/۰۳۶ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۲۵۴**	۳/۷۳۳**	۶۱/۸۸۴**	۲۲۰۷۹۷۰/۵۲**	۷/۷۷۲**	۳	گوگرد (S)
۰/۱۵۴	۰/۶۰۹**	۰/۲۳۷**	۰/۱۷۰**	۲/۶۶۹**	۵۹/۴۹۹**	۱۵۰۵۷۶۷/۰۸**	۷/۰۶۳**	۲	ماده آلی (M)
۰/۰۰۱	۰/۰۱۵ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۳۸۹ ^{ns}	۱۱/۹۹۹*	۳۰۷۷۷۴/۵۹**	۰/۱۶۴ ^{ns}	۶	S*M
۰/۰۰	۰/۰۵۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۸	۰/۴۵۹	۱/۵۹۷	۲۲۰۹۹/۰۵	۰/۷۳۲	۲۲	خطا
۳/۱۱	۱۷/۹۷	۶/۶۹	۱/۲۳	۵/۹۶	۶/۷۱	۷/۵۵	۲/۳۴		ضریب تغییرات (%)

ns,*,** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

همراه با ۲۰ تن در هکتار کود دامی بدست آمد که با مصرف ۴۰ تن هکتار کود دامی در یک گروه آماری قرار گرفت. در حالی که کمترین میزان عملکرد دانه مربوط به عدم مصرف گوگرد و کود دامی بود و برابر با ۳۶۰۹ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (شکل ۱).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های حاکمی از معنی دار شدن اثر گوگرد و کود دامی و نیز اثر متقابل این دو فاکتور بر عملکرد دانه است (جدول ۳). با افزایش در میزان ماده آلی و گوگرد مصرفی بر عملکرد دانه افزوده شد، به طوری که بیشترین مقدار آن به میزان ۵۲۳۴ کیلوگرم در هکتار با مصرف ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد



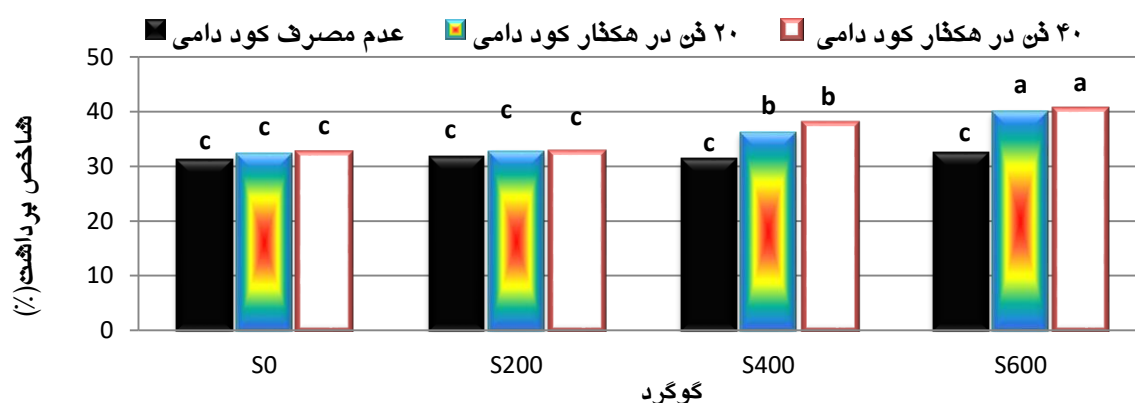
شکل ۱-۱ اثر متقابل گورد و کود دامی بر عملکرد دانه.

می یابد. گوردزی (۱۳۸۹) نتیجه گرفت که مصرف گورد عملکرد محصول دانه گندم را در خاک های بسیار آهکی گچساران به میزان ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار و مصرف توأم آن با کمپوست عملکرد دانه را به میزان ۳۳۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد افزایش می دهد. افزایش عملکرد در اثر افزایش در مصرف گورد به نظر می رسد مربوط به اسیدی کردن موضعی خاک و افزایش قابلیت انحلال عناصر غذایی و در نتیجه افزایش کارایی جذب عناصر غذایی باشد.

شاخص برداشت: نتایج تجزیه واریانس صفات حاکی از معنی دار شدن اثر گورد و کود دامی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل در سطح احتمال ۵ درصد بر این ویژگی می باشد (جدول ۳ و شکل ۲). به طوری که با مصرف ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گورد همراه با مصرف ۴۰ تن در هکتار کود دامی بیشترین شاخص برداشت به میزان ۴۰/۱ درصد به دنبال داشته است و با مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی در همان مقدار گورد در یک گروه آماری قرار گرفت. مصرف گورد همراه با کود دامی باعث کاهش pH خاک شده و به علت افزایش تحرک پذیری عناصر غذایی در محدوده اطراف ریشه، جذب عناصر غذایی توسط گیاه افزایش یافته و منجر به افزایش عملکرد و در نهایت شاخص برداشت شده است.

خضری و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که با افزایش مصرف گورد عملکرد سوگوم علوفه ای افزایش می یابد به طوری که با کاربرد ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گورد میزان علوفه تر برابر با ۵۴۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. میزان عملکرد بیولوژیک در این تیمار نیز برابر با ۱۳۵۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. مومن و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند که افزایش میزان گورد و کمپوست سبب افزایش معنی دار عملکرد دانه، وزن هزار دانه، طول سنبله، ارتفاع گیاه و شاخص سطح برگ گندم رقم بم شد. تحقیق آنان نشان داد که کاربرد ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گورد به همراه مصرف ۲۰ تن در هکتار کمپوست بیشترین عملکرد دانه به میزان ۴۲۶۲ کیلوگرم در هکتار و وزن هزار دانه (۳۸ گرم) را به همراه دارد. تاثیر ماده آلی بر افزایش رشد گندم به دو دلیل می تواند باشد یکی اینکه ماده آلی با فراهم نمودن شرایط برای اکسایش گورد توسط میکروارگانیسم های دگرپرور، اکسایش بیولوژیکی گورد را در خاک های آهکی افزایش می دهد. از طرف دیگر کود دامی دارای عناصر غذایی است که به تدریج آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می گیرد (واین رایت، ۱۹۸۴).

معمد (۱۳۸۵) در تحقیق خود بر روی گندم نان رقم پیشتاز نشان داد که با افزایش مصرف گورد تا ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد گندم به طور معنی داری افزایش



شکل ۲- اثر متقابل گوگرد و کود دامی بر شاخص برداشت گندم.

به طوری که در تحقیق آنان بیشترین ماده خشک کل در تیمار ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد عنصری همراه با ۵۰ تن در هکتار کود دامی به دست آمده است.

pH خاک: اثرات اصلی گوگرد و کود دامی هر دو در سطح احتمال یک درصد بر این ویژگی معنی دار بود در حالی که اثر متقابل دو فاکتور بر این ویژگی معنی دار نشد (جدول ۳). بیشترین کاهش pH نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف گوگرد) مربوط به مصرف ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بود که با pH برابر با ۷/۲۴ در گروه آماری C قرار گرفت و مصرف ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار با pH برابر با ۷/۳۱ نیز در همان گروه آماری قرار گرفت. همچنین مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد نسبت به شاهد باعث کاهش معنی دار pH خاک شد (جدول ۴). کود دامی مصرفی نیز باعث کاهش معنی دار در pH خاک شد با این حال بین مصرف ۲۰ و ۴۰ تن کود دامی تفاوت آماری معنی داری مشاهده نشد و مقدار pH خاک به ترتیب برابر ۷/۳۷ و ۷/۳۰ به دست آمد (جدول ۵).

کاهش pH خاک بعد از اضافه کردن کودهای آلی می‌تواند به دلیل تجزیه مواد آلی موجود در این کودها باشد که منجر به تولید اسید کربنیک و اسیدهای آلی می‌شود (هرواس و همکاران ۱۹۸۹). مشابه با نتایج حاصل از این تحقیق سریکانت و همکاران (۲۰۰۰) نیز کاهش pH خاک با افزودن ورمی کمپوست را گزارش نمودند. آتیه و همکاران (۲۰۰۴) نیز در تحقیق خود اظهار داشتند که با تلفیق ورمی کمپوست حاصل از کود دامی در بسترهای معمول کشت، pH بستر خاک به طور معنی داری با افزایش ورمی کمپوست کاهش می‌یابد. پارتاساداتی و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش نمودند که با کاربرد ورمی کمپوست pH خاک به طور معنی داری کاهش می‌یابد.

یکی از جنبه‌های کشاورزی پایدار، بهبود و حفظ حاصل خیزی و کیفیت خاک می‌باشد که از طریق کاربرد کودهای آلی و متعادل سازی مصرف بهینه کودهای پرمصرف حاصل می‌گردد. زمانی باب گه‌ری و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که کاربرد پسماند آلی علاوه بر افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته و وزن هزاردانه ذرت دانه‌ای، باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله میزان ماده آلی و جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود.

درصد پروتئین: اثر اصلی سطوح گوگرد و کود دامی بر میزان پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، در حالی که اثر متقابل دو فاکتور مورد مطالعه بر این ویژگی معنی دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که با افزایش سطوح هر دو عامل میزان پروتئین دانه افزایش یافت و بیشترین مقدار پروتئین ۱۲/۱ و ۱۱/۸ درصد به ترتیب مربوط به مصرف ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد و ۴۰ تن در هکتار کود دامی بود (جدول های ۵، ۴). مطالعات گذشته نشان داده است که مواد آلی با کاهش pH و تشکیل کمپلکس‌های محلول می‌تواند سبب افزایش فراهمی عناصر غذایی، به خصوص، عناصر کم مصرف گردد و اضافه نمودن گوگرد در چنین شرایطی، این اثرات را تشدید کرده و به دنبال آن رشد گیاه و شاخص‌های کیفی گیاه ارتقاء می‌یابد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). کریمی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی کاربرد گوگرد و کود دامی بر برخی اجزاء عملکرد کلزا در دو خاک آهکی نشان داده اند که کود دامی تاثیر معنی داری بر میزان روغن، پروتئین، وزن هزاردانه و کل ماده خشک کلزا دارد. مصرف توام کود دامی و گوگرد نیز موجب افزایش ماده خشک کل گیاه می‌شود،

خاک سبب افزایش معنی‌دار میزان مواد آلی و نسبت C/N خاک می‌شود فولی و کوپر باند (۲۰۰۲) گزارش کردند که اضافه کردن ضایعات خمیر کاغذ و کمپوست حاصل از آن باعث افزایش کربن آلی خاک شد.

جرم مخصوص ظاهری: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل گوگرد و کود دامی بر این ویژگی معنی‌دار نبوده در حالی‌که میزان کود دامی مصرفی در سطح احتمال یک درصد بر این ویژگی معنی‌دار بود (جدول ۳) به طوری‌که با افزایش در میزان کود دامی، جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش یافته است و بیشترین کاهش به میزان ۱/۲۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب مربوط به مصرف ۴۰ تن کود دامی بوده که نسبت به تیمار عدم مصرف کود دامی (۱/۴۹) گرم بر سانتی‌متر مکعب، ۱۵/۴ درصد کمتر بود (جدول ۵). تاثیر مواد آلی و کمپوست بر جرم مخصوص ظاهری خاک به دلیل کم بودن چگالی خود مواد آلی و کمپوست و تاثیر آن بر افزایش اندازه و مقدار خلل و فرج خاک می‌باشد (دیک و مک کوی، ۱۹۹۵). سلیک و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی تاثیر کمپوست، میکوریزا و کودهای آلی بر برخی بعضی ویژگی‌های فیزیکی خاک گزارش کردند که میکوریز نقش موثری در استحکام خاکدانه‌ها داشته و هر دو تیمار باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش مواد آلی می‌گردد.

ریدوان (۲۰۰۴) نیز طی آزمایش خود به کارگیری سطوح ۰، ۲۰ و ۲۵ گرم در کیلوگرم از ورمی‌کمپوست، بیشترین میزان کاهش در جرم مخصوص ظاهری را مربوط به تیمار ۵۰ گرم در کیلوگرم ورمی‌کمپوست دانستند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

احمدآبادی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی اثر کاربرد ورمی‌کمپوست بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نتیجه گرفتند که تیمارهای آزمایش بر کلیه ویژگی‌های مورد مطالعه از جمله pH، EC، کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری و حقیقی اثر معنی‌داری داشت، به این معنی که با افزایش مقدار ورمی‌کمپوست مصرفی، کربن آلی و EC خاک افزایش در حالی‌که pH، جرم مخصوص ظاهری و حقیقی کاهش می‌یابد. تجادا و گنزالز (۲۰۰۸) در بررسی تاثیر ۴ نوع کود آلی بر ساختمان خاک و هدر رفت آن به این نتیجه رسیدند که هر چهار نوع کود آلی (کمپوست ضایعات پنبه، کمپوست ضایعات زیتون، لجن فاضلاب و کمپوست زباله شهری) باعث کاهش جرم مخصوص خاک می‌شوند.

هدایت الکتریکی خاک: اثر اصلی گوگرد و اثر متقابل

کود دامی و گوگرد بر این ویژگی معنی‌دار نبود. با این حال سطوح ماده آلی بر این ویژگی در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳) به طوری‌که با افزایش در مقدار مصرف کود دامی بر میزان هدایت الکتریکی خاک افزوده شد و با مصرف ۴۰ تن کود دامی مقدار هدایت الکتریکی به ۱/۲ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت که ۱۸ درصد نسبت به تیمار عدم مصرف کود دامی افزایش نشان داد (جدول ۵). طبق نظر محققان، به نظر می‌رسد دلیل افزایش هدایت الکتریکی خاک با کاهش pH خاک، مربوط به بالا بودن هدایت اکی والانی پروتون باشد (نجفی و مردمی، ۱۳۹۲). همچنین از آنجائی‌که کود دامی سرشار از عناصر کاتیونی و املاح می‌باشد لذا با تجزیه آن این املاح به محلول خاک اضافه شده و باعث افزایش میزان املاح خاک و در نتیجه هدایت الکتریکی خاک شده است. میرزایی و همکاران (۱۳۸۸) تاثیر کاربرد کودهای آلی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، میزان محصول و ماده خشک در گوجه فرنگی به این نتیجه رسیدند که اثر تیمارها بر ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل درصد کربن آلی، pH و نیتروژن کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده ولی بر هدایت الکتریکی خاک اثر معنی‌داری نداشت. این تیمارها بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله جرم مخصوص ظاهری، درصد تخلخل خاک و هدایت هیدرولیکی اشباع در سطح یک درصد معنی‌دار بوده ولی بر پایداری خاکدانه‌ها اثر معنی‌داری نداشت. بنابراین با به‌کارگیری ورمی‌کمپوست در خاک، این نوع کود آلی باعث اسفنجی شدن بافت خاک و افزایش درصد تخلخل و در نهایت کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود.

کربن آلی خاک: افزایش در میزان مصرف کود دامی

بر میزان ماده آلی خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود در حالی‌که اثر گوگرد و نیز اثر متقابل گوگرد و کود دامی بر این ویژگی معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین مقدار ماده آلی خاک به میزان ۱/۴۹ درصد مربوط به مصرف ۴۰ تن کود دامی بود. با مصرف ۲۰ تن کود دامی نسبت به عدم مصرف آن نیز میزان ماده آلی خاک افزایش یافت با این حال این افزایش از نظر آماری به سطح معنی‌داری نرسید (جدول ۵). فرهودی و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی تاثیر مدیریت بقایای گیاهی گندم بر ویژگی‌های خاک و عملکرد محصول در سیستم کشت دوگانه نتیجه گرفتند که بر گرداندن بقایای گندم به

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات اصلی گوگرد بر ویژگی‌های مورد مطالعه در گندم.

فاکتور آزمایش	سطوح فاکتور	وزن هزار دانه (gr)	عملکرد دانه (kg-ha ⁻¹)	شاخص برداشت (%)	پروتئین (%)	pH
گوگرد (S)	S ₀	۳۵/۴ b	۳۷۶۵/۷ c	۳۱/۸ c	۱۰/۶ b	۷/۶۲ a
	S ₂₀₀	۳۶/۳ ab	۳۷۹۹/۷ c	۳۲/۱ c	۱۱/۲ ab	۷/۴۴ b
	S ₄₀₀	۳۶/۹ ab	۴۲۶۲/۴ b	۳۴/۹ b	۱۱/۶ ab	۷/۳۱ c
	S ₆₀₀	۳۷/۶ a	۴۸۰۱/۷ a	۳۷/۴ a	۱۲/۱ a	۷/۲۴ c

اعدادی هر ستونی که حداقل در یک حرف مشترک می‌باشند تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن نمی‌باشند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات اصلی ماده آلی بر ویژگی‌های مورد مطالعه در خاک.

سطوح ماده آلی	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (kg-ha ⁻¹)	شاخص برداشت (%)	پروتئین (%)	pH _e	EC (dS.m ⁻¹)	OC (%)	ρ _b (g.cm ⁻³)
M ₁	۳۵/۶b	۳۷۷۵/۳b	۳۱/۵a	۱۰/۸b	۷/۵۳a	۰/۹۲c	۱/۰۵b	۱/۴۹a
M ₂	۳۶/۸a	۴۳۵۰/۹a	۳۵/۲a	۱۱/۴a	۷/۳۷b	۱/۰۲b	۱/۱۸b	۱/۲۸b
M ₃	۳۶/۸a	۴۴۲۰/۸a	۳۵/۶a	۱۱/۸a	۷/۳۰b	۱/۲a	۱/۴۹a	۱/۲۶c

اعدادی هر ستونی که حداقل در یک حرف مشترک می‌باشند تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن نمی‌باشند.

نتیجه گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش گوگرد و کود دامی عملکرد دانه و کیفیت آن افزایش یافت، به طوری که در مورد گوگرد، بیشترین افزایش در ویژگی‌های عملکردی محصول مربوط به تیمار گوگرد ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. افزایش در سطوح کود دامی نیز منجر به ارتقاء در ویژگی‌های عملکردی محصول شد، به طوری که در تیمار کود دامی ۴۰ تن در هکتار بیشترین مقدار وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت و درصد پروتئین، مشاهده گردید، با این حال این مقادیر با مقادیر به دست آمده برای تیمار کود دامی ۲۰ تن در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشتند. مصرف ۲۰ تن در

هکتار کود دامی باعث کاهش pH از ۷/۵۳ به ۷/۳۰ و جرم مخصوص ظاهری از ۱/۴۹ به ۱/۲۶ گرم بر سانتی متر مکعب، افزایش شوری از ۰/۹۲ به ۱/۲ دسی زیمنس بر متر و کربن آلی از ۱/۰۵ به ۱/۴۹ درصد شد. در خصوص شاخص‌های اندازه‌گیری شده در خاک نیز بیشترین تاثیر مربوط به تیمار ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد همراه با ۲۰ تن در هکتار کود دامی بود. بنابراین مصرف ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد همراه با ۲۰ تن در هکتار کود دامی، جهت ارتقاء ویژگی‌های کمی و کیفی گندم و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، در شرایط مشابه اجرای این تحقیق توصیه می‌گردد.

منابع مورد استفاده

احمدآبادی ز، قاجار سپانلو م و رحیمی آلاشتی س، ۱۳۹۰. اثر کاربرد ورمی کمپوست بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، جلد ۱۵، شماره ۵۸، صفحات ۱۲۵-۱۳۷. بشارتی ح، و صالح راستین ن، ۱۳۷۸. بررسی تاثیر کاربرد مایه تلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس همراه با گوگرد در افزایش قابلیت جذب فسفر. مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۳، شماره ۱، صفحات ۲۳-۳۹.

- خضزلو ف، جلیلی ف، شکوهی م ر. ۱۳۹۳. تاثیر گوگرد بر برخی خواص شیمیایی خاک و عملکرد سورگوم علوفه ای. مجله پژوهش در علوم زراعی، جلد ۶، شماره ۲۲. صفحات ۱۹-۳۲.
- خلج م، و مستشاری ع، ۱۳۸۰. اثرات کمپوست و گوگرد در افزایش عملکرد گندم. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران. صفحات ۱۷۶-۱۷۸.
- زمانی باب گهری ج، افیونی م، خوش گفتارمنش ا ح، و عشقی زاده ح ر، ۱۳۸۹. بررسی اثر لجن فاضلاب کارخانه پلی اکریل، کمپوست زباله شهری و کود گاوی بر ویژگی های خاک و عملکرد ذرت دانه ای، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم خاک و آب)، جلد ۴، شماره ۵۰. صفحات ۱۵۳-۱۶۵.
- رحیمیان ز، ۱۳۹۰. اثر گوگرد و تیوباسیلوس به همراه ماده آلی بر صفات کمی و کیفی کلزا، فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، جلد ۳، شماره ۱۲. صفحات ۱۹-۲۷.
- رضایی م، گندمکار ا، فتحی م، و محمدی ع، ۱۳۸۵. استفاده از گوگرد و اسید سولفوریک تولیدی صنایع نفت در اصلاح خاک و افزایش عملکرد گیاهان زراعی. اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، ۲۵۹ صفحه.
- کریمی ف، بهمنیار م ع، و شهابی م، ۱۳۹۱. تأثیر کاربرد گوگرد و کود دامی بر میزان روغن، پروتئین و برخی اجزای عملکرد کلزا در دو خاک آهکی، نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد ۲۲، شماره ۳. صفحات ۷۲-۸۱.
- کیائی جمالی س ف، و قربانی ا، ۱۳۸۷. استفاد از ضایعات جانبی صنایع فولاد سازی به عنوان مواد اصلاح کننده pH خاک و تاثیر آن بر برخی از عناصر سنگین خاک و برگ چای، دانش کشاورزی، جلد ۱۸، شماره ۳. صفحات ۸۳-۹۷.
- گلچین ا، ردائی م، و ملکوتی م ج، ۱۳۷۹. استفاده از گیاه پوششی (ریزشی گندم) در ارتقاء سطح حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد، مجموعه مقالات تغذیه متعادل گندم، نشر آموزش کشاورزی، تهران. ۵۴۳ صفحه.
- گودرزی ک، ۱۳۸۹. بررسی اثرات گوگرد و کمپوست بر افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک و گندم. مقالات همایش منطقه ای دستاوردهای نوین در زراعت و نانو تکنولوژی، شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس. ۲۱۴ صفحه.
- لطفی ی، نوربخش ف، و ملکی ع، ۱۳۸۸. یک روش آسان و سریع جهت سنجش پتانسیل معدنی شدن نیتروژن در زمین های آهکی تیمار شده با کود گاوی. مجله پژوهش در علوم زراعی. جلد ۱، شماره ۴. صفحات ۸۳-۹۴.
- علی احيایی م، و بهبهانی زاده ع ا، ۱۳۷۸. شرح روش های تجزیه شیمیایی خاک. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۸۹۳.
- عیوضی ج، ایران نژاد ح، کیانمهر م، اسماعیلی م، و اکبری غ، ۱۳۸۹. بررسی تاثیر آزاد سازی نیتروژن از کود پلپت شده دامی و اوره بر خصوصیت کمی و کیفی گندم، مقالات همایش منطقه ای دستاوردهای نوین در زراعت و نانو تکنولوژی، شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس.
- فرهودی ر، چاءى چى م ر، مجنون حسینی ن، و ثوابقی غ ر، ۱۳۸۷. تاثیر مدیریت بقایای گیاهی گندم بر خصوصیات خاک و عملکرد محصول در سیستم کشت دوگانه، مجله علوم گیاهان زراعی ایران، جلد ۳۹، شماره ۱. صفحات ۱۱-۲۱.
- معتمد ا، ۱۳۸۵. تاثیر مقادیر مختلف گوگرد بر خواص کمی و کیفی گندم رقم پیشتان، مجله نهال و بذر، شماره ۲. صفحات ۲۷۳-۲۷۶.
- ملکوتی م ج، و همایی م، ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک های مناطق خشک، مشکلات و راه حل ها. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۴۴۱ صفحه.
- مومن ع، پازکی ع ر، و ممیزی م ر، ۱۳۹۰. بررسی اثرات گوگرد گرانوله و کمپوست بر خصوصیات گندم بم در منطقه سمنان، فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، جلد ۳، شماره ۹. صفحات ۳۵-۴۶.

میرزایی تالارپشتی ر، کامبوزیا ج، صباحی ح، و دامغانی ع، ۱۳۸۸. اثر کاربرد کودهای آلی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و تولید محصول و ماده خشک گوجه فرنگی، مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۷، شماره ۱. صفحات ۲۵۷-۲۶۷.

نجفی ن و مردمی س، ۱۳۹۲. اثر کشت آفتابگردان، کود دامی و لجن فاضلاب بر فراهمی عناصر، pH و EC در یک خاک قلیایی. مجله تحقیقات کاربردی خاک، جلد ۱، شماره ۱، صفحات ۱ تا ۲۳.

Anonymous, 1987. Approved Methods of the AACC. Method 11-46. American Association of Chemists Inc. St Paul, MN, USA.

Atieh RM, Edward CA, Sulber S, and Metzger JD, 2004. Earthworm processed organic wastes as component of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedling. *Compost Sci Utilit* 8 (30): 215-223.

Celik I, Ortas I, and Kilic M, 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of chromoxerert. *Soil Till Res* 78 (1): 59-67.

Dick WA, and McCoy EL, 1995. Enhancing soil fertility by addition of compost. p 622-644. In: Hotlink HAJ, and Keener HM, (eds.) *Science and Engineering of Composting*. Vol. 1, Wooster, Ohio.

El-Fatah MS, and Khaled SM, 2010. Influence of organic matter and different rates of sulfur and nitrogen on dry matter and mineral composition of wheat plant in new reclaimed sandy soil. *J Am Sci* 6 (11):1078-1084.

Foley BJ, and Cooper band LR, 2002. Paper mill residuals and compost effects on soil carbon and physical properties. *J Environ Qual* 31: 2086-2095.

Hervas L, Mazuelos C, Sensi N, and Saiz-Jimenez C, 1989. Chemical and physicochemical characterization of vermicompost and their humic acid fractions. *Sci. Total Environ.* 81/82:543-550.

Kaplan M, and Orman S, 1998. Effect of elemental sulfur and sulfur containing waste in calcareous soil in Turkey, *J Plant Nutr*, 21(8):1655-1665.

Kayser A, Wenger K, Keller A, Attinger W, Felix HR, Gupta SK, 2002. Enhancement of phytoextraction of Zn, Cd, and Cu from calcareous soil, the use of NTA and sulphur amendments. *Environ Sci Technol.* 34:1778-83.

Madrid F, Lopez R, and Cabera F, 2007. Metal accumulation in soil after application of municipal solid waste compost under intensive farming condition. *J Agric Ecosystem Environ* 119: 249-256.

Marinari S, Masciandaro G, Ceccanti B, and Grego S, 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technol* 72: 9-17.

Parthasarathi K, Balamurugan LM, and Ranganathan LS, 2008. Influence of vermicompost on the physicochemical and biological properties in different types of soil along with yield and quality of the pulse crop Blackgram. *Iran J Environ Health Sci Eng* 5(1): 51-58.

Pedra F, Polo A, Ribero A, and Domingues H, 2006. Effect of municipal solid waste compost and sewage sludge on mineralization of soil organic matter, *J Soil Biol Bioch* 29: 1375-1382.

Plaut Z, Butow BJ, Blumenthal CW, and Wrighey CW, 2004. Transport of dry matter in to developing wheat kernel. *Field Crop Res.* 96: 185-196.

Ridvan K, 2004. Cu and Zn accumulation in earth worm *Lumbricus terrestris* in sewage sludge amended soil and fraction of Cu and Zn casts and surrounding soil. *Science* 22:141-145.

Srikanth K, Srinivasamurthy CA and Siddamarappa VR. 2000. Direct and residual effect of enriched compost, vermicompost and fertilizers on properties of an Alfisols, *J Ind Soc Soil Sci* 48(3):496-499.

Tarabily KA, Soaud AA, Saleh ME, and Matsumoto S, 2006. Isolation and characterization of sulfur oxidizing bacteria, including strains of *Rhizobium*, from calcareous sandy soils and their effects on nutrient uptake and growth of maize (*Zea mays* L.), *Aust J Agric Res* 57(1): 101-111.

Tejada M, and Gonzalez JL, 2008. Influence of two Organic amendments on the Soil physical properties, *Geoderma* 145:325-334.

Wainwright M, 1984. Sulfur oxidation in soil. *Advanced Agron* 7:349-396.