تأثیر گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد و برخی خصوصیات کیفی کلزا

جلال قادری[1]، محمد حسین داوودی و کاظم خاوازی

استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران؛ **ghaderij@yahoo.com**

استادیار پژوهشی موسسه تحقیقات خاک وآب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران؛ **davoodi_mh@yahoo.com**

استاد پژوهش موسسه تحقیقات خاک وآب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران؛ **khavazik@yahoo.com**

دریافت: **1400/1/24** و پذیرش: **1400/7/4**

چکیده

پایین بودن قابلیت دسترسی به عناصرغذایی، یکی از مهم‌ترین عوامل بروز کمبود آن‌ها در گیاهان کشت شده در خاک-های آهکی می‌باشد. بنابراین هر گونه راهکاری برای حل این مشکل دارای اهمیت است. در این پژوهش چهار سطح کود گوگردی شامل (0)، (250 کیلوگرم گوگرد و 5 کیلوگرم تیوباسیلوس)، (500 کیلوگرم گوگرد و 10 کیلوگرم تیوباسیلوس)، (1000 کیلوگرم گوگرد و 20 کیلوگرم تیوباسیلوس)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار و در چهار مزرعه با گوگرد قابل‌جذب متفاوت در استان کرمانشاه در سال زراعی 98-1397 اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس این آزمایش نشان داد که اثر گوگرد، مکان مزرعه، و اثر برهم‌کنش آن‌ها برعملکرد دانه، درصد روغن، وزن هزار دانه و غلظت عناصرغذایی در دانه کلزا در مناطق چغانرگس و ماهیدشت، نجف آباد و قمشه در سطح احتمال یک درصد (P<0.01)، معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد دانه، درصد روغن، وزن هزاردانه و غلظت عناصرغذایی در دانه کلزا با کاربرد 1000 کیلوگرم گوگرد عنصری همراه با20 کیلوگرم باکتری تیوباسیلوس در هکتار بود. بهترین تیمار از لحاظ عملکرد دانه در چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب 647، 756، 474 و 406 کیلوگرم افزایش نشان داد. افزایش درصد روغن نسبت به تیمار شاهد در مناطق ذکرشده به‌ترتیب 1/2، 2/1، 1/4، 1/2 و 0/5 درصد بود.

واژه‌های کلیدی: غلظت عناصرغذایی، درصد روغن، وزن هزاردانه.

[1]. نویسنده مسؤل، آدرس: کرمانشاه، میدان سپاه پاسداران، بلوار جام جم، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی.

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) با داشتن بیش از 40 درصد روغن دانه و کنجاله سرشار از پروتئین و از مهم-ترین دانه های روغنی عمدهٔ در جهان است (فائو، 2007) که کیفیت روغن آن بسیار مناسب و در کشور ما نیز بیش از90 درصد روغن مصرفی کشور از خارج وارد می‌شود (بای بوردی،2010). تولید این محصول مانند بسیاری از محصولات زراعی دیگر در سطح بازدهی مطلوب در خاک های آهکی کشور، همواره با مشکلاتی نظیر بالابودن pH خاک، کم بودن درصدکربن آلی خاک و دسترسی پایین به عناصرغذائی از جمله فسفر و عناصر کم مصرف مواجه بوده است (ملکوتی و همکاران، 1387). برای رفع این مشکل و بهبود وضعیت تغذیه گیاهان در این خاک‌ها، استفاده از مواد اسیدی نظیر گوگرد عنصری همراه با باکتری تیوباسیلوس که بتواند pH خاک را حداقل در مقیاس کوچک در اطراف ریشه‌ها کاهش داده و قابلیت جذب عناصرغذایی از قبیل فسفر، آهن و روی را افزایش دهد، به عنوان یک راهکار عملی و مؤثر اشاره شده است (ملکوتی و همکاران، 1387؛ بشارتی و همکاران، 1395 ؛ کریمی زارچی و همکاران، 2014). بررسی‌ها نشان داده‌اند که اگر گوگرد عنصری در خاک مصرف شود، با فراهم بودن شرایط اکسیداسیون آن، مقادیر قابل توجهی از گوگرد مصرفی در یک فصل زراعی توسط ریزجانداران خاکزی (به‌ویژه باکتری‌های جنس تیوباسیلوس) اکسید و تولید اسید سولفوریک می‌کند که باعث کاهش pH خاک، افزایش غلظت عناصرغذایی در خاک و جذب آنها توسط گیاه و در نهایت رشد و عملکرد گیاه می‌شود (خادم و همکاران، 1394).

گوگرد پس از عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم چهارمین عنصر عمده مورد نیاز اکثر گیاهان زراعی می‌باشد. این عنصر یک جزء تشکیل‌دهنده اسیدهای آمینه سیستیین و متیونین و بخشی از پروتئین‌ها است که نقش مهمی را در ساخت کلروفیل و ویتامین‌های بیوتین و فعالیت ATP سولفوریلاز در سلول‌های گیاهی ایفا می‌کند (موتیور و همکاران، 2011). احمد و همکاران (1998) گزارش کردند که کاربرد گوگرد، عملکرد دانه ارقام مختلف کلزا از 30 الی 46 درصد افزایش داد. هم‌چنین افزایش عملکرد، درصد روغن، پروتئین و عناصرغذایی در دانه کلزا بوسیله محققان متعددی دیگری با کاربرد گوگرد گزارش شده است (جکسون ، 2000؛ مالهی و گیل، 2002؛ مالهی و همکاران، 2007). در تحقیقی توسط کندیل و گاد (2012) نتیجه‌گیری کردند که کاربرد گوگرد از منابع مختلف، باعث افزایش تعداد بوته در مترمربع، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، درصد روغن، عملکرد و غلظت عناصرغذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، منگنزو مس) در دانه کلزا شد.

به‌طوریکه عملکرد و درصد روغن با کاربرد 300 کیلوگرم گوگرد در هکتار از منابع گوگرد عنصری به‌ترتیب 31/93و 39/8، تیوسولفات آمونیم 44/68 و 53/43، سولفات آمونیم 50/19 و 61/17 درصد افزایش نسبت به شاهد داشتند. طبسی و همکاران (2017) گزارش کردند که باکاربرد 1000 کیلوگرم گوگرد در هکتار، بیش-ترین عملکرد، درصد روغن و درصد پروتئین در دانه در ازقام مختلف کلزا بدست آمد. مومن و همکاران (1390) گزارش کردند که مصرف گوگرد، موجب افزایش وزن هزار دانه، عملکرد دانه و روغن گردید و بیش‌ترین عملکرد دانه و درصد روغن کلزا با مصرف 400 کیلوگرم گوگرد همراه با 20 تن در هکتار کمپوست بود. رحیمیان (1390) گزارش کرد که با افزایش میزان گوگرد تا سطح 500 کیلوگرم درهکتار، عملکرد دانه و ماده خشک کل و درصد روغن به ترتیب 4/39، 15/38 و 1/69 درصد افزایش یافت. بناری و همکاران (1392) به این نتیجه رسیدند که افزایش گوگرد تا 400 کیلوگرم در هکتار، باعث افزایش تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و درصد روغن آفتابگردان شد. کریمی و همکاران (2012) گزارش کردند که مصرف گوگرد عنصری دارای تأثیر معنی‌داری روی pH خاک، نیتروژن

کل و مقدار فسفر و روی قابل‌استفاده در خاک دارد. هم‌چنین اشاره کردند که کمترین مقدار pH خاک، بیشترین مقدار فسفر، پتاسیم و نیتروژن کل در خاک و بیش‌ترین مقدار نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روغن در دانه کلزا با کاربرد 4500 کیلوگرم در هکتار گوگرد و 50 تن در هکتار کود کمپوست بود. گوهرگانی (1394) گزارش کرد که مصرف 800 کیلوگرم بر هکتار گوگرد توأم با تیوباسیلوس، موجب افزایش معنی‌دار آهن و روی خاک و آهن در دانه کلزا شد، اما تأثیری بر روی و منگنز دانه نداشت. هم‌چنین میرزاپور و همکاران (1396) به این نتیجه رسیدند که با کاربرد گوگرد در مزارع کلزا، علاوه بر کاهش pH و افزایش قابلیت دسترسی فسفر، روی و آهن قابل استفاده خاک، بالاترین عملکرد و اجزای آن در کلزا با 2000 کیلوگرم گوگرد درهکتار همراه با باکتری تیو باسیلوس بدست آمد و در این شرایط عدم مصرف کود فسفاته را پیشنهاد کردند.

بنابراین با توجه به آهکی بودن خاک‌های استان کرمانشاه، پایین بودن دسترسی به عناصرغذایی توسط گیاهان (فسفر و عناصر کم مصرف)، انجام تحقیقاتی در خصوص نقش گوگرد در تأمین نیازهای غذایی کلزا با توجه به سطح زیرکشت آن (3500 هزار هکتار در سال زراعی 98-1397) ضروری بود. لذا هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیر گوگرد بر عملکرد و برخی از خصوصیات کیفی کلزا در چهار منطقه از خاک‌های این استان کرمانشاه با گوگرد قابل جذب متفاوت بود.

مواد و روش ها

این تحقیق شامل چهار تیمار کودی گوگردی در سال زراعی 98-1397، در چهار منطقه چغانرگس، ایستگاه تحقیقاتی ماهیدشت، نجف‌آباد و قمشه استان کرمانشاه به‌ترتیب با مشخصات طول و عرض جغرافیایی بر حسب UTM (چغانرگس 662511-3802526، ماهیدشت، 670366-3795264، نجف آباد، 691900-3776780، قمشه، 658173-3768703)، که خاک مزارع آزمایشی از مقادیر مختلف گوگرد قابل‌جذب (7، 13، 18و 27 میلی‌گرم در کیلوگرم) برخوردار بودند، بر روی کلزای آبی رقم اوکاپی اجرا شد. این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار و با استفاده از تیمارهای زیر انجام گرفت. تیمارها شامل: 1- شاهد بدون مصرف گوگرد و باکتری تیوباسیلوس 2- 250 کیلوگرم گوگرد و 5 کیلوگرم در هکتار باکتری تیوباسیلوس 3- 500 کیلوگرم گوگرد و 10 کیلوگرم در هکتار باکتری تیوباسیلوس 4- 1000 کیلوگرم گوگرد و 20 کیلوگرم در هکتار باکتری تیوباسیلوس بود. این آزمایش در هریک از مناطق دارای 12 کرت آزمایشی بود. منبع گوگرد، گوگرد عنصری تولید پالایشگاه صنعت نفت بود. قبل از کاشت یک نمونه خاک مرکب از عمق صفر الی 30 سانتی‌متری از هر چهار مزرعه به‌طور جداگانه برای تعیین ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک تهیه که نتایج تجزیه آن‌ها در جدول یک نشان داده شده است. در نمونه‌های خاک، بافت به روش هیدرومتری (بویکوس، 1962)، کربن آلی خاک به روش والکلی و بلک (1934)، pH گل اشباع به‌وسیله الکترود شیشه‌ای (مکلین، 1982)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع با دستگاه هدایت سنج (بلاک و همکاران، 1965)، فسفر قابل‌جذب با روش اولسن (1954)، آهن و روی قابل‌استفاده با عصاره گیر DTPA (لیندسی و نورول، 1978) و با دستگاه جذب اتمی و گوگرد با روش منوکلسیم فسفات (فکس و همکاران، 1965) اندازه‌گیری شد.

گوگرد به‌صورت پودری بر اساس تیمارهای کودی همراه با باکتری تیوباسیلوس قبل از کاشت کاملاً با خاک مخلوط شد. در این آزمایش به ازای هر 100 کیلوگرم کود گوگرد مصرفی، 2 کیلوگرم باکتری تیو-باسیلوس از گونه *T. neapolitanous* با حامل پرلیت تهیه شده، توسط بخش تحقیقات بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب استفاده شد. متوسط جمعیت باکتری در هرگرم مایه تلقیح 10^7 بود.

جدول 1- میانگین نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

مکان	pH *	**هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	کربنات کلسیم کل	نیتروژن کل	کربن آلی	فسفر	گوگرد	آهن	روی	بافت خاک
			درصد			میلی گرم در کیلوگرم				
چغانرگس	7/8	0/56	16	0/11	1/17	13	7	6/30	0/8	رسی سیلتی
ماهیدشت	7/9	0/6	25	0/11	1/14	9/6	13	7/30	0/7	لوم رسی سیلتی
نجف‌آباد	7/8	0/85	30	0/1	1/06	11	18	7/7	0/92	لوم رسی سیلتی
قمشه	7/9	1	35	0/09	0/97	15	27	7/50	0/95	رسی سیلتی

*گل اشباع (saturated paste) **عصاره گل اشباع (saturated paste extract).

حد بحرانی گوگرد قابل استفاده خاک، برای گندم، ذرت و کلزا به‌ترتیب 12، 15و20/7 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک گزارش شده است (خادمی و همکاران، 1390). کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنه و فسفاته بر اساس تجزیه خاک و کود حیوانی پوسیده شده به مقدار 5 تن در هکتار به‌طور یکنواخت در تمام تیمارها و 20 روز قبل از کاشت مصرف شدند. هر کرت آزمایشی به مساحت 16 مترمربع شامل 20 خط کاشت به طول 4 متر، که فاصله ردیف ها و بذور به ترتیب 20 و 5 سانتی‌متر بود. تاریخ کاشت از 97/6/28 الی97/6/30 و رقم استفاده شده اوکاپی بود. کشت با دستگاه کارنده وینتراشتایگر و مقدار بذر مصرفی 8 کیلوگرم در هکتار بود. آبیاری در هر چهار مزرعه با استفاده از سیستم آبیاری بارانی (کلاسیک ثابت) بود. سایر عملیات زراعی مانند تنک کردن بر اساس نیاز انجام شد. برای مبارزه با علف‌های هرز باریک برگ در پاییز از سم سوپرگالانت به مقدار یک لیتر در هکتار و در اوایل بهار برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ از سم لونترال به مقدار یک لیتر در هکتار استفاده شد. در زمان رسیدگی کامل به‌منظور تعیین عملکرد دانه پس از حذف اثر حاشیه، 9 مترمربع برداشت شد. پس از برداشت محصول و محاسبه عملکرد، نمونه‌های دانه کلزا از تیمار-های آزمایشی، برای اندازه‌گیری عناصرغذایی آماده شد که پس از شتشو با آب مقطر و با آون در دمای 70 درجه سانتی‌گراد خشک و توسط آسیاب برقی پودر شدند. سپس مقدار 0/5 گرم از نمونه آسیاب شده به‌روش هضم مرطوب روی اجاق الکتریکی در دمای 200 الی 300 درجه سانتی‌گراد قرار داده و نیتروزن‌کل به‌روش کجلدال (بورش و همکاران، 1982)، فسفر به روش طیف سنجی و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 470 نانومتر، گوگرد به‌روش کدورت سنجی و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 420 نانومتر، آهن و روی به‌روش خاکسترکردن خشک و با دستگاه جذب اتمی (رایان و همکاران، 2007) قرائت شدند. درصد روغن با دستگاه سوکسله (بای‌بوردی و ملکوتی، 1382) اندازه‌گیری شد. برای انجام تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار آماری MSTAT-Cاستفاده شد. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

بررسی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که کاربرد مقادیر مختلف گوگرد همراه با باکتری‌های تیوباسیلوس در خاک، سبب ایجاد تغییرات معنی‌داری در پارامترهای اندازه‌گیری شده در عملکرد کمی و کیفی کلزا نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف گوگرد) شده است. هم‌چنین با افزایش سطوح گوگرد مصرفی همراه با باکتری تیوباسیلوس، روند صعودی غلظت فسفر، گوگرد، آهن و روی قابل‌جذب و درصد روغن نیز در دانه کلزا در مناطق مورد آزمایش مشاهده شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب تأثیر عوامل آزمایش و اثرهای برهم‌کنش آن‌ها بر خصوصیات کمی وکیفی کلزا در جدول 2 نشان داده شده است.

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس مرکب تأثیر مقادیر مختلف گوگرد در مکان‌های مختلف بر عملکرد، درصد روغن و غلظت عناصر غذایی در دانه کلزا

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		عملکرد دانه	درصد روغن	وزن هزار دانه	نیتروژن	فسفر	گوگرد	آهن	روی	درصد پروتئین
مکان	3	330196/132**	1/019**	0/788**	0/065*	0/065**	0/009*	179/710**	35/571*	1/ 823*
خطای مکان	8	7865/917	0/074	0/010	0/009	0/001	0/001	5/992	6/542	0/245
گوگرد	3	658700/910**	3/936**	0/483**	0/119**	0/007**	0/007**	14/416**	18/381**	3/35**
اثر متقابل گوگرد و مکان	9	11899/428**	0/254**	0/048**	0/005**	0/001*	0/001*	0/427*	1/688**	0/167**
خطای کل	24	1619/631	0/028	0/006	0/002	0/001	0/001	0/132	0/400	0/051
ضریب تغییرات		1	0/91	2/03	1/25	3	4/66	0/62	2/35	1/25

**معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

* معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد.

ns: عدم وجود اختلاف معنی دار

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین مرکب این پژوهش نشان داد که بین تأثیر تیمارهای مختلف گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس و مکان‌های مختلف به طور جداگانه و اثر برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد دانه کلزا ، اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد ($P<0.01$) وجود داشت (جدول 2). بیشترین مقدار افزایش آن با کاربرد 1000 کیلوگرم گوگرد همراه با 20 کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس و در ماهیدشت بود (جدول 3). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که عملکرد دانه کلزا در منطقه چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه به‌ترتیب نسبت به تیمار شاهد 647، 756، 474 و 406 کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. هم‌چنین کم‌ترین و بیش‌ترین عملکرد دانه به‌ترتیب در ماهیدشت (4960 کیلوگرم درهکتار) و قمشه (4316 کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول 4 و 5).

در نجف آباد و قمشه بین تأثیر تیمارهای گوگردی 250، 500 و 1000 کیلوگرم در هکتار بر عملکرد دانه کلزا اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و در یک گروه آماری قرار گرفتند که این در نتیجه بالابودن مقدار گوگرد قابل‌جذب اولیه و مقدار آهک موجود در خاک در مناطق مورد آزمایش است (جدول 1). تأثیر مثبت گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد دانه را علاوه بر نقش مستقیم گوگرد در تغذیه گیاه، می‌توان به تأثیر آن‌ها در کاهش موضعی pH خاک در اطراف ریشه‌های گیاه نیز نسبت داد که به حلالیت عناصر تثبیت شده در خاک‌های آهکی و در نهایت به افزایش جذب عناصر توسط گیاه کمک می‌کند و افزایش عملکرد را می‌توان به بهبود جذب عناصرغذایی نسبت داد (رحیمیان، 1390؛ بشارتی و همکاران، 1395). در پژوهش حاضر به‌نظر می‌رسد همین عامل سبب افزایش غلظت عناصرغذایی، درصد پروتئین، درصد روغن، سوخت و ساز مواد فتوسنتزی، وزن هزاردانه و نهایتاً افزایش عملکرد دانه کلزا شده است. وقتی خاکی کمبود گوگرد داشته و به آن توجه نشود، گیاهان به حداکثر تولید نخواهند رسید، حتی اگر بقیه عناصرغذایی به حد کافی در خاک وجود داشته باشد (ملکوتی و همکاران، 1387). بوم و همکاران (2007) گزارش کردند که کاربرد گوگرد همراه با تلقیح بذر با باکتری تیوباسیلوس، باعث ایجاد شرایط مناسب رشد، استقرار سریع‌تر گیاهچه و بهره مندی بیشتر از منابع محیطی توسط گیاه شد. چنین وضعیتی باعث گردید که گیاه شرایط مناسب‌تری را در جهت پرکردن دانه‌ها داشته باشد و عملکرد دانه افزایش یابد. نتیجه این تحقیق با نتایج بابایی و همکاران (1391) مطابقت داشت که کاربرد 1000 کیلوگرم گوگرد در هکتار برای افزایش درصد روغن و عملکرد سویا مناسب می‌باشد و تأثیر سطوح گوگرد بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مشابهی مبنی بر تأثیر مثبت گوگرد و تیوباسیلوس در افزایش عملکرد نیز توسط شرفی و همکاران (1389) در گیاه کلزا، صفاری و همکاران (1390) و قبادی و همکاران (1392) در گیاه سیب زمینی گزارش شده است.

وزن هزار دانه

نتایج مقایسه میانگین مرکب این پژوهش نشان داد که بین تأثیر تیمارهای مختلف گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس و مکان‌های مختلف به‌طور جداگانه و اثر برهم‌کنش آن‌ها بر وزن هزار دانه کلزا، اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد ($P<0.01$)، وجود داشت (جدول 2). بیشترین مقدار افزایش آن با کاربرد 1000 کیلوگرم گوگرد همراه با 20 کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس بود کمترین افزایش وزن هزار دانه در چغانرگس و قمشه و بیشترین آن در ماهیدشت و نجف آباد بود (جدول 3). نتایج نشان داد با افزایش سطوح گوگرد مصرفی، وزن هزار دانه در هر چهار منطقه افزوده شد که اختلاف آن در چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب 0/8، 0/6، 0/43و 0/11 گرم بود (جدول 4 و 5). بیش‌ترین افزایش وزن هزاردانه در مناطقی بود که مقدار گوگرد قابل‌جذب آن‌ها پایین بود، و به کاربرد گوگرد عکس العمل مثبت‌تری نشان دادند. وزن هزاردانه از

مهم‌ترین صفات برای افزایش عملکرد دانه در کلزا می‌باشد. همبستگی عملکرد دانه با وزن هزاردانه، نشان‌دهندهٔ نقش وزن هزاردانه بر عملکرد دانه است. افزایش گوگرد، باعث افزایش طول مدت پرشدن دانه، افزایش غلظت ساکارز و در نهایت وزن هزار دانه می‌شود (رحیمیان، 1391). در این آزمایش مشخص شد که کاربرد گوگرد، سبب افزایش غلظت عناصرغذایی مانند روی شد که این عنصر، باعث افزایش تولید تنظیم کننده‌های رشد مثل ایندول استیک اسید، کربوهیدرات‌ها، متابولیسم نیتروژن و در نتیجه سبب افزایش عملکرد و اجزای آن می‌شود. هم‌چنین فراهم بودن عناصر کم مصرف و پرمصرف در مراحل بعدی رشد که سبب افزایش تجمع آسیمیلات در دانه و سنگین‌تر شدن آن می‌شود (ابراهیمیان، 2010). نتایج مشابهی نیز توسط چقازردی و همکاران (1392) و نخ زری مقدم و همکاران (1394) گزارش شده است.

درصد روغن دانه

نتایج مقایسه میانگین مرکب این پژوهش نشان داد که بین تأثیر تیمارهای مختلف گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس و مکان‌های مختلف به طور جداگانه و اثر برهم‌کنش آن‌ها بر درصد روغن دانه کلزا، اختلاف معنی-داری در سطح یک درصد ($P<0.01$) وجود داشت (جدول 2). بیشترین مقدار افزایش آن با کاربرد 1000 کیلوگرم گوگرد همراه با 20 کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس و در ماهیدشت بود (جدول 3). نتایج نشان داد با افزایش سطوح گوگرد مصرفی، درصد روغن دانه در هر چهار منطقه افزوده شد که اختلاف آن در چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب 2/1، 1/4، 1/3 و 0/5 درصد بود. کم‌ترین درصد روغن به‌ترتیب در چغانرگس و قمشه و بیش‌ترین مقدار آن در ماهیدشت و نجف آباد بود (جدول 4 و 5). افزایش درصد روغن با کاربرد مقادیر مختلف گوگرد در مناطقی که گوگرد قابل جذب اولیه آن‌ها پایین بود، بیش‌تر بود که حاکی از نیاز گیاه و تأثیر مثبت کاربرد گوگرد بود. در این آزمایش مشخص شد هرچه مقدار گوگرد قابل جذب اولیه خاک افزایش یافت، نقش گوگرد مصرفی بر درصد روغن کم‌تر بود. گوگرد باعث افزایش اسیدهای چرب در گیاه و در نتیجه درصد روغن می‌شود. حضور باکتری تیوباسیلوس نیز برای جذب بهتر گوگرد و افزایش درصد روغن لازم است.گوگرد به شکل گروه تیول در ساختارکوآنزیم A شرکت می‌کند که این کوآنزیم در تشکیل استیل کوآنزیم A به‌عنوان شروع کنندهٔ مسیر بیوسنتزی اسیدهای چرب اهمیت ویژه‌ای دارد (سالوا و همکاران، 2010). کمبود گوگرد ممکن است سبب کاهش فعالیت آنزیم استیل کوآنزیم A کربوکسیلاز، تولید مادهٔ اولیهٔ بیوسنتز اسید چرب و مسیر بیوسنتزی آن و در نتیجه سبب کاهش درصد روغن می‌شود (الطافت و همکاران، 2000). راوی و همکاران (2010) گزارش کردند که گوگرد در تشکیل گلوکوزیدها و گلیکوزینولات ها و فعال سازی آنزیم‌ها دخیل است و به این ترتیب باعث افزایش درصد روغن می‌شود. تأثیر مثبت گوگرد بر درصد روغن توسط رحیمیان (1390) در گیاه کلزا، صفاری و همکاران (1390) در گیاه گلرنگ و نخ زری مقدم و همکاران (1394) در آفتابگردان نیز گزارش شده است.

درصد پروتئین دانه

نتایج مقایسه میانگین مرکب این پژوهش نشان داد که بین تأثیر تیمارهای مختلف گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس و مکان‌های مختلف به طور جداگانه و اثر برهم‌کنش آن‌ها بر درصد پروتئین دانه کلزا، اختلاف معنی-داری در سطح یک درصد ($P<0.01$) وجود داشت (جدول 2). نتایج نشان داد که بیشترین مقدار افزایش آن با کاربرد 1000 کیلوگرم گوگرد همراه با 20 کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس بود. با افزایش سطوح گوگرد مصرفی، درصد پروتئین در هر چهار منطقه افزوده شد که اختلاف آن در چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب 1/2، 1/43، 1/47 و 0/7 درصد بدست آمد (جدول 3، 4 و 5). کم‌ترین درصد پروتئین در قمشه (17/67 درصد) و بیشترین آن در نجف آباد (18/52 درصد) با کاربرد 1000 کیلوگرم در هکتار گوگرد مشاهده

شد (جدول 5). افزایش درصد پروتئین، ناشی از مشارکت گوگرد در ساختمان اسید آمینه‌های مانند سیستیین و متیونین می‌باشد که باعث افزایش درصد پروتئین می‌شوند (ملکوتی و همکاران، 1387). کمبود اسید آمینه‌های گوگرد دار مهم‌ترین عامل محدودکننده ارزش بیولوژیکی پروتئین می‌باشد. کاهش میزان پروتئین گیاهان مبتلا به کمبود گوگرد، با ساختن ترجیحی پروتئین‌هایی همبستگی دارد که میزان اسید آمینه‌های میتونین و سیستئین در آن‌ها کم‌تر و میزان دیگر اسیدهای آمینه آن‌ها، مانند آرجینین و اسید آسپارتیک، بیش‌تر است. کم‌تر بودن میزان گوگرد در پروتئین‌ها، بر کیفیت غذایی آن‌ها اثر قابل ملاحظه می‌گذارد. اسید آمینه سیستئین اولین ترکیب ارگانیک است که در تولید متابولیت‌های اولیه (پروتئین‌ها، گلوتاتیون‌ها) نقش کلیدی دارد. گلوتاتیون‌ها برای فعالیت مکانیسم‌های دفاعی سلول و مقابله با استرس‌های زنده و غیرزنده بسیار ضروری می‌باشند (پدلر و همکاران، 2000).

فسفر دانه

نتایج مقایسه میانگین مرکب این پژوهش نشان داد که بین تأثیر تیمارهای مختلف گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس و مکان‌های مختلف به‌طور جداگانه و اثر برهم‌کنش آن‌ها بر غلظت فسفر دانه کلزا، اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد ($P<0.01$) وجود داشت (جدول 2). بیشترین مقدار افزایش آن با کاربرد 1000 کیلوگرم گوگرد همراه با 20 کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس بود (جدول 6).

جدول 3- مقایسه میانگین اثر اصلی مقادیر مختلف گوگرد عنصری در مکان‌های مختلف بر برخی از خصوصیات کمی و کیفی کلزا

گوگرد (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	روغن (درصد)	پروتئین (درصد)
0	4003^{d}	3/69^{d}	40/53^{d}	17/44^{d}
250	4277^{c}	3/92^{c}	40/95^{c}	17/86^{c}
500	4423^{b}	4/01^{b}	41/53^{b}	18/29^{b}
1000	4547^{a}	4/17^{a}	41/87^{a}	18/66^{a}

. * حروف مشابه در هر ستون بین تیمارهای کودی نشانه عدم اختلاف معنی‌دار در سطح 1 در صد.

جدول 4- مقایسه میانگین اثر اصلی مکان در کاربرد مقادیر گوگرد مختلف بر برخی از خصوصیات کمی و کیفی کلزا

مکان	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	روغن (درصد)	پروتئین (درصد)
چغانرگس	4205^{c}	3/69^{b}	41/16^{ab}	17/82^{ab}
ماهیدشت	4540^{a}	4/12^{a}	41/47^{a}	18/25^{ab}
نجف آباد	4329^{b}	4/21^{a}	41/31^{a}	18/52^{a}
قمشه	4176^{c}	3/77^{b}	40/79^{b}	17/67^{b}

* حروف مشابه در هر ستون بین تیمارهای کودی نشانه عدم اختلاف معنی‌دار در سطح 1 در صد

جدول 5- نتایج تجزیه مرکب مقایسه میانگین تأثیر مقادیر مختلف گوگرد در مکان‌های مختلف بر عملکرد و برخی خصوصیات کیفی کلزا

مکان	گوگرد (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	روغن (درصد)	پروتئین (درصد)
	0	3850 ^{h}	3/3^{g}	40/2^{i}	17/1^{i}
چغا نرگس	250	4134^{fg}	3/6^{f}	40/7^{fh}	17/6^{fi}
	500	4340^{d}	3/7^{f}	41/4^{cd}	18/3^{bc}
	1000	4497^{c}	4/1^{bd}	42/3^{a}	18/3^{bd}
	0	4200^{ef}	3/8^{ef}	40/8^{fh}	17/67^{eh}
ماهیدشت	250	4470^{c}	4/07^{cd}	41/3^{ce}	18/07^{cg}
	500	4638^{b}	4/23^{ac}	41/6^{bc}	18/2^{cf}
	1000	4956^{a}	4/40^{a}	42/2^{a}	19/1^{a}
	0	4050^{g}	3/97de	40/7^{gh}	17/73^{dh}
نجف آباد	250	4290de	4/20^{bc}	41/1^{df}	18/23^{ce}
	500	4454^{c}	4/27^{ab}	41/47^{cd}	18/80^{ab}
	1000	4524^{c}	4/40^{a}	42^{ab}	19/30^{a}
	0	3910^{h}	3/71^{f}	40/5^{hi}	17/3^{hi}
قمشه	250	4216^{ef}	3/77^{f}	40/7^{fh}	17/5gi
	500	4260de	3/80^{ef}	41^{efg}	17/9^{ch}
	1000	4316^{d}	3/8^{ef}	41^{efg}	18^{cg}

* حروف مشابه در هر ستون نشانه عدم اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد.

** برای گروه بندی های که شامل تعداد زیادی حروف می باشد، در جدول به صورت خلاصه روی اعداد ذکر شده است مثلاً abcde به صورت ae.

نتایج تجزیه مرکب نشان داد با افزایش سطوح گوگرد مصرفی، غلظت فسفر در دانه در هر چهار منطقه افزوده شد که اختلاف آن در چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب 0/07، 0/08، 0/05 و 0/03درصد بود. کم‌ترین غلظت فسفر به ترتیب در قمشه و نجف آباد و بیش‌ترین مقدار آن در ماهیدشت و چغانرگس مشاهده شد (جدول 7 و 8). کاربرد گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس در خاک، باعث تشدید اکسیداسیون گوگرد شده و با کاهش موضعی pH خاک در اطراف ریشه‌های گیاه به افزایش حلالیت عناصرغذایی تثبیت شده و در نهایت به جذب عناصرغذایی کمک می‌کند (بشارتی و همکاران، 1395). فسفر جزئی از ترکیب ساختمانی مولکول‌های(های) مهم از جمله اسید-های نوکلئیک، فسفولیپیدها و ATP می‌باشد و در کنترل واکنش‌های آنزیمی و تنظیم مسیرهای متابولیکی شرکت می‌نماید، در نتیجه گیاهان بدون آن نمی‌توانند به رشد خود ادامه دهند. هم‌چنین کمبود فسفر، موجب کاهش فتوسنتز به‌دلیل کاهش بازیافت ریبولوز بیس فسفات و ATP می‌شود (جاکوب و لاولور، 1992).

در این پژوهش نیز به نظر می‌رسد، همین عامل یکی از عواملی است که سبب افزایش غلظت فسفر در دانه کلزا شده است در این پژوهش، میزان فسفر قابل-جذب خاک‌های مورد آزمایش کم‌تر از حد بحرانی فسفر برای کلزا بود. لذا انتظار می‌رفت که مصرف گوگرد در مقایسه با شاهد با کاهش موضعی pH خاک و افزایش حلالیت ترکیبات حاوی فسفر موجود در خاک، سبب افزایش غلظت فسفر در دانه کلزا در مناطق مختلف مورد آزمایش شده و در نتیجه عملکرد دانه کلزا افزایش یافت. لذا بخشی از پاسخ گیاه به تیمارهای مختلف گوگرد به پایین بودن فسفر خاک بر می‌گردد. در تأیید این موضوع، در پژوهشی در یک خاک لوم شنی که مقدار فسفات و سولفات قابل‌جذب آن کم‌تر از حد بحرانی برای ذرت بود،

قبل از کشت گیاه، در چهار تیمار منابع مختلف گوگرد به خاک اضافه شد و موجب افزایش عملکرد ذرت گردید. بدیهی است که اکسایش گوگرد ضمن تأمین سولفات مورد نیاز گیاه، با انحلال و آزاد کردن فسفر موجود در آن، باعث افزایش فسفات قابل جذب در ذرت شد (برومفلذ و همکاران، 1981). نتایجی مشابهی توسط جسکون (2000)، مالهی و همکاران (2007) و کندیل و گاد (2012) و مصطفوی راد و همکاران (1390)، گزارش شده است که کاربرد گوگرد، فراهمی، غلظت و جذب عناصر پرمصرف و کم مصرف را در دانه کلزا افزایش می‌دهد.

گوگرد دانه

نتایج مقایسه میانگین مرکب این پژوهش نشان داد که بین تأثیر تیمارهای مختلف گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس و مکان‌های مختلف به‌طور جداگانه بر غلظت گوگرد دانه کلزا، اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد ($P<0.01$) وجود داشت (جدول 2). بیشترین مقدار افزایش آن با کاربرد 1000 کیلوگرم گوگرد همراه با 20 کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس بود (جدول 6). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش سطوح گوگرد مصرفی، غلظت گوگرد در دانه در هر چهار منطقه افزوده شد که اختلاف آن در چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب 0/06، 0/06، 0/05، و 0/05 درصد بود. کم‌ترین و بیش‌ترین غلظت گوگرد در دانه به‌ترتیب در قمشه (0/36 درصد) و ماهیدشت (0/42 درصد) مشاهده شد (جدول 7و 8). به نظر می‌رسد که کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس توانسته است، از طریق کاهش pH خاک اطراف ریشه به حلالیت عناصرغذایی در خاک آهکی افزوده و به افزایش رشد و نمو گیاه کمک نماید. گوگرد، جزو ساختمان اسیدهای آمینه سیستئین و متیونین و در نتیجه جزو ساختمان پروتئین‌هاست. هر دوی این اسیدهای آمینه، برای ساخت دیگر ترکیبات دارای گوگرد، مانند کوآنزیم‌ها و فرآورده‌های ثانوی گیاهان لازم هستند (ملکوتی و همکاران، 1387). افزایش غلظت گوگرد در دانه، باعث افزایش مقدار اسید آمینه‌های مانند سیستیین و متیونین می‌شود که در تشکیل پروتئین نقش اساسی دارند. نتایجی مشابهی توسط مصطفوی راد و همکاران (1390)، جسکون (2000)، مالهی و همکاران (2007) و کندیل و گاد (2012) گزارش شده است.

آهن دانه

نتایج مقایسه میانگین مرکب این پژوهش نشان داد که بین اثر اصلی تیمارهای مختلف گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس و مکان‌های مختلف به طور جداگانه در سطح یک درصد ($P<0.01$) و اثر برهم‌کنش آن‌ها بر غلظت آهن دانه کلزا، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ($P<0.05$)، وجود داشت (جدول 2). بیشترین مقدار افزایش مقدار آهن در دانه کلزا با کاربرد 1000 کیلوگرم گوگرد همراه با 20 کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس بود (جدول 6). کم‌ترین غلظت آهن در دانه در قمشه و نجف آباد و بیش‌ترین غلظت آن در ماهیدشت مشاهده شد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش سطوح گوگرد مصرفی، غلظت آهن در دانه در هر چهار منطقه افزوده شد که اختلاف آن در چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب 3/8، 2/5، 2/1 و 1/9 میلی‌گرم در کیلوگرم دانه بود (جدول 7 و 8).

در این پژوهش، میزان آهن قابل‌جذب خاک‌های مورد آزمایش کم‌تر از حد بحرانی آهن برای کلزا بود. لذا انتظار می‌رفت که مصرف گوگرد در مقایسه با شاهد با تولید اسید سولفوریک و کاهش موضعی pH خاک سبب افزایش غلظت آهن در دانه کلزا در مناطق مختلف مورد آزمایش شده و در نتیجه عملکرد دانه کلزا افزایش یافت. لذا بخشی از پاسخ گیاه به تیمارهای مختلف گوگرد به پایین بودن آهن قابل‌استفاده خاک بر می‌گردد. آهن یکی از عناصر ضروری کم مصرف برای رشد گیاهان است. با اینکه مقدار کل این عنصر در خاک زیاد است، لیکن برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک‌ها از جمله pH قلیایی، کمبود مواد آلی، مصرف بیش از اندازه کودهای فسفردار، تغذیه آهن گیاهان را تحت تأثیر قرار داده و

فراهمی آن را کاهش می‌دهد. آهن یکی از اجزای آنزیم-های اکسیدازی نظیر کاتالاز و پراکسیدازها است که در شرایط کمبود آهن، فعالیت هر دو گونهٔ آنزیم کاهش می‌یابد (ملکوتی و همکاران، 1387). نتیجه این آزمایش نشان داد که مصرف گوگرد با باکتری تیوباسیلوس تأثیر مثبتی بر میزان جذب عناصر غذایی کم‌مصرف از جمله آهن از خاک و ذخیره آن در دانه داشته است که با نتایج امانی و همکاران (1386) بر روی سویا و گوهرگانی (1394) در گیاه کلزا هماهنگی دارد.

روی دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد بین اثر اصلی گوگرد و برهم‌کنش گوگرد و مکان آزمایشی بر غلظت روی در دانه کلزا، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P<0.01$)، و اثر مکان آزمایشی بر غلظت روی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ($P<0.05$)، وجود داشت (جدول 2). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار افزایش مقدار آهن در دانه کلزا با کاربرد 1000 کیلوگرم گوگرد همراه با 20 کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس بود (جدول 6). با افزایش سطوح گوگرد مصرفی، غلظت روی در دانه در هر چهار منطقه افزوده شد که اختلاف آن در چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه نسبت به تیمار شاهد به-ترتیب 5/2، 3/2، 2/6 و1/4 میلی‌گرم در کیلوگرم دانه بود. کم‌ترین غلظت روی در دانه کلزا در قمشه و بیش‌ترین غلظت آن در چغانرگس مشاهده شد (جدول 7 و 8). کاربرد گوگرد و اکسیداسیون آن، باعث کاهش موضعی pH خاک شده و در نتیجه سبب افزایش غلظت روی در دانه کلزا در مناطق مختلف مورد آزمایش شد و در مناطقی که غلظت گوگرد قابل‌جذب خاک آن‌ها مانند چغانرگس و ماهیدشت کم بود، بیش‌تر افزایش یافت. عنصر روی به عنوان کوفاکتور آنزیم‌هایی همچون کربنیک آنهیدراز، دهیدروژنازها، آلدولازها، کربوکسی پپتیداز، سوپراکسید دیسموتاز،RNA پلیمراز، ریبولوزبیس فسفات کربوکسیلاز و فسفولیپازها عمل می‌کند. هم‌چنین این عنصر برای سنتز تریپتوفان، پیش مادهٔ سنتز ملاتونین، اسید نیکوتنیک و اکسین، ضروری است (پدلر و همکاران، 2000). نتایجی مشابهی توسط جسکون (2000)، مالهی و همکاران (2007) و کندیل و گاد (2012)، مصطفوی راد و همکاران (1390) و گوهرگانی (1394) گزارش شده است.

جدول 6- مقایسه میانگین اثر اصلی مقادیر مختلف گوگرد عنصری در مکان‌های مختلف بر برخی از خصوصیات کمی و کیفی کلزا

گوگرد (کیلوگرم در هکتار)	نیتروژن	فسفر	گوگرد	آهن	روی
	درصد		میلی‌گرم در کیلوگرم		
0	3/29^{d}	0/42 ^{c}	0/35 ^{c}	57/29^{d}	25/39 ^{c}
250	3/37^{c}	0/44 ^{b}	0/39 ^{b}	58/39^{c}	26/61^{b}
500	3/45^{b}	0/47 ^{a}	0/40^{ab}	59/13^{b}	27/55^{a}
1000	3/52^{a}	0/47 ^{b}	0/41 ^{a}	59/86^{a}	28/25

***** حروف مشابه در هر ستون بین تیمارهای کودی نشانه عدم اختلاف معنی‌دار در سطح 1 در صد.

جدول 7-مقایسه میانگین اثر اصلی مکان در کاربرد مقادیر گوگرد مختلف بر غلظت عناصر غذایی در دانه کلزا

مکان	نیتروژن	فسفر	گوگرد	آهن	روی
	درصد		میلی‌گرم در کیلوگرم		
چغانرگس	3/36^{ab}	0/50 ^{a}	0/40^{ab}	61/16^{a}	29/29 ^{a}
ماهیدشت	3/44^{ab}	0/52 ^{a}	0/42 ^{a}	62/42^{a}	27/03^{ab}
نجف آباد	3/49^{a}	0/39 ^{b}	0/38^{ab}	57/17^{b}	26/23^{ab}
قمشه	3/33^{b}	0/38 ^{b}	0/36 ^{b}	53/93^{b}	25/25^{b}

***** حروف مشابه در هر ستون بین تیمارهای کودی نشانه عدم اختلاف معنی‌دار در سطح 1 در صد

جدول 8- نتایج تجزیه مرکب مقایسه میانگین تأثیر مقادیر مختلف گوگرد در مکان‌های مختلف بر غلظت عناصر غذایی دانه کلزا

مکان	گوگرد (کیلوگرم در هکتار)	نیتروژن	فسفر	گوگرد	آهن	روی
		درصد			میلی گرم در کیلوگرم	
چغانرگس	0	3/22^{h}	0/46^{d}	0/36^{eh}	59^{e}	26/3^{df}
	250	3/32^{eh}	0/49^{cd}	0/41^{ad}	61^{d}	28/7^{b}
	500	3/46^{bc}	0/53^{ab}	0/41^{ad}	61/8^{cd}	30/7^{a}
	1000	3/45^{bc}	0/52^{ab}	0/42^{ac}	62/8^{ab}	31/5a
ماهیدشت	0	3/3^{dg}	0/48^{cd}	0/38^{cg}	61/2^{d}	25/9^{dg}
	250	3/4^{cf}	0/50^{bc}	0/43^{ab}	62/2^{bc}	26/8^{ce}
	500	3/4^{be}	0/56^{a}	0/43^{ab}	62/8^{ab}	27/2^{bd}
	1000	3/6^{a}	0/54^{a}	0/44^{a}	63/5^{a}	28/2^{bc}
نجف آباد	0	2/35^{cg}	0/37^{fg}	0/35^{fh}	56^{h}	24/8^{fg}
	250	3/45^{bd}	0/39^{eg}	0/37^{dh}	56/9^{g}	25/9^{dg}
	500	3/54^{ab}	0/4^{ef}	0/39^{bf}	57/7^{fg}	26/7^{ce}
	1000	3/64^{a}	0/42^{e}	0/40^{ae}	58/1^{f}	27/4^{bd}
قمشه	0	3/26^{gh}	0/36^{g}	0/33^{h}	53^{k}	24/5^{g}
	250	3/31^{fh}	0/37^{fg}	0/35^{gh}	53/5^{jk}	25/03^{fg}
	500	3/37^{cg}	0/39^{eg}	0/37^{dh}	54/3^{ij}	25/6^{eg}
	1000	3/39^{cf}	0/39^{eg}	0/38^{cg}	54/9^{i}	25/9^{dg}

* حروف مشابه در هر ستون در نیتروژن، روی و پروتئین در بین تیمارهای کودی نشانه عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و در فسفر و آهن در سطح احتمال پنج درصد.

** برای گروه بندی های که شامل تعداد زیادی حروف می‌باشد، در جدول به صورت خلاصه روی اعداد ذکر شده است مثلاً abcde به صورت ae.

به‌طورکلی نتایج این تحقیق در مناطق مختلف نشان داد عملکرد، درصد روغن، درصد پروتئین، غلظت عناصرغذایی نیتروژن، فسفر، آهن و روی در دانه کلزا با مصرف گوگرد و باکتری تیوباسیلوس افزایش یافت که این ناشی از کاهش pH خاک در نتیجه اکسیداسیون گوگرد عنصری توسط باکتری های تیوباسیلوس و تولید اسیدسولفوریک و افزایش حلالیت عناصرغذایی در خاک است. در این پژوهش مشاهده شد تیمار 1000 کیلوگرم در هکتار گوگرد همراه با 20 کیلوگرم باکتری تیوباسیلوس، بیش‌ترین تأثیر را بر عملکرد و میزان عناصرغذایی قابل‌جذب بوسیله کلزا در مکان‌های آزمایشی داشت که با نتایج بابایی و همکاران (1391) و بشارتی و همکاران (1395) نیز مطابقت داشت که به این نتیجه رسیدند که کاربرد 1000 کیلوگرم گوگرد برای افزایش درصد روغن و عملکرد در گیاهان کلزا و ذرت مناسب می‌باشد. نتایجی مشابهی همچنین توسط موتیور و همکاران (2011) گزارش شده است که با مصرف 5 تن گوگرد در هکتار، بیش‌ترین عملکرد ذرت دانه‌ای و مقدار جذب عناصرغذایی مانند نیتروژن، فسفر، گوگرد، آهن و روی بدست آمد. آن‌ها اشاره کردند که یک همبستگی مثبت میان عملکرد و مقدار جذب عناصرغذایی وجود دارد. سلیم‌پور و همکاران (2010) گزارش کردند که عملکرد دانه کلزا با کاربرد گوگرد و سنگ فسفات در مقایسه با تیمار شاهد 22/2 درصد افزایش یافت. همچنین بالوئی و همکاران (2009) اظهار داشتند که کاربرد 150 الی 300 کیلوگرم درهکتار گوگرد، باعث افزایش

معنی‌داری در عملکرد دانه، قسمت‌های هوایی و شاخص برداشت در سویا شد. در این آزمایش کمترین افزایش عملکرد دانه کلزا و سایرخصوصیات کیفی آن در منطقه قمشه، که خاک آن از مقدار گوگرد قابل‌جذب و درصد آهک بیش‌تری برخوردار بود، مشاهده شد. مقدار گوگرد قابل‌جذب و درصد آهک آن به‌ترتیب 27 میلی‌گرم در کیلوگرم و 35 درصد بود. همچنین تفاوت معنی‌داری بین کاربرد تیمارهای 250، 500 و 1000 کیلوگرم گوگرد عنصری در هکتار و باکتری تیوباسیلوس روی عملکرد و غلظت عناصرغذایی در دانه کلزا در این منطقه وجود نداشت و در یک گروه آماری قرار گرفتند.

بیشترین افزایش عملکرد، غلظت عناصرغذایی و درصد روغن در دانه کلزا در مقایسه با تیمار شاهد در مناطق چغانرگس و ماهیدشت که دارای مقدار گوگرد قابل‌جذب و درصد آهک کم‌تری بودند، بدست آمد. مقدار گوگرد قابل‌جذب و درصد آهک در چغانرگس و ماهیدشت به‌ترتیب 7 میلی‌گرم در گیلوگرم، 16 درصد و 13 میلی‌گرم در کیلوگرم و 25 درصد بود. بنابراین مشخص شد هر چه مقدار گوگرد قابل‌جذب و درصد آهک خاک بیش‌تر شد، تأثیر مصرف گوگرد عنصری بر عملکرد، غلظت عناصرغذایی و درصد روغن در کلزا کم‌تر بود. مصرف بیش از اندازه گوگرد با تبدیل مقدار زیادی از کربنات کلسیم خاک به گچ، باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک (شوری) و غلظت بالای یون کلسیم در محلول خاک و در نتیجه تبدیل یون‌های فسفات به صورت فسفات‌های مختلف کلسیم و کاهش غلظت فسفر قابل‌جذب در خاک می‌شود (بابایی و همکاران، 1391). اثر‌بخشی گوگرد منوط به آکسایش آن و تولید اسید سولفوریک است که بستگی به حاصلخیزی خاک، جمعیت ریزجانداران اکسید کننده گوگرد در خاک، رطوبت و درجه حرارت خاک، pH خاک، ماده آلی و مدیریت محصول دارد (کلر و همکاران، 2013؛ بشارتی، 2017). در این آزمایش مشخص شد در مناطقی که مقدارگوگرد قابل‌جذب بالاتری دارند، نیازی به استفاده کمی گوگرد دارند. در خاک چغانرگس در مقایسه با قمشه که دارای درصد آهک و گوگرد قابل‌جذب کمتر و درصد کربن آلی بیش‌تر می‌باشد و تاثیر کاربرد گوگرد بر عملکرد و سایر خصوصیات کیفی اندازه‌گیری شده در کلزا بیش‌تر بود و در قمشه با 35 درصد آهک و 27 میلی‌گرم در کیلوگرم گوگرد قابل‌جذب ، عملکرد و غلظت عناصرغذایی دانه کلزا کمتر تحت تأثیر تیمار های مختلف گوگرد و باکتری تیوباسیلوس قرارگرفت و اختلاف معنی‌داری در غلظت عناصرغذایی مانند فسفر، گوگرد، آهن و وری در دانه در مقایسه با تیمار شاهد مشاهد نشد که نتایج مشابهی توسط موتیور و همکاران (2011) گزارش شده است که کاربرد مقادیر مختلف گوگرد، تأثیر مثبتی بر عملکرد و غلظت عناصرغذایی در خیار نداشت که این نتایج را می‌توان بوسیله خصوصیات خاک محل آزمایش توضیح داده شود و این برخلاف آنچه مرسوم است که هر چه درصد آهک خاک بیش‌تر باشد، نیاز به کاربرد گوگرد بیش‌تری می‌باشد (بشارتی و همکاران، 1395).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در تمامی مزارع مورد آزمایش، کاربرد گوگرد عنصری بر افزایش عملکرد، غلظت عناصرغذایی، درصد پروتئین و روغن در دانه کلزا امیدوارکننده بود و این بیانگر پتانسیل خوب گوگرد برای کاربرد در بخش کشاورزی می‌باشد. در این تحقیق مشخص شد که مصرف گوگرد عنصری همراه با باکتری تیوباسیلوس در مناطق چغانرگس و ماهیدشت بر عملکرد، غلظت عناصر غذایی و درصد روغن دانه کلزا مؤثرتر بود. این مناطق دارای گوگرد قابل‌جذب و درصد آهک کمتری در مقایسه با سایر مناطق بودند. بنابراین هر خاکی دارای پتانسیل خاص خود است و تنها درصد کربنات کلسیم، معیار مناسبی برای کاربرد گوگرد در خاک‌های آهکی نمی‌باشد. ضروری است به‌منظور مدیریت مصرف بهینه گوگرد و رعایت جنبه‌های اقتصادی، قبل از کاشت محصولات زراعی علاوه بر درصد کربنات کلسیم، مقدار قابل جذب عناصرغذایی از جمله گوگرد، هدایت

الکتریکی و درصد کربن آلی خاک اندازه‌گیری و در توصیه کودی لحاظ شود. با توجه به نتایج بدست آمده این تحقیق، مصرف 1000-500 کیلوگرم گوگرد همراه با 20 کیلوگرم در هکتار باکتری تیوباسیلوس، برای مناطقی که مقدار گوگرد قابل‌جذب خاک آن‌ها، پایین‌تر از حد بحرانی گوگرد قابل جذب در خاک باشد، پیشنهاد می‌شود. همچنین هرچه مقدار هدایت الکتریکی خاک بیشتر باشد، مقدار کود گوگردی توصیه شده کمتر خواهد بود. لازم به ذکر است در صورتی از سایر منابع کودی که حاوی بنیان سولفاته نظیر سولفات پتاسیم، سولفات روی، سولفات منگنز در قبل از کاشت استفاده می‌شود، باید پس از محاسبه گوگرد موجود در آن منبع یا منابع کودی از مقدار گوگرد پیشنهادی، کسر شود. ضروری است که تحقیقاتی در خصوص اثرات باقی‌مانده گوگرد در خاک و تأثیر آن روی محصولات زراعی به ویژه دانه‌های روغنی انجام شود تا مدت زمان کاربرد هر چند سال یک بار آن نیز مشخص شود.

فهرست منابع:

1. امانی، ف.، رئیسی، ف.، پیرانوند، ن.، موسوی شلمانی، م.ا .1386. رشد و عملکرد دو رقم سویا در سطوح مختلف گوگرد تحت شرایط گلخانه‌ای .مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی .6 شهریور 1386 - دانشگاه تهران، کرج،
2. بابایی، پ.، گلچین، ا.، بشارتی، ح.، افضلی، ح. 1391. تأثیر کود میکروبی گوگرد بر جذب عناصر غذایی و عملکرد سویا در مزرعه. مجله پژوهش خاک (علوم خاک و آب). جلد 26 شماره 2، ص 146-152.
3. بای بوردی، ا.، ملکوتی، م، ج. 1382. اثرات سطوح ازت و منگنز برعملکرد و کیفیت دو رقم کلزای پاییزه. مجله علمی و پژوهشی خاک وآب. جلد 17شماره 1، ص 1-8.
4. بشارتی، ح.، خسروی، ه.، مستشاری، م.، کامران میرزاشاهی، ک.، قادری، ج.، ذبیحی، ح. 1395. بررسی اثر تیوباسیلوس، گوگرد و فسفر بر شاخص‌های رشد ذرت در برخی ازمناطق ایران. مجله علمی و پژوهشی تحقیقات کاربردی خاک. انتشارات دانشگاه ارومیه. جلد 4 شماره 1، ص 103-112.
5. بناری، ع.، موسوی نیک، م.، بهدانی، م.ع.، بشارتی، ح. 1392. تأثیر مقادیر کود آلی گوگرد و تقسیط نیتروژن بر عملکرد و اجزاء آن در آفتابگردان. نشریه تولید گیاهان زراعی. جلد 6 شماره 1، ص 1-15.
6. خادم، ا. 1386. تأثیر مواد آلی و گوگرد بر قابلیت جذب فسفر و عناصر کم‌مصرف در خاک‌های آهکی،گچی و اسیدی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان .ایران.
7. خادمی، ز، بلالی، م. ر، اسدی، ف، شهبازی،ک، رضایی، ح، **فیض الله زاده اردبیلی، م**، بارزگان،ک. و طهرانی، م. ح .1390. افزایش کارآیی کودهای پرمصرف و بررسی نقش گوگرد و منیزیم بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گندم. گزارش نهایی شماره 1703، انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب، 424 ص.
8. رحیمیان، ز. 1390. اثر گوگرد و تیوباسیلوس به همراه ماده آلی بر صفات کمی و کیفی کلزا. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد 12 شماره 3، ص 19-27.
9. شرفی، س.، عباس دخت، ح.، چائی چی، م. ر.، اردکانی، م. ر.، قاسمی، ث. 1389. بررسی تأثیر رقم، تلقیح بذر با تیوباسیلوس و اشکال مختلف کاربرد نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزای پاییزه .علوم گیاهان زراعی ایران. جلد 41 شماره 3، ص 459-468.

10. صفاری، م.، مددی زاده، م.، شریعتی نیا، ف. 1390. بررسی آثار تغذیه‌ای عناصر نیتروژن، بور و گوگرد بر خصوصیات کمی وکیفی دانه گلرنگ. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. جلد 42 شماره 1، ص 133-141.
11. قبادی، م، جهان بین، ش، اولیایی، ح.، مطلبی فرد، ر.، پرویزی. و. 1392. تأثیر کودهای زیستی فسفر بر عملکرد و جذب فسفر در سیب زمینی. نشریه دانش آب و خاک. جلد 23 شماره 2، ص 125-138.
12. گوهرگانی، ج. 1394. مدیریت مصرف گوگرد بر قابلیت جذب عناصر کم مصرف در خاک و دانه کلزا در یک خاک آهکی. نشریه علمی و پژوهشی زیست شناسی خاک. انتشارات موسسه تحقیقات خاک وآب. جلد 4 شماره 3، ص 82-73.
13. مصطفوی راد، م.، طهماسبی سروستانی، ز.، مدرس ثانوی، س.ع. م.، قلاوند، ا. 1390. ارزیابی عملکرد، ترکیب اسیدهای چرب و میزان عناصر ریزمغذی بذر در ارقام پر محصول کلزا تحت تأثیر مقادیر مختلف گوگرد. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد 40 شماره 1، ص 43-60.
14. ملکوتی، م .ج.، کشاورز، پ.، کریمیان، ن. 1387. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، 550 ص.
15. مومن، ا.، پازوکی، ا.، ممیزی، ح. ر. 1392. اثر گوگرد گرانوله و کمپوست بر خصوصیات گندم بم منطقه سمنان. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد 3 شماره 9 ، ص 46-35.
16. میرزاپور، م، ه.، خاوازی، ک.، محمد رضا نایینی، م. ر. 1396. تأثیر کاربرد گوگرد، باکتریهای *تیوباسیلوس* و فسفر بر عملکرد کلزا و برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک. نشریه زیست شناسی خاک، جلد 5 شماره 2، ص 122-109.
17. نخ زری مقدم، ع.، غفاری، س.، راحمی کاریزکی، ع.، صلاحی فراهی، م. 1394. اثر سطوح مختلف کود گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن دانه آفتابگردان در منطقه گنبد. نشریه تولید گیاهان روغنی. جلد 2 شماره 2، ص 25-34.
18. Ahmed, A. Z. 2013. Study Influence 0f Elemental Sulpher Compared with Foliar Spray Fertilizers on Productivity and Maintenance Calcareous Soil. Nature and Science. 11(5):26-34.
19. Altaf, A., Khanand, V., and Abdin, M. Z. 2000. Effect of sulphur fertilization on oil accumulation, acetyl-Co A concentration and acetyl-Co A carboxylase activity in the developing seeds of rapeseed (*Brassica napus* L.). Australian Journal of Agriculture. 51: 1023-1029.
20. Balloei, F., Ardakani, M. R.,Rejali, F.,Ramzanpoor, M. R., Alizade, G. R., and Mohebbati, F. 2009. Effect of Thiobacillus and Mycorrhiza fungi under different levels of sulfur on yield and yield components of soybean. International Symposium “Root Research and Applications”, RootRAP, Boku, Vienna, Austria.
21. Besharati, H. 2017. Effects of sulfur application and Thiobacillus inoculation on soil nutrient availability, wheat yield and plant nutrient concentration in calcareous soils with different calcium carbonate content. Journal of Plant Nutrition. 40:447–56. doi:10.1080/01904167.2016.1245326.
22. Black, C. A., Evans, D. D., and Dinauer, R. C. 1965. Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 653-708.
23. Boem, G. F. H., Prysupa, P., and Ferraris, G. 2007. Seed number and yield determination in sulfur deficient soybean crops. Journal of Plant Nutrition. 30(1): 93-104.
24. Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. Agronomy Journal. 54(5): 464-465.

25. Bromfield, A. R., Hancock, I. R., and Debenhm, D. F. 1981. Effect of ground rock phosphate and elemental S on yield and P uptake of maize in western Kenya. Experimental Agriculture, 17: 383-387.
26. Ebrahimian, E., Bybordi, A., and Pasban Eslam, B. 2010 Efficiency of zinc and iron application methods on sunflower. Food, Agriculture and Environment. 8(3): 783-789.
27. Food and Agriculture Organization. 2007. Available at http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx. Last acssess on 20.03.2008.
28. Fox, R. L., Alson, R. A., and Rhoades, H. F. 1964. Evaluating the sulfur status of soils by plants and soil tests. Soil Science Society of American, Proceedings. 21: 287-292.
29. Kaler, A. S. 2013. Elemental sulfur effects on nutrient availability in organic soil having variable calcium carbonate. MS thesis, Florida University, Gainesville, FL.
30. Kandil, H., and Gad, G. 2012. Growth and oil production of canola as affected by different sulphur sources. Journal of Basic and Applied Scientific Research. 2(5): 5196-5202.
31. Karimi, F., Bahmanyar, M. A., and Shahabi, M. 2012. Investigation the effects of sulfur and cattle manure application on macronutrient availability in calcareous soil and accumulation in leaf and seed of canola. European Journal of Experimental Biology. 2 (3): 836-842.
32. Karimizarchi, M., Aminuddin, H., Khanif, M. Y., and Radziah, O. 2014a. Elemental sulfur application effects on nutrient availability and sweet maize response (*Zea mays* L.) in a high pH soil of Malaysia. Malaysian Journal of Soil Science. 18: 75-86.
33. Jackson, G. D. 2000. Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. Agronomy Journal. 92:644-649.
34. Jacob, J., and Lawlor, D.W. 1992. Dependence of photosynthesis of sunflower and maize on phosphate supply, ribulose-1,5-biphosphate carboxylase/ oxygenase activity, and ribulose-1,5-biphosphate pool size. Plant Physiology. 98:801–807.
35. Lindsay, W. L., and Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal. 42: 421-428.
36. Malhi, S. S., and Gill, K. S. 2002. Effectiveness of sulphate-S fertilization at different growth stages for yield, seed quality and S uptake of canola. Canadian of Journal and Plant Science. 82:665–674.
37. Malhi, S. S., Y. Gan., and Raney, J. P. 2007. Yield, seed quality, and sulfur uptake of *Brassica o*ilseed crops in response to sulfur fertilization. Agronomy Journal. 99:570-577.
38. McLean, E. 1982. Soil pH and lime requirement. Methods of Soil Analysis-Part2. Chemical and Microbiological properties. Agronomy Monograph, 9.2, pp. 199-224.
39. Motior, M. R., Abdou, A. S., Fareed, H. A. D., and Sofian, M. A. 2011. Responses of sulfur, nitrogen and irrigation water on *Zea mays* growth and nutrients uptake. Australian Journal of Crop Science. 5(3): 347-357.
40. Motior, M. R., Abdou, A. S., Al-Darwish, H. F., El-Tarabily, K. A., Awad, M. A., Golam, F., and Sofian-Azirun, M. 2011. Influence of elemental sulfur on nutrient uptake, yield and quality of cucumber grown in sandy calcareous soil. Australian Journal of Crop Science. 5:1610–15.
41. Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe F. S., and Dean, L. A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Department of Agriculture Circular, pp: 939.
42. Pedler, J. F., Parker, D. R., and Crowley, D. E. 2000. Zinc deficiency- induced phytosiderophore release by the Triticaceae is not consistently expressed in solution culture. Planta. 211: 120- 126.

43. Ryan, J., Estefan, G., and Rashid, A. 2007. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual, Icarda, 172p.
44. Ravi, S., Channal, H. T., Hebsur, N. S., and Dharmatti, P. R. 2010. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Karnataka Journal of Agricultural Science. 21(3): 382-385.
45. Salimpour, S., Khavazi, K., Nadian, H., Besharati, H., and Miransari, M. 2010. Enhancing phosphorus availability to canola (Brassica napus L.) using P solubilizing and sulfur oxidizing bacteria. Australian Journal of Crop Science.4:330–34.
46. Salwa, A. I., Eisa, M. M., Abass, M., and Behary, S. S. 2010. Amelioration productivity of sandy soil by using Amino acids, sulphur and micronutrients for sesame production. American Science. 6(11): 250-257.
47. Tabasi, A., Dadashi, M. R., and Faraji, A. 2017. Effect of different sulfur levels plus Thiobacillus on yield and yield components of Canola (*Brassica Napus L.*) cultivars in Gorgan, Iran. Azarian Journal of Agriculture. 4(3): 87-94.
48. Walkley, A., and Black, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37(1): 29-38.

Effect of Elemental Sulfur and *Thiobacillus* Bacteria on Yield and Some Quality Characteristics of Canola

J. Ghaderi[1], M. H. Davoodi, and K. Khavazi

Assistance Professor, Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran;
E-mail: ghaderij@yahoo.com.

Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran;
E-mail: davoodi_mh@yahoo.com.

Research Professor, Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran;
E-mail: khavazik@yahoo.com

Received: April, 2021, and Accepted: September, 2021

Abstract

Low availability of some nutrients is one of the major factors for the widespread occurrence of plant nutrient deficiency in calcareous soils. Therefore, any strategy for solution of this problem is important. For this purpose, an experiment was carried out in four sites (Chogha Narges, Mahidasht, Najaf Abad and Ghomsheh in Kermanshah Province), with different contents of available sulfate, using complete randomized blocks design with three replications, in 2018-19. The amounts of sulfur paired with Thiobacillius bacterium inoculants included no sulfur (S0), 250 kg sulfur/ha along with 5 kg/ha Thiobacillus bacterium inoculant (S1), 500 kg sulfur/ha with 10 kg Thiobacillus/ha (S2), and 1000 kg sulfur/ha with 20 kg Thiobacillus/ha (S3). The combined analysis results showed that the effect of sulfur, location, and their interaction on grain yield, 1000- grain weight, oil percent, and nutrients concentration in rapeseed grain in Chogha Narges, Mahidasht, Najaf Abad, and Ghomsheh were significant at 1% ($p<1\%$). The highest grain yield, 1000-weight, oil percent and nutrients concentration was obtained in S3 treatment, which increased wheat yield by 647, 756, 474, and 406 $kg.ha^{-1}$ in Chogha Narges, Mahidasht, Najaf Abad, and Ghomsheh, respectively, compared to the control treatment. Oil percent increment at the mentioned regions were 2.1%, 1.4%, 1.2%, and 0.5%, respectively.

Keywords: Nutrients concentration; Oil percent; 1000-Weight.

[1] Corresponding author: Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Kermanshah, Iran.