

ارزیابی اثرات کاربرد گوگرد معدنی بر عملکرد و ویژگی‌های کمی میوه خرما رقم برحی در استان خوزستان

محمد رضا پورقیومی^{۱*}، حجت دیالمی^۲، رحمان یوسفی^۳ و احمد مستعان^۴

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۳۰ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۷)

چکیده

با هدف بررسی تأثیر کاربرد گوگرد معدن زرکوه بر عملکرد و ویژگی‌های کمی میوه خرما، این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی روی ۲۱ اصله نخل خرما، بارور رقم برحی ۲۰ ساله حاصل از کشت بافت در پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری به مدت ۲ سال اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: T_1 = تیمار شاهد، T_2 = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۹ کیلوگرم برای هر درخت به روش چالکود، T_3 = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۹ کیلوگرم برای هر درخت به روش پخش سطحی، T_4 = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۱۲ کیلوگرم برای هر درخت به روش چالکود، T_5 = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۱۲ کیلوگرم برای هر درخت به روش پخش سطحی، T_6 = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۱۵ کیلوگرم برای هر درخت به روش چالکود و T_7 = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۱۵ کیلوگرم برای هر درخت به روش پخش سطحی. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، کاربرد خاکی مقادیر مختلف کود گوگرد معدن زرکوه به هر دو روش پخش سطحی و چالکود تأثیری در اصلاح شوری بالا و آهکی بودن خاک نداشت. تیمارهای مورد استفاده تأثیر معنی‌داری در بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک نداشتند. در نتیجه قادر به بهبود عملکرد و ویژگی‌های کمی میوه خرما نبودند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد گوگرد معدن زرکوه در غلظت‌های مورد استفاده در این مطالعه به تنهایی قادر به بهبود عملکرد و خصوصیات کمی میوه خرما، رقم برحی نبوده و بررسی کاربرد مقادیر کمتری از گوگرد معدنی مذکور در ترکیب با کود حیوانی و باکتری تیوباسیلوس در مطالعات آتی توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: تغذیه، حاصلخیزی، شوری، کود

۱- استادیار پژوهشی پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
۲- استادیار پژوهشی پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
۳- استادیار پژوهشی پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
۴- استادیار پژوهشی پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

* پست الکترونیک: mpourghayoumi@gmail.com

مقدمه

ایران یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان خرما است که از نظر تولید بعد از کشور مصر و عربستان در رتبه سوم و از نظر سطح زیرکشت بعد از عراق و الجزایر در رتبه سوم جهان قرار دارد (فائو^۱، ۲۰۲۱). خرما از مهم‌ترین محصولات باغبانی کشور است به طوری که در سال ۱۴۰۰ با تولیدی معادل ۱/۵ میلیون تن و سهم ۶/۷ درصدی از کل میزان تولید محصولات باغبانی در رتبه پنجم در بین محصولات باغبانی کشور قرار گرفت (آمارنامه کشاورزی، ۱۴۰۱). استان خوزستان از نظر سطح زیرکشت و میزان تولید به ترتیب در رتبه‌های سوم و چهارم در بین استان‌های خرماخیز کشور قرار دارد (آمارنامه کشاورزی، ۱۴۰۱). خاک‌های مناطق جنوب ایران خصوصاً استان خوزستان که درصد قابل توجهی از نخیلات کشور در این استان واقع شده است، آهکی هستند و pH خاک بالایی دارند. pH بالای خاک باعث می‌شود که علی‌رغم وجود عناصر غذایی در خاک، فرم قابل جذب عناصر غذایی در خاک کمتر از مقدار بهینه برای رشد گیاه باشد که این موضوع باعث کاهش کمی و کیفی محصول تولیدی خواهد شد (دیالمی و گرشاسبی، ۱۳۹۷). مصرف گوگرد به عنوان یک ماده اسیدزا، ارزان قیمت و فراوان موجب کاهش موضعی pH خاک، آزادسازی عناصر تثبیت شده در خاک و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و به تبع آن افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه می‌گردد. ترکیباتی که از متابولیسم گوگرد سنتز می‌شوند به دلیل خاصیت مهار رادیکال‌های آزاد در کنترل اثرات نامطلوب تنش‌های غیرزیستی مفید هستند. متابولیت‌های حاوی گوگرد، اسیدهای آمینه (سیستئین و متیونین)، ویتامین‌ها (بیوتین و تیامین)، سیستم تیوردوکسین، گلوکاتینون لیپوئیک اسید و گلوکوزینولات‌ها پتانسیل ارتقا یا اصلاح فرآیندهای فیزیولوژیکی و مولکولی تحت تنش شوری در گیاهان را دارند. بنابراین، تعدیل تولید متابولیت‌های گوگرد می‌تواند مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و مولکولی برای ایجاد تحمل در برابر شوری را تغییر دهد (خان^۲ و همکاران، ۲۰۱۴). گوگرد در افزایش تشکیل کلروفیل، کمک به فتوسنتز و همچنین در فعال شدن

آنزیم‌ها و اسیدهای نوکلئیک نقش دارد (کائور^۳ و همکاران، ۲۰۱۳). الخاواجا^۴ (۲۰۱۳) دریافت که طول برگ خرما در نتیجه کاربرد ۱۰۰ گوگرد عنصری به ازای هر درخت افزایش یافت. بر اساس نتایج پژوهش دیالمی و گرشاسبی (۱۳۹۷)، مصرف گوگرد عنصری مخلوط شده با مایه تلقیح تیوباسیلوس به میزان ۱۵۰۰ گرم به ازای هر اصله نخل عملکرد نخل خرما رقم برخی را ۷ درصد افزایش داد. عباس^۵ و همکاران (۲۰۱۵) با کاربرد مقادیر مختلف گوگرد روی رشد نخل خرما در شرایط شور بیان کردند، کاربرد ۲۰۰ گرم گوگرد عنصری باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع، سطح برگ، تعداد برگ و قطر پاجوش‌های رقم برخی شد. السادیج^۶ و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند کاربرد ترکیبی ۷۰۰ گرم گوگرد پودری و کودهای شیمیایی به طور معنی‌داری وزن میوه، وزن گوشت، درصد رطوبت، TSS و حجم میوه خرما، رقم خنیزی را افزایش داد. آنها همچنین گزارش کردند کاربرد گوگرد عنصری به همراه کودهای شیمیایی تعداد میوه در خوشه، میوه‌نشینی و عناصر معدنی میوه را افزایش داد. گوگرد در بهبود جذب مواد مغذی و تحریک سیستم دفاعی ضد اکسیداتیو گیاهان از طریق متابولیت گلوکاتینون نقش دارد (گوندنت و اولمان^۷، ۲۰۰۰؛ مارشنر^۸، ۱۹۹۵). همچنین اسیدپشته تولید شده طی اکسیداسیون گوگرد، دسترسی به مواد مغذی مانند فسفر، منگنز، کلسیم و سولفات را در خاک افزایش می‌دهد که ممکن است عملکرد رشدی گیاهان را افزایش دهد (داوود و احمد^۹، ۲۰۱۱). کاسم^{۱۰} (۲۰۱۲) بیان کرد که کاربرد نیتروژن در ترکیب با پتاسیم، فسفر و گوگرد وزن میوه و وزن گوشت میوه خرما را افزایش داد. اثربخشی گوگرد در افزایش عملکرد و کیفیت میوه به وضوح توسط گزارش‌هایی که بیان می‌کنند گیاهان از سولفات معدنی در تولید سیستئین و متیونین بهره می‌برند، تأیید شده است (نیکوفورووا^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۳). این اسیدآمینه و دیگر اسیدآمینه‌ها مانند تریپتوفان یا فنیل آلانین پیش‌سازهایی برای تولید گلوکوزینولات (گروهی از ترکیبات ارتقادهنده سلامت) هستند (اسشونهوف^{۱۲} و همکاران، ۲۰۰۷). عناصر نیتروژن و گوگرد برای اعمال تأثیر قوی بر پارامترهای

7. Gondent and Ullman

8. Marschner

9. Dawoud and Ahmed

10. Kassem

11. Nicoforova

12. Schonhof

1. FAO

2. Khan

3. Kaur

4. El-Khawaga

5. Abbas

6. Elsadig

T₂- مصرف گوگرد معدن زرکوه، به میزان ۹ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش چالکود

T₃- مصرف گوگرد معدن زرکوه، به میزان ۹ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش پخش سطحی

T₄- مصرف گوگرد معدن زرکوه، به میزان ۱۲ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش چالکود

T₅- مصرف گوگرد معدن زرکوه، به میزان ۱۲ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش پخش سطحی

T₆- مصرف گوگرد معدن زرکوه، به میزان ۱۵ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش چالکود

T₇- مصرف گوگرد معدن زرکوه، به میزان ۱۵ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش پخش سطحی

قبل از اعمال تیمارها از اعماق مختلف ۵۰- و ۱۰۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش، نمونه‌های مرکب خاک تهیه و خصوصیات مهم فیزیکی و شیمیایی آنها براساس دستورالعمل آزمایشگاهی موسسه تحقیقات خاک و آب تعیین شد (جدول ۱). همچنین نمونه مرکب برگ در ابتدای آزمایش از هر نخلستان تهیه و عناصر غذایی آن تعیین شد (جدول ۲). میزان نیتروژن کل با استفاده از دستگاه کج‌دال اتوماتیک (Vapodest, Gerhardt, آلمان) اندازه‌گیری و در نهایت بر حسب درصد گزارش گردید (امامی، ۱۳۷۵). میزان فسفر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Varian, Cary100, استرالیا) در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید و براساس آن میزان فسفر برگ محاسبه شد (چامپان و پرات، ۱۹۶۲). میزان پتاسیم به روش نشر شعله‌ای با استفاده از دستگاه فلیم‌فوتومتر (Tokyo Photoelectric, Ana-135، ژاپن) قرائت گردید (والینگ^۵ و همکاران، ۱۹۸۹).

در روش پخش سطحی کود گوگرد معدن زرکوه در قسمت سایه‌انداز درخت به صورت یکنواخت پخش شد و پس از زیر و رو کردن با خاک بلافاصله آبیاری صورت گرفت. در روش چالکود تعداد ۴ چاله به عمق و قطر ۴۰ سانتی‌متر به فاصله ۱ متری از تنه در داخل تشتک آبیاری ایجاد گردید و پس از جایگذاری کود گوگرد معدن زرکوه در داخل چاله‌ها و پوشاندن سطح چاله‌ها با خاک، بلافاصله آبیاری صورت گرفت. سیستم آبیاری درختان به صورت تحت فشار و از

مختلف رشد مانند زیست‌توده و عملکرد تعامل دارند (سالواگیوتی و میرالس^۱، ۲۰۰۸). مروزک^۲ (۲۰۱۱) بیان کرد که مصرف یک کیلوگرم گوگرد عنصری در هر درخت خرما رقم زقلول صفات وزن، طول، قطر و رنگ میوه و عناصر برگ (نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، آهن و روی) را افزایش داد. تاما و حمید^۳ (۲۰۲۱) با مصرف مقادیر مختلف گوگرد برای هر درخت خرما رقم سایر در در شرایط شوری طبیعی خاک بیان کردند، مصرف ۴۰۰ گرم گوگرد به ازای هر نخل موجب افزایش سطح برگ، عملکرد و وزن تر میوه شد. آنها همچنین بیان کردند، مصرف گوگرد موجب افزایش نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلروفیل، کربوهیدرات، قندها و نشاسته برگ شد. بنابراین با توجه به تأثیرات مثبت کاربرد ترکیبات گوگردی در اصلاح خاک‌های قلیایی، افزایش جذب عناصر غذایی و به تبع آن افزایش رشد رویشی و زایشی گیاهان، این پژوهش با هدف بررسی اثرات کاربرد نوعی ترکیب گوگردی با نام گوگرد معدن زرکوه بر بهبود اصلاح خاک، عملکرد و صفات کمی میوه و بذر رقم برحی در استان خوزستان اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به مدت دو سال (۱۳۹۹ و ۱۴۰۰) در پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری واقع در اهواز به طول جغرافیایی ۳۳° ۴۸' شرقی و عرض جغرافیایی ۱۵° ۳۱' شمالی و با ارتفاع ۱۲ متر از سطح دریا اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۷ تیمار و ۳ تکرار روی ۲۱ اصله نخل خرما بارور رقم برحی ۲۰ ساله اجرا گردید. بدین منظور در بهمن ۱۳۹۸ از ترکیب پودری گوگرد معدن زرکوه با نام سوپرلاتی به دو روش کوددهی پخش سطحی و چالکود در مقادیر مختلف استفاده گردید. ترکیبات سازنده گوگرد معدنی مورد استفاده در این پژوهش مطابق با آنالیز ارائه شده توسط شرکت سازنده عبارتند است: گوگرد به فرم SO₃ به میزان ۸ درصد، گوگرد عنصری به میزان ۱۲ درصد، گوگرد کل به میزان ۲۰ درصد و ماده آلی به میزان ۱۲ درصد.

تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از:

T₁- شاهد (عدم مصرف کودگوگردی)

4. Chapman and Pratt
5. Waling

1. Salvagiotti and Miralles
2. Marzouk
3. Tama and Hameed

نوع بابلری (فواره‌ای) بود. همچنین هر شش ماه یکبار از هر تیمار کودی نمونه مرکب خاک تهیه و میزان شوری و اسیدیته (pH) خاک پایش شد. در تیمار چالکود از محدوده اطراف چاله‌ها و در تیمار پخش سطحی از محدوده تشتک نخل نمونه‌برداری صورت گرفت. در پایان آزمایش در سال ۱۴۰۰، نمونه‌های برگ (تعداد ۲۰-۲۵ برگچه از وسط برگ‌های ردیف دوم) در تیمارهای کودی تهیه و غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم آنان اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت محصول در مهرماه ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ ضمن اندازه‌گیری عملکرد درختان آزمایشی، تعداد ۱۰۰ عدد میوه به طور تصادفی از خوشه‌های مختلف هر نخل تهیه و خصوصیات کمی شامل وزن تر، طول، قطر و حجم میوه، وزن هسته و نسبت گوشت میوه به هسته اندازه‌گیری شد. داده‌ها در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه 9.1.3 به صورت مرکب تجزیه واریانس شدند و میانگین تیمارهای مورد آزمایش با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به تجزیه خاک قبل از انجام آزمایش و تجزیه برگ درختان قبل و بعد از اجرای آزمایش در جداول ۱ تا ۳ ارائه گردیده است. همچنین نتایج مربوط به تجزیه شوری و pH خاک طی مراحل مختلف اجرای آزمایش شامل دوره‌های ۶، ۱۲ و ۱۸ ماهه در جداول ۴ و ۵ ارائه گردیده است. بررسی جدول مربوط به نتایج تجزیه خاک نخلستان قبل از اجرای پژوهش (جدول ۱) نشان داد خاک نخلستان از نظر میزان فسفر بسیار فقیر بوده و میزان کربن آلی و پتاسیم قابل جذب آن کمتر از حد نرمال است. ماده آلی خاک در شرایط بهینه باید بیشتر از یک باشد و حد بهینه فسفر و پتاسیم خاک برای نخل خرما به ترتیب ۱۵ و ۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک است (محبی، ۱۳۹۴). نتایج تجزیه برگ در پایان انجام آزمایش نشان داد تیمارهای کودی گوگرد، معدن زرکوه باعث بهبود میزان عناصر فسفر و پتاسیم در برگ نشده است. حد بهینه فسفر برگ برای نخل خرما ۰/۱۳-۰/۰۸ درصد و حد بهینه پتاسیم برگ برای نخل خرما ۲/۱۲-۰/۴ درصد است (محبی و نبهانی، ۱۳۹۰).

علاوه بر این، گوگرد برای افزایش جذب عناصر پرمصرف و ریزمغذی لازم است و موجب افزایش رشد گیاهان می‌شود (عباس و همکاران، ۲۰۱۵). دیالیمی و گرشاسبی (۱۳۹۷) بیان کردند مصرف مواد آلی و گوگرد به همراه مایه تلقیح تیوباسیلوس در خاک به افزایش فرم محلول و قابل جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه کمک کرده و موجب افزایش عملکرد نخل خرما شده است که با نتایج پژوهش حاضر همسو نیست. مروزک (۲۰۱۱) نیز بیان کرد مصرف گوگرد عنصری باعث افزایش جذب عناصر غذایی برگ نخل خرما رقم زقلول شد. آیرس^۱ و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند کوددهی با گوگرد تأثیری بر جذب فسفر نداشت که با نتایج ما همسو است. کاربرد عنصر گوگرد اثرات مثبتی بر غلظت آهن، منگنز روی و مس برگ خرما داشت (آواد^۲ و همکاران، ۲۰۰۶). همانطور که توسط مارشور (۱۹۹۵) گزارش شده است، این افزایش‌ها ناشی از افزایش دسترسی و جذب از طریق اصلاح pH خاک است.

مطابق با جدول ۴ تیمارهای مختلف کود گوگرد معدن زرکوه منجر به اصلاح شوری خاک نشد و در برخی تیمارها میزان شوری خاک بیشتر از تیمار شاهد بوده است. مودایش^۳ و همکاران (۱۹۸۹) بیان کردند استفاده از گوگرد (۵/۰ درصد) در خاک آهکی pH خاک را کاهش و میزان EC خاک را افزایش داد. همچنین پوربابائی^۴ و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند در شرایط آبیاری بهینه مطابق با ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه، مصرف گوگرد عنصری در خاک در مقایسه با تیمار شاهد میزان شوری خاک را از ۱/۴۸ دسی‌زیمنس بر متر به ۵/۵۲ دسی‌زیمنس بر متر افزایش داد. در واقع انحلال کربنات کلسیم توسط اسیدسولفوریک تولید شده در نتیجه اکسیداسیون گوگرد عنصری، منجر به افزایش نمک‌های محلول می‌شود و میزان EC خاک افزایش می‌یابد (پوربابائی و همکاران، ۲۰۲۰؛ ثامنی و کسرائیان^۵، ۲۰۰۶) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. مطابق با جدول ۵ تیمارهای مختلف گوگرد معدن زرکوه تأثیری بر کاهش pH خاک نداشته‌اند. گوگرد معدنی مصرف شده در این پژوهش قادر به اصلاح pH و افزایش حلالیت مواد مغذی و افزایش جذب عناصر غذایی فسفر و پتاسیم در خاک آهکی مورد مطالعه نبوده است. به نظر می‌رسد برای کارایی بهتر گوگرد

4. Pourbabae
5. Sameni and Kasraian

1. Aires
2. Awad
3. Modaihsh

معدنی مذکور، استفاده از مقادیر کمتر این کود در ترکیب با کود حیوانی و باکتری تیوباسیلوس می‌تواند موثر واقع شود. در واقع مصرف مقدار زیاد گوگرد و به تبع آن اکسیداسیون گوگرد عنصری، منجر به افزایش نمک‌های محلول خاک می‌شود (پوربائی و همکاران ۲۰۲۰). لذا برای حصول نتیجه مثبت بررسی استفاده از مقادیر کمتر این گوگرد معدنی در مطالعات آتی لازم است. پژوهش‌ها نشان داده مصرف گوگرد عنصری موجب کاهش pH خاک گردیده است (ادریس^۱ و همکاران، ۲۰۱۲) و اسیدیته تولید شده طی اکسیداسیون عنصر گوگرد باعث افزایش دسترسی

به مواد غذایی می‌شود (مارشنر، ۱۹۹۵). پوربائی و همکاران (۲۰۲۰) با مصرف گوگرد گرانوله، عنصری و ترکیب آنها با باکتری‌های تیوباسیلوس در خاک بیان کردند پس از ۲ هفته تفاوت میزان pH خاک در تیمارهای گوگرد عنصری و گرانوله در مقایسه با گیاهان شاهد اندک بود اما ترکیب گوگرد عنصری با باکتری تیوباسیلوس موجب کاهش چشمگیر pH خاک شد. آن‌ها نشان دادند در ۱۲ هفته بعد از اعمال تیمارهای مختلف گوگردی تفاوت میزان pH خاک در تیمارهای مذکور با گیاهان شاهد اندک بود که با نتایج پژوهش حاضر همسو است.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک قبل از انجام آزمایش

عمق خاک (cm)	EC (dS/m)	pH	کربن آلی (%)	فسفر قابل جذب (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (mg.kg ⁻¹)
۵۰-۰	۳/۸	۶/۲	۰/۴	۲	۱۵۲
۱۰۰-۵۰	۵/۱	۶/۳	۰/۲۹	۱/۴۵	۱۶۰

جدول ۲- نتایج تجزیه برگ نخل خرما قبل از انجام آزمایش

نیترژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)
۱/۷	۰/۱۲	۱/۳

جدول ۳- نتایج تجزیه برگ نخل خرما در پایان انجام آزمایش

تیمار	فسفر (%)	پتاسیم (%)
T ₁ (تیمار شاهد)	۰/۱۲	۱/۴
T ₂	۰/۱۲	۱/۴
T ₃	۰/۱۳	۱/۲
T ₄	۰/۱۱	۱/۳
T ₅	۰/۱۳	۱/۳
T ₆	۰/۱۳	۱/۳
T ₇	۰/۱۳	۱/۳

T₁ = تیمار شاهد (بدون مصرف کود گوگردی)، T₂ = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۹ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش چالکود، T₃ = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۹ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش پخش سطحی، T₄ = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۱۲ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش چالکود، T₅ = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۱۲ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش پخش سطحی، T₆ = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۱۵ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش چالکود و T₇ = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۱۵ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش پخش سطحی، نتایج ذکر شده در جدول مربوط به سال دوم انجام آزمایش است.

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد و ویژگی‌های کمی میوه شامل وزن، طول، قطر و حجم میوه، وزن هسته، وزن گوشت میوه و نسبت وزن گوشت میوه به هسته در جداول ۶ و ۷ ارائه گردیده است. براساس نتایج این آزمایش از نظر آماری مصرف خاکی گوگرد معدن زرکوه به صورت پخش سطحی و چالکود و در مقادیر مختلف تأثیر معنی‌داری بر میزان عملکرد و ویژگی‌های کمی میوه خرما شامل وزن، طول،

قطر و حجم میوه، وزن هسته و وزن گوشت میوه نداشت. صفت نسبت گوشت میوه به هسته تحت تأثیر برخی تیمارهای کودی قرار گرفت به طوریکه نسبت گوشت به هسته در تیمار شاهد نسبت به تیمارهای T₂ و T₆ به طور معنی‌داری بیشتر بود. کاسم (۲۰۱۲) گزارش کرد کاربرد گوگرد عنصری موجب بهبود خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی میوه و افزایش عناصر غذایی میوه خرما رقم زقلول گردید. بر اساس تحقیقات دیالمی و گرشاسبی (۱۳۹۷) مصرف

جدول ۴- نتایج تجزیه شوری خاک ($EC, dS.m^{-1}$) طی مراحل مختلف آزمایش

تیمار	قبل از اجرای آزمایش	مرحله اول (۶ ماه بعد از اجرای آزمایش)	مرحله دوم (۱۲ ماه بعد از اجرای آزمایش)	مرحله سوم (۱۸ ماه بعد از اجرای آزمایش)
T ₁ (تیمار شاهد)	۳/۸	۳/۲	۳/۴	۲/۹
T ₂	-	۴/۴	۴/۷	۵/۹
T ₃	-	۳/۲	۳/۶	۴
T ₄	-	۳/۸	۴/۸	۶/۲
T ₅	-	۴/۳	۲/۵	۳/۷
T ₆	-	۴/۹	۴/۸	۹/۳
T ₇	-	۳/۴	۲/۹	۳/۴

T₁ = تیمار شاهد (بدون مصرف کود گوگردی)، T₂ = مصرف گوگرد معدنی زرکوه به میزان ۹ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش چالکود، T₃ = مصرف گوگرد معدنی زرکوه به میزان ۹ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش پخش سطحی، T₄ = مصرف گوگرد معدنی زرکوه به میزان ۱۲ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش چالکود، T₅ = مصرف گوگرد معدنی زرکوه به میزان ۱۲ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش پخش سطحی، T₆ = مصرف گوگرد معدنی زرکوه به میزان ۱۵ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش چالکود و T₇ = مصرف گوگرد معدنی زرکوه به میزان ۱۵ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش پخش سطحی. آنالیز خاک در سه مرحله و به فاصله هر ۶ ماه یکبار اندازه‌گیری شده است.

جدول ۵- نتایج تجزیه pH خاک طی مراحل مختلف آزمایش

تیمار	قبل از اجرای آزمایش	مرحله اول (۶ ماه بعد از اجرای آزمایش)	مرحله دوم (۱۲ ماه بعد از اجرای آزمایش)	مرحله سوم (۱۸ ماه بعد از اجرای آزمایش)
T ₁ (تیمار شاهد)	۶/۲	۶/۸	۶/۹	۶/۹
T ₂	-	۶/۴	۶/۶	۶/۹
T ₃	-	۶/۴	۶/۵	۶/۹
T ₄	-	۶/۳	۶/۸	۶/۹
T ₅	-	۶/۳	۶/۸	۶/۱
T ₆	-	۶/۳	۷/۲	۶/۹
T ₇	-	۶/۳	۶/۸	۷/۱

T₁ = تیمار شاهد (بدون مصرف کود گوگردی)، T₂ = مصرف گوگرد معدنی زرکوه به میزان ۹ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش چالکود، T₃ = مصرف گوگرد معدنی زرکوه به میزان ۹ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش پخش سطحی، T₄ = مصرف گوگرد معدنی زرکوه به میزان ۱۲ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش چالکود، T₅ = مصرف گوگرد معدنی زرکوه به میزان ۱۲ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش پخش سطحی، T₆ = مصرف گوگرد معدنی زرکوه به میزان ۱۵ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش چالکود و T₇ = مصرف گوگرد معدنی زرکوه به میزان ۱۵ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش پخش سطحی. آنالیز خاک در سه مرحله و به فاصله هر ۶ ماه یکبار اندازه‌گیری شده است.

عنصری به همراه باکتری تیوباسیلوس اکسیداسیون گوگرد عنصری را افزایش و منتج به افزایش جذب مواد غذایی از خاک و نهایتاً افزایش رشد گیاه گردید. با توجه به اینکه گوگرد معدنی زرکوه در پژوهش حاضر به تنهایی استفاده شد و احتمالاً میزان جمعیت باکتری‌های تیوباسیلوس که به طور طبیعی در خاک وجود دارند در خاک نخلستان مورد آزمایش پایین بوده است، گوگرد در خاک به خوبی اکسید نشده است. اکسیداسیون ضعیف گوگرد مصرفی در خاک، موجب اصلاح قلیائیت خاک و به تبع آن افزایش حلالیت و جذب عناصر غذایی نگردیده است. بنابراین به دلیل این که مصرف این کود نتوانست وضعیت حاصلخیزی خاک را بهبود ببخشد و شرایط تغذیه بهینه برای نخل خرما فراهم آورد، در نتیجه قادر به بهبود عملکرد و ویژگی‌های کمی میوه خرما نبود. از طرفی، مصرف میزان بالای کود مذکور در خاک به تنهایی و بدون ترکیب با کود دامی و باکتری‌های

گوگرد عنصری مخلوط شده با مایه تلقیح تیوباسیلوس و کود دامی موجب افزایش عملکرد خرمای برحی شد و طول، حجم و وزن گوشت میوه نسبت به درختان خرما که کودی دریافت نکرده بودند به طور معنی‌داری افزایش یافت. نارولا^۱ و همکاران (۱۹۷۴) بیان کردند مصرف گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس موجب کاهش چشمگیر pH خاک نخلستان شد در حالی که میزان کاهش pH در تیمار کاربرد گوگرد به تنهایی و بدون مصرف باکتری تیوباسیلوس کمتر بود. گوگرد عنصری برای اینکه بتواند به راحتی جذب گیاه شود نیاز به اکسیداسیون دارد از طرفی باکتری‌های تیوباسیلوس که ممکن است به طور طبیعی در خاک وجود داشته باشند نقش مهمی در اکسیداسیون گوگرد ایفا می‌کنند و تلقیح خاک با این باکتری‌ها موجب افزایش سرعت اکسیداسیون می‌گردد (مودایش و همکاران، ۱۹۸۹). پوربائی و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند مصرف گوگرد

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر تیمارهای کودی بر عملکرد و خصوصیات کمی میوه خرمای رقم برحی طی ۲ سال در منطقه اهواز

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد	وزن تر میوه	طول میوه	قطر میوه	حجم میوه	وزن هسته	وزن گوشت	نسبت گوشت میوه به هسته
سال	۱	۱۰۹۸/۳۴ ^{ns}	۱/۹۳*	۰/۰۲۷ ^{ns}	۰/۰۰۸۶ ^{ns}	۰/۴۴۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۱/۹۰*	۳/۹۹*
خطای ۱	۴	۳۴۵/۴۳	۰/۳۱۵	۰/۰۱۱۱	۰/۰۰۴۲	۰/۲۱۷	۰/۰۰۲۰	۰/۲۹۶	۰/۷۴۰
تیمار	۶	۱۱۹۳/۶۰ ^{ns}	۰/۸۸۲ ^{ns}	۰/۰۱۶ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۴۳۳ ^{ns}	۰/۰۰۱۴ ^{ns}	۰/۸۶۲ ^{ns}	۲/۰۰۸۶*
تیمار × سال	۶	۱۰۶۷/۷۵ ^{ns}	۰/۲۶۷ ^{ns}	۰/۰۰۲۹ ^{ns}	۰/۰۰۳۳ ^{ns}	۱/۵۹ ^{ns}	۰/۰۰۲۲ ^{ns}	۰/۲۲۸ ^{ns}	۰/۲۳۴ ^{ns}
خطای ۲	۲۴	۹۸۴/۲۹	۰/۳۷۱	۰/۰۱۴	۰/۰۰۷۹	۰/۸۷۰	۰/۰۰۱۶	۰/۳۴۹	۰/۷۳۵
ضریب تغییرات (% CV)		۴۳/۱۴	۷/۱۱	۳/۶۴	۳/۶۴	۱۰/۶۳	۶/۰۵	۷/۴۸	۷/۲۴

ns- معنی دار نیست، * معنی دار در سطح ۵ درصد

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات مقادیر مختلف گوگرد معدنی بر عملکرد و خصوصیات کمی میوه خرما رقم برحی طی ۲ سال در منطقه اهواز

عملکرد در واحد درخت (کیلوگرم)	وزن تر میوه (گرم)	طول میوه (سانتی‌متر)	قطر میوه (سانتی‌متر)	حجم میوه (سانتی‌متر مکعب)	وزن هسته (گرم)	وزن گوشت (گرم)	نسبت گوشت میوه به هسته
T ₁ (تیمار شاهد)	۸۵/۴۱a	۸/۷۸a	۳/۳۲a	۲/۴۹a	۸/۴۵a	۰/۶۵a	۸/۱۳a
T ₂	۶۵/۹۲a	۸/۰۷a	۳/۲۰a	۲/۴a	۸/۷۹a	۰/۶۶a	۷/۴۲a
T ₃	۷۵/۳۶a	۸/۹۴a	۳/۲۵a	۲/۴۴a	۹/۱۴a	۰/۶۷a	۸/۲۷a
T ₄	۵۸/۱۴a	۸/۴۵a	۳/۲۴a	۲/۴۷a	۸/۵۶a	۰/۶۸a	۷/۷۸a
T ₅	۶۱/۱۱a	۸/۷۱a	۳/۲۶a	۲/۴۶a	۸/۸۴a	۰/۶۶a	۸/۰۵a
T ₆	۶۹/۴۲a	۸/۰۶a	۳/۱۹a	۲/۳۸a	۸/۵۸a	۰/۶۷a	۷/۳۹a
T ₇	۹۷/۷۴a	۸/۹۷a	۳/۳۳a	۲/۴۶a	۹/۱۰a	۰/۷۰a	۸/۲۷a

T₁ = تیمار شاهد (بدون مصرف کود گوگردی)، T₂ = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۹ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش چالکود، T₃ = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۹ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش پخش سطحی، T₄ = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۱۲ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش چالکود، T₅ = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۱۲ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش پخش سطحی، T₆ = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۱۵ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش چالکود و T₇ = مصرف گوگرد معدن زرکوه به میزان ۱۵ کیلوگرم به ازای هر درخت به روش پخش سطحی. میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

تیوباسیلوس ممکن است سبب عدم اکسیداسیون مناسب گوگرد، عدم اصلاح حاصلخیزی خاک و به تبع آن عدم تأثیر بر عملکرد و صفات کمی میوه شده باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد، کاربرد خاکی مقادیر مختلف کود گوگرد معدن زرکوه به دو روش کوددهی پخش سطحی و چالکود باعث اصلاح شوری بالا و pH خاک نگردید و به دلیل این که

مصرف این کود نتوانست وضعیت حاصلخیزی خاک را بهبود ببخشد و تأمین شرایط تغذیه بهینه را برای نخل خرما فراهم آورد، در نتیجه قادر به بهبود عملکرد و ویژگی‌های کمی میوه خرما شامل وزن، طول، قطر و حجم میوه، وزن گوشت میوه و نسبت وزن گوشت میوه به هسته نبود. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، کاربرد مقادیر کمتری از کود گوگرد معدنی زرکوه در ترکیب با کود دامی و مایه تلقیح تیوباسیلوس بر حاصلخیزی خاک، عملکرد و صفات کمی میوه خرما مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۰. فصل اول، محصولات باغبانی و گلخانه‌ای. ۱۴۰۱. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۳۰۷ ص.
امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. جلد اول، نشریه فنی ۹۸۲. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب تهران، ۲۰۲ ص.

- دیالمی، ح. و گرشاسبی، م. ۱۳۹۷. تأثیر کاربرد گوگرد و کود دامی بر عملکرد و کیفیت میوه خرما بر رقم برحی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۲(۵): ۱۰۰۳-۱۰۱۲.
- محبی، ع. ۱۳۹۴. مدیریت تغذیه نخلستان‌های خرما در ایران. نهمین کنگره علوم باغبانی ایران، اهواز، ۱-۳.
- محبی، ع. و نیهانی، ل. ۱۳۹۰. اصول و مبانی تغذیه نخل خرما. نشر کتیبه سبز، ۱۱۸ ص.
- Abbas, M.F., Jasim, A.M. and Shareef, H.J. 2015. Role of sulphur in salinity tolerance of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) offshoots cvs. Berhi and Sayer. International Journal of Agricultural and Food Science, 5(3): 92-97.
- Aires, A., Rosa, E., Carvalho, R., Haneklaus, S. and Schnug, E. 2007. Influence of nitrogen and sulfur fertilization on the mineral composition of broccoli sprouts. Journal of Plant Nutrition, 30(7): 1035-1046.
- Awad, M.A., Soaud, A.A. and El-Konaissi, S.M. 2006. Effect of exogenous application of anti-stress substances and elemental sulfur on growth and stress tolerance of tissue culture derived plantlets of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv 'Khalas' during acclimatization. Journal of Applied Horticulture, 8(2): 129-134.
- Chapman, H.D. and Pratt, P.F. 1962. Methods of analysis for soils, plants and waters. Soil Science, 93(1): 68.
- Dawoud, H.D. and Ahmed, F.A. 2011. Effect of different levels of elemental sulfur fertilizer on the Growth, fruit quality, yield, and nutrient levels in the leaves of Mishrig Wad laggai date palm cultivar under Al Mukabrab Conditions. In Proceedings of the first international scientific conference for the development of Date Palm and dates sector in the Arab World, Riyadh, Saudi Arabia. 47-55.
- El-Khawaga, A.S. 2013. Effect of anti-salinity agents on growth and fruiting of different. Asian Journal of Crop Science, 5(1): 65-80.
- Elsadig, E.H. Aljuburi, H.J., Elamin, A.H.B. and Gafar, M.O. 2017. Impact of organic manure and combination of NPKS, on yield, fruit quality and fruit mineral content of Khenazi date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivar. Journal of Scientific Agriculture, 1(335): 25081.
- FAO. 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: <https://www.fao.org>.
- Gondent, L. and Ullman, P. 2000. Glutathione metabolism in plants in relation to stress tolerance. Plant Sulfur Research in Europe, Cost Action 829, Institute of Plant Nutrition and Soil Science, Federal Agricultural Research Centre, Braunschweig, Germany.
- Idris, T.I.M., Khidir, A.A. and Haddad, A.M. 2012. Growth and yield responses of a dry date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivar to soil and foliar fertilizers. International Research Journal of Agricultural Science and Soils, 2(9): 390-394.
- Kassem, H.A. 2012. The response of date palm to calcareous soil fertilization. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 12(1): 45-58.
- Kaur, G., Wadhwa, A., Abidin, M.Z., Sarwat, M. and Ahmad, A. 2013. Molecular network of nitrogen and sulphur signaling in plants. Stress Signaling in Plants: Genomics and Proteomics Perspective, 1: 191-223.
- Khan, N.A., Khan, M.I.R., Asgher, M., Fatma, M., Masood, A. and Syeed, S. 2014. Salinity tolerance in plants: revisiting the role of sulfur metabolites. Journal of Plant Biochemistry and Physiology, 2(2): 4172.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Edition. Academic Press, London.
- Marzouk, H.A. 2011. Soil fertilization study on zaghloul Date Palm grown in calcareous soil and irrigated with drainage water. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 10(5): 728-736.
- Modaihsh, A.S., Al-Mustafa, W.A. and Metwally, A.I. 1989. Effect of elemental sulphur on chemical changes and nutrient availability in calcareous soils. Plant and Soil, 116: 95-101.
- Narula, N., Mishra, M.M. and Vyas, S.R. 1974. The effect of Thiobacillus inoculation on alkali soils. Indian Journal of Agricultural Chemistry, 7(1): 85-87.
- Nikiforova, V., Freitag, J., Kempa, S., Adamik, M., Hesse, H. and Hoefgen, R. 2003. Transcriptome analysis of sulfur depletion in Arabidopsis thaliana: interlacing of biosynthetic pathways provides response specificity. The Plant Journal, 33(4): 633-650.

- Pourbabae, A.A., Koohbori Dinekaboodi, S., Seyed Hosseini, H.M., Alikhani, H.A. and Emami, S. 2020. Potential application of selected sulfur-oxidizing bacteria and different sources of sulfur in plant growth promotion under different moisture conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(6): 735-745.
- Salvagiotti, F. and Miralles, D.J. 2008. Radiation interception, biomass production and grain yield as affected by the interaction of nitrogen and sulfur fertilization in wheat. *European Journal of Agronomy*, 28(3): 282-290.
- Sameni, A.M. and Kasraian, A. 2004. Effect of agricultural sulfur on characteristics of different calcareous soils from dry regions of Iran. I. Disintegration rate of agricultural sulfur and its effects on chemical properties of the soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 35(9-10): 1219-1234.
- Schönhof, I., Blankenburg, D., Müller, S. and Krumbein, A. 2007. Sulfur and nitrogen supply influence growth, product appearance, and glucosinolate concentration of broccoli. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170(1): 65-72.
- Tama, M.H. and Hameed, I.H. 2021. Effect of humic acid and sulfur on the biochemical traits of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) Al-Sayer cultivar grown in saline soil. *International Journal of Agricultural and Statistical Sciences*, 17(1): 273-278.
- Waling, I., Van Vark, W., Houba, V.J.G. and Van der Lee, J.J. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi: Part 7. Plant Analysis Procedures Wageningen Agriculture University.