تأثیر خاک فسفات همراه با گوگرد و ریزجانداران بر عملکرد و ترکیب شیمیایی کلزا

سعید سلیم پور،[۱*] کاظم خاوازی، حبیب ا.. نادیان و حسین بشارتی

کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد- دزفول؛ **salimpourir@yahoo.com**

استادیار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب؛ **kkhavazi@yahoo.com**

دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه ملا ثانی اهواز؛ **Nadianhabib@yahoo.com**

استادیار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب؛ **hbesharaty@yahoo.com**

چکیده

کاربرد مستقیم خاک فسفات به عنوان یک کود فسفره که از ساده‌ترین وکم هزینه‌ترین روش‌های تأمین فسفر گیاه محسوب می‌شود، در خاکهای آهکی به علت حلالیت ناچیز خاک فسفات چندان موثر نبوده و ثمربخش نیست. کاربرد خاک فسفات مخلوط شده با گوگرد و مواد آلی و مصرف خاک فسفات همراه با میکروارگانیسم‌های مختلف و از جمله حل کننده‌های فسفات، اکسید کننده‌های گوگرد و قارچ های میکوریزی، از جمله روش های مستقیم کاربرد خاک فسفات به شمار می‌روند. تحقیق حاضر در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول با هدف استفاده مستقیم از خاک فسفات به منظور تأمین فسفر مورد نیاز کلزا.. به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار و سه تکرار در یک خاک آهکی اجرا گردید، که تیمارها شامل: شاهد، کود سوپرفسفات تریپل (۸۰ کیلوگرم در هکتار)، خاک فسفات (۱۶۰ کیلوگرم در هکتار)، خاک فسفات +مواد آلی، خاک فسفات+ موادآلی + مایه تلقیح باکتریهای حل کننده فسفات، خاک فسفات + گوگرد + مایه تلقیح تیوباسیلوس، خاک فسفات + گوگرد + موادآلی، خاک فسفات + گوگرد + مایه تلقیح تیوباسیلوس + موادآلی بودند. پس از عملیات تهیه زمین، در کرتهایی به ابعاد ۷×۳ متر تیمارها اعمال شدند. نیتروژن (اوره)، پتاسیم (سولفات پتاسیم) و روی (سولفات روی) در تمام کرت‌ها بر اساس آزمون خاک یکنواخت مصرف گردیدند. بذور کلزا با فاصله ۲۰ سانتی‌متری روی پشته‌هایی به فواصل ۶۰ سانتی‌متر کاشته شدند. در طی مراحل رشد گیاه، عملیات داشت در همه واحدهای آزمایشی یکنواخت صورت گرفت. پس از کامل شدن دوره رشد گیاه، برداشت گیاه انجام شد و عملکرد دانه، عملکرد کاه، تعداد بوته در کرت، تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه، درصد روغن و پروتئین دانه و همچنین میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، آهن، روی، مس و منگنز در دانه و بخش هوایی اندازه‌گیری شدند. بیشترین عملکرد دانه و کاه از تیمار سوپرفسفات تریپل (تیمار۲) بدست آمد که در مقایسه با شاهد عملکرد دانه و کاه را به ترتیب ۶۰ و ۹۲ درصد افزایش داد. تیمار خاک فسفات + گوگرد + ماده آلی + مایه تلقیح تیوباسیلوس (تیمار۸) در مقایسه با شاهد عملکرد دانه و کاه را به ترتیب ۳۸ و ۷۰ درصد افزایش داد و تنها تیماری بود که با تیمار کود سوپرفسفات در یک سطح آماری قرار گرفت و با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار نشان داد. از لحاظ وزن هزاردانه، تعداد دانه در غلاف، تعداد بوته در مترمربع، تعداد غلاف در بوته و درصد پروتئین دانه تفاوت معنی‌دار بین تیمارها مشاهده نشد. تیمار ۸ با ۳۹ درصد افزایش روغن دانه، بعد از تیمار ۲ حائز بیشترین درصد روغن دانه بود. در مجموع تیمارهای حاوی گوگرد در مقایسه با تیمارهای بدون گوگرد درصد روغن بیشتری داشتند و این برتری در مورد برخی از تیمارها معنی‌دار بود. از لحاظ غلظت نیتروژن، پتاسیم، گوگرد، آهن، روی، مس و منگنز برگ و دانه، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد ولی تیمارهای ۸ و ۲ نسبت به سایر تیمارها از لحاظ شاخص‌های مذکور برتری نشان دادند. از لحاظ نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، روی، آهن، مس و منگنز جذب شده توسط دانه، تیمار ۲ و تیمار ۸ با دارا بودن بیشترین مقادیر، در یک سطح آماری قرار گرفته و تفاوت آنها با شاهد معنی‌دار بود. بررسی روند تغییرات فسفر خاک نیز نشان داد که ۲ ماه بعد از اعمال تیمارها فسفر قابل جذب خاک به حداکثر رسیده و پس از اندکی کاهش در تمام تیمارها روند نسبتاً یکسانی را نشان داد.

واژه های کلیدی: گوگرد، حل کننده فسفات، مایه تلقیح تیوباسیلوس، کلزا، خاک فسفات

---

۱ - نویسنده مسئول، آدرس: مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد دزفول، ص پ ۳۳۳

* دریافت: ۸۵/۲/۱۸ و پذیرش: ۸۷/۵/۳

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

فسفر در خاک به دو شکل معدنی و آلی وجود دارد. متوسط مقدار فسفر در پوسته زمین و خاک‌های زراعی به ترتیب ۰/۱۲ و ۰/۰۶ درصد می‌باشد. مقدار فسفر قابل جذب گیاه در خاک، توسط عوامل متعددی نظیر واکنش خاک، غلظت یون کلسیم، میزان مواد آلی خاک، نوع و مقدار رس، رطوبت خاک، بافت خاک، ترشحات و تراکم ریشه کنترل می‌شوند (باربر، ۱۹۹۵; تیسدال و همکاران، ۱۹۹۳).

در خاک‌های آهکی ایران که در اقلیم خشک و نیمه‌خشک تحول پیدا کرده‌اند، وجود pH بالا، درصد زیاد کربنات کلسیم، کمی مواد آلی و خشکی خاک باعث شده‌اند که مقدار قابل جذب فسفر کمتر از مقدار لازم برای تأمین رشد بهینه اکثر محصولات کشاورزی باشد. استفاده از کودهای شیمیای حاوی این عنصر بالاخص سوپرفسفاتها که یکی از شیوه‌های رایج جبران کمبود این عنصر غذایی در خاک به شمار می‌رود، در خاکهای آهکی و قلیایی چندان مؤثر و کارآمد نیست. زیرا قسمت اعظم فسفر موجود در کود، پس از ورود به خاک به تدریج به ترکیبات نامحلول تبدیل شده و به صورت غیرقابل استفاده گیاه در خاک ذخیره می‌گردد، به طوری که بازده کودهای فسفری در خاکهای آهکی و قلیایی از ۲۰ درصد تجاوز نمی‌کند (اسپینک و باربر، ۱۹۴۷ تیسدال و همکاران، ۱۹۹۳). طی چند دهه اخیر استفاده از ارقام پر محصول، کشت و کار مداوم، سوزاندن بقایا و کاهش مواد آلی خاک باعث شده‌اند تا مصرف کودهای فسفری به طور فزاینده‌ای افزایش یابد.

خاک فسفات که ماده اولیه تهیه کودهای فسفاته است، جزء منابع غیرتجدید شونده بوده و معادن آن در چند نقطه دنیا از جمله شمال آفریقا، ایران، ایالات متحده، روسیه، چین و مراکش یافت می‌شوند که چهار کشور اخیر ۷۵ درصد خاک فسفات دنیا را تولید می‌کنند (ون کاونبرق، ۲۰۰۱a).

کاربرد مستقیم خاک فسفات به عنوان یک کود فسفره که از ساده‌ترین وکم هزینه‌ترین روش‌های تأمین فسفر گیاه محسوب می‌شود، عمدتاً در خاکهای اسیدی توصیه شده است، ولی در خاکهای آهکی به علت وجود pH و کربنات کلسیم بالا، حلالیت خاک فسفات ناچیز بوده و استفاه مستقیم آن ثمربخش نیست (آندرسون و همکاران، ۱۹۸۵ چین و همکاران، ۱۹۹۶، حبیب و همکاران، ۱۹۹۹ عبدالمونم و آمبرگر، ۲۰۰۰). تحقیقات انجام شده در مناطق مختلف دنیا نشان داده است که با اعمال روش‌های خاص، می‌توان قابلیت جذب فسفر در خاک فسفات را افزایش داده و بخشی از کودهای فسفری مورد استفاده در کشاورزی را با آن جایگزین نمود.

کاربرد خاک فسفات قسمتی اسیدی شده، خاک فسفات مخلوط شده با سوپرفسفات ها، خاک فسفات مخلوط شده با گوگرد و مواد آلی و مصرف خاک فسفات همراه با میکروارگانیسم‌های مختلف و از جمله حل کننده‌های فسفات، اکسید کننده‌های گوگرد و قارچ های میکوریزی، از جمله روش های مستقیم کاربرد خاک فسفات به شمار می‌روند(نارایانسامی و بیسواز، ۱۹۹۸ ساگو و همکاران، ۱۹۹۸ : چین و همکاران، ۱۹۸۷ هامونـد و همکاران، ۱۹۸۹رزا و همکاران، ۱۹۸۹).

در یک آزمایش میزان عملکرد برنج در خاکی با pH حدود ۷ در تیمارهای شاهد، خاک فسفات، سوپرفسفات ساده و مخلوط ۱:۱ سوپرفسفات و خاک فسفات به ترتیب ۳/۲۴، ۳/۸۷ و ۳/۷۹ و ۴/۱ تن در هکتار بودند. این ارقام در مورد فسفر جذب شده ۹/۲، ۱۳/۹، ۱۷/۵ و ۱۶/۱ کیلوگرم در هکتار گزارش شدند (چین و همکاران، ۱۹۸۷). مصرف مواد آلی همراه با خاک فسفات موجب می‌شود برخی از قارچ ها و باکتری‌های هتروتروف، از مواد آلی به عنوان منبع کربن استفاده کرده و اسیدهای آلی تولید کنند. اسیدهای آلی با پروتونه کردن و کلاته کردن باعث انحلال خاک فسفات و افزایش قابلیت جذب فسفر موجود در آن می‌شوند. قدرت اسید، میزان کلسیم محلول، نوع و موقعیت لیگاندهای کلات کننده از عواملی هستند که بر میزان فسفر آزاد شده مؤثر واقع می‌شوند (ساگو و همکاران، ۱۹۹۸).

میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات (PSM)[1] که طیف وسیعی از میکروفلور خاک را شامل می‌شوند (ساندارا و همکاران، ۲۰۰۱؛ یاداو، سینگ، ۱۹۹۱، ویت لاو، ۱۹۹۷؛ کوکی، ۱۹۸۳)، با تولید اسیدهای معدنی (اسیدکربنیک و سولفوریک)، اسیدهای آلی (سیتریک، بوتیریک، اگزالیک، مالونیک، لاکتیک و غیره) و تولید آنزیم فسفاتاز باعث انحلال فسفات های معدنی (از جمله خاک فسفات) و آلی می‌شوند (ساندارا و همکاران، ۲۰۰۱؛ ویت لاو، ۱۹۹۷ ؛کیم و همکاران a,b ۱۹۹۸). این میکروارگانیسم‌ها در خاک های مختلف تحت تأثیر عواملی مانند حاصلخیزی خاک، دما، رطوبت، مواد آلی وخواص فیزیکی خاک بسیار متفاوت است (کوکی، ۱۹۸۳؛ کوپتا و همکاران، ۱۹۸۶؛ ال یاهیا و آزاوی، ۱۹۸۹). این میکروارگانیسم‌ها در اکثر خاک ها یافت می‌شوند (یاهیا و ال آزاوی، ۱۹۸۹). کمتر از ۱۰ درصد کل میکروارگانیسم‌های خاک قدرت حل‌کنندگی فسفات دارند

1- Phosphate Solubilizing Microorganisms

Archive of SID

www.SID.ir

(کوپتا و همکاران (۱۹۸۶)، لذا تلقیح گیاهان با این میکروارگانیسم‌ها در کنار مصرف خاک فسفات می‌تواند منجر به افزایش کم و کیف محصولات گردد.

در آزمایشی تلقیح باکتری های حل کننده فسفات همراه با کاربرد خاک فسفات در مقایسه با مصرف خاک فسفات، عملکرد گندم را بین ۳۲ تا ۴۲٪ افزایش داد، به طوری که وزن خشک گندم در تیمارهای شاهد، خاک فسفات، باکتری *B.circulans* باکتری *Cladosporium herbarum*، مخلوط خاک فسفات *B.circulans* و مخلوط خاک فسفات با *Cladosporium herbarum* به ترتیب ۲/۰۱۷، ۲/۰۴، ۲/۵۴، ۲/۷۶، ۲/۷ و ۲/۸۹ گرم در گلدان گزارش شدند (سیتگ و کاپور.۱۹۹۲).

تلقیح توأم VAM[1] و PSM جذب فسفر و وزن خشک کلزا را در مقایسه به شاهد به طور معنی‌دار افزایش داد (تاندون و پراکاش ۱۹۹۸). در آزمایشی که بر روی چغندرقند انجام شد، وزن غده‌ها در تیمارهای شاهد، حل‌کننده فسفات، سوپرفسفات ساده، مخلوط ۱:۱ سوپرفسفات و خاک فسفات و مخلوط ۱:۱ سوپر فسفات و خاک فسفات حاوی میکروارگانیسم های حل‌کننده فسفات به ترتیب ۱۰۱/۴، ۱۱۲/۱، ۱۲۵/۵، ۱۰۶/۴و ۱۲۷/۱ تن در هکتار بودند که همه تیمارها، بجز تیمار مخلوط ۱:۱ خاک فسفات و سوپرفسفات، نسبت به شاهد به طور معنی‌دار وزن غده‌ها را افزایش دادند. میزان فسفر قابل جذب خاک در تیمارهای یاد شده به ترتیب ۴/۳، ۴/۲، ۵/۰، ۴/۸ و ۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شدند که در این مورد، تنها تیمار PSM با شاهد در یک سطح آماری قرار گرفتند (ساندارا و همکاران، ۲۰۰۲).

اسکوفیلد و همکاران (۱۹۸۹) مخلوط ۱:۵ خاک فسفات و گوگرد را با باکتری تیوباسیلوس تیواکسیدس تلقیح (بیوسوپر) و آن را به عنوان یک کود فسفری در سه خاک آهکی در گلخانه ارزیابی نمودند. نتایج آزمایش آنها نشان داد که در دو خاک، بیوسوپر به اندازه سوپرفسفات در افزایش عملکرد و جذب فسفر توسط شبدر مؤثر واقع گردید. استنباط آنها از نتایج این بود که بیوسوپر می‌تواند در خاک هایی با فسفر کم تا متوسط به عنوان کود فسفری مورد استفاده قرار گیرد.

کیتامز و آتو (۱۹۶۳) تأثیر مصرف گوگرد بر آزاد شدن فسفر از خاک فسفات و افزایش عملکرد گیاه را مثبت ارزیابی نمودند. در خاک لومی خنثی، تیمارهای خاک فسفات و خاک فسفات حاوی گوگرد، عملکرد گیاه علوفه‌ای (reygrass) را در مقایسه با شاهد به ترتیب ۲۸ و ۵۹ درصد و مقدار فسفر جذب شده توسط گیاه را ۵۴ و ۱۲۱درصد افزایش دادند. در خاک آهکی دو تیمار مذکور در مقایسه با شاهد عملکرد یونجه را به ترتیب ۷ و ۱۸ درصد و فسفر جذب شده توسط گیاه را ۷ و ۲۹ درصد افزایش دادند (۹۷). در یک آزمایش گلدانی گوگرد (۰/۵ درصد) و باکتریهای تیوباسیلوس (10^6 cfu ml^{-1}) قبل از کشت ذرت به خاک آهکی اضافه شدند. PH خاک در تیمارهای شاهد، تیوباسیلوس، گوگرد و گوگرد + تیوباسیلوس به ترتیب ۷/۹، ۷/۸۷، ۶/۸۶ و ۶/۴۹ بودند. کاهش pH خاک قابلیت جذب فسفر و آهن را در خاک افزایش داد. به طوری که در تیمارهای مذکور میزان فسفر قابل جذب خاک به ترتیب ۴/۸، ۵/۰۳، ۷/۵۳ و ۱۴/۶۵ و آهن قابل جذب خاک ۲/۱۳، ۲/۰۵، ۲/۷۱ و ۴/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم بودند. لذا فسفر جذب شده در تیمارهای مذکور به ترتیب ۱۰/۱۶، ۱۰/۸، ۱۸/۸۳ و ۳۵/۳۹ و آهن جذب شده نیز ۰/۳۸، ۰/۴۱، ۰/۴۹ و ۰/۶۶۵ میلی‌گرم در گلدان و وزن خشک ذرت در تیمارهای یاد شده به ترتیب ۱۰/۳، ۱۱/۱، ۱۱/۷ و ۲۰/۳۱ گرم در گلدان گزارش شدند.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰ در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول که متوسط بارندگی سالانه آن ۲۵۰ میلی‌متر بوده و دارای رژیم حرارتی هیپرترمیک (Hyperthermic) و رطوبتی یوستیک (Ustic) می‌باشد، بر روی گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) اجرا گردید. قبل از اجرای آزمایش، از قطعه زمین مورد نظر نمونه مرکب خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر تهیه و پس از هوا خشک کردن و گذراندن از الک ۲ میلی‌متری، بافت خاک به روش هیدرومتری، هدایت الکتریکی عصاره اشباع با دستگاه هدایت سنج، pH گل اشباع با دستگاه pH متر مدل متروم، درصد کربن آلی به روش و الکلی-بلاک، فسفر کل به روش هضم‌تر، فسفر قابل جذب به روش السن، پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیم، درصد مواد خنثی شونده به روش تیتراسیون، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم، درصد رطوبت اشباع به روش وزنی و میزان آهن، روی، مس و منگنز قابل جذب نیز به روش DTPA اندازه‌گیری شدند (جدول ۱).

جهت اجرای آزمون مزرعه‌ای از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار و سه تکرار استفاده گردید. تیمارهای اعمال شده عبارت بودند از:

T_1: تیمار شاهد (بدون مصرف کود فسفره)

T_2: مصرف کود سوپرفسفات تریپل به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار (TSP)

2- Vesicular Arbuscular Mycorrhizae

Archive of SID

www.SID.ir

T_3 : مصرف خاک فسفات به میزان ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار (A)

T_4: O.M + A T_5: PSM + O.M + A

T_6: SOM + S_1+A T_7: O.M + S_1+A

T_8: SOM + O.M + S_1 +A

قبل از پیاده نمودن نقشه طرح و اجرای آزمایش، ابتدا در قطعه آزمایشی که حاوی خاک آهکی (۴۸/۵ ٪ = CCE) بود، عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و ماله‌کشی صورت گرفت و در مجموع ۲۴ کرت به ابعاد ۳ * ۷ متر ایجاد شدند. به منظور جلوگیری از تداخل احتمالی تیمارها، فاصله بین تکرارها ۵ متر منظور شد و نهرهای آبیاری و زهکشی مستقلی برای هر کرت ایجاد شدند. آبیاری هر کرت مجزا صورت گرفت و زهاب هر کرت توسط نهرهای تخلیه به بیرون از قطعات آزمایشی منتقل شدند.

نیتروژن از منبع اوره، پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم و روی از منبع سولفات روی به ترتیب به میزان ۳۶۰، ۱۸۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار براساس آزمون خاک در تمامی کرت‌های آزمایشی به صورت یکنواخت قبل از کشت گیاه پخش و با دیسک با خاک مخلوط شدند. به کمک دستگاه فاروزن، پشته‌هایی به فواصل ۶۰ سانتی‌متر در هر کرت ایجاد و بذور کلزا رقم PF705.91 توسط دستگاه ردیف‌کار در وسط پشته‌ها به فواصل ۲۰ سانتی‌متر کاشته شدند. در تیمارهای حاوی باکتری‌های اکسید کننده گوگرد (SOM) و حل کننده فسفات (PSM)، میزان ۱۶ گرم از مایه تلقیح باکتری‌های مذکور مایه تلقیح باکتریهای اکسیدکننده گوگرد شامل گونه های خنثی دوست جنس تیوباسیلوس بود که دارای تراکم جمعیت ۷×۱۰^{۷} سلول در هر گرم مایه تلقیح بودند. مایه تلقیح حل کننده فسفات نیز با استفاده از باکتری *Bacillus circulans* جداسازی شده از خاکهای ایران (داده ها منتشر نشده) تهیه شد و جمعیت باکتری ۱۰۸ ×۲/۵ سلول در هرگرم مایه تلقیح بود. در هر کرت استفاده گردید. تمامی تیمارها در شیارهای کوچکی که در دو طرف پشته‌ها ایجاد شده بودند، قبل از کشت گیاه اعمال گردیدند.

در طی مراحل رشد گیاه، عملیات داشت نظیر وجین علف‌های هرز، آبیاری و مبارزه با آفات در همه واحدهای آزمایشی به طور یکنواخت صورت گرفت. به منظور بررسی تغییرات pH و فسفر قابل جذب در کرت‌های آزمایشی، در طول ۸ ماه اجرای تحقیق، هر ماه یک نمونه خاک از هر کرت تهیه و پارامترهای مذکور در آنها اندازه‌گیری گردیدند (جدول ۱۰).

جهت اعمال تیمارها از گوگرد عنصری (با درجه خلوص ۹۸٪)، ضایعات کارخانجات چای و خاک فسفات تولید داخل (معادن آسفوردی یزد) در تیمارهای حاوی این ترکیبات استفاده گردید و در دو ترکیب اخیر برخی خصوصیات شیمیایی نظیر هدایت الکتریکی، pH، فسفر کل، فسفر قابل جذب، نیتروژن کل، درصد کربن آلی و فسفر محلول به روش‌های معمول و استاندارد آزمایشگاهی تعیین شدند (جدول ۲).

حدود سه ماه پس از کشت گیاه، در اوایل مرحله گلدهی کلزا، از هر کرت تعداد ۲۰ برگ از برگ‌های بالغ گیاه جمع‌آوری و به روش اکسیداسیون خشک (Dry Ashing) مقدار فسفر، آهن، روی، مس، منگنز و پتاسیم اندازه‌گیری شدند.

همچنین میزان نیتروژن و گوگرد در نمونه‌های پودر شده برگ به ترتیب به روش کلدال و هضم‌تر تعیین گردیدند. پس از کامل شدن دوره رشد گیاه، برداشت کلزا از کرت‌های آزمایشی صورت گرفت و عملکرد دانه، عملکرد کاه، تعداد بوته‌ها در هر کرت، تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، درصد روغن و پروتئین دانه و همچنین میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، آهن، روی، مس و منگنز در اندام هوایی و دانه کلزا اندازه‌گیری شدند. بازده نسبی زراعی نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$\text{بازده نسبی زراعی} = \frac{\text{وزن خشک گیاه در تیمار شاهد - وزن خشک گیاه در تیمار موردنظر}}{\text{وزن خشک گیاه در تیمار شاهد - وزن خشک گیاه در تیمار سوپرفسفات تریپل}}$$

نتایج بدست آمده با نرم افزار آماری MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج

قبل از اعمال تیمارها و کشت کلزا، برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی خاک قطعه آزمایشی اندازه‌گیری شدند که نتایج این اندازه‌گیری‌ها در جدول ۱ منعکس شده است.

با توجه به جدول مذکور، خاک قطعه آزمایشی شدیداً آهکی بوده و مقدار عناصر فسفر، پتاسیم و روی خاک کمتر از حد بحرانی برای کلزا می‌باشند (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۶).

جدول ۲ نتایج تجزیه شیمیایی خاک فسفات و ماده آلی (ضایعات چای) مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

همان‌طوری که از جدول فوق پیداست مقدار بسیار ناچیزی از کل فسفر موجود در خاک فسفات برای گیاه کلزا قابل جذب می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر خواص کمی و کیفی کلزا نشان داد که تفاوت بین تیمارهای آزمایشی از نظر عملکرد دانه، عملکردکاه، تعدا غلاف در هر بوته و میزان فسفر برگ کلزا در سطح ۱٪ معنی دار بود، در حالی‌که از نظر درصد روغن، درصد پروتئین و نیتروژن دانه در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار وجود داشت. اما از لحاظ صفاتی نظیر وزن هزار دانه، تعدا بوته در مترمربع، میزان نیتروژن، پتاسیم، گوگرد، آهن، روی، مس و منگنز برگ و دانه، همه تیمارها در یک سطح آماری قرار داشته و تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد دانه، عملکرد کاه، در افزایش آنها نسبت به شاهد و همچنین درصد بازده نسبی زراعی را در تیمارهای آزمایشی نشان می‌دهد.

تیمار شماره ۲ (کود سوپر فسفات تریپل) به ترتیب با ۳۱۰۷ و ۴۱۷۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار ۱ (شاهد) نیز با ۱۹۴۴ و ۲۱۷۶ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه و کاه را خود اختصاص دادند و تفاوت دو تیمار مذکور از لحاظ آماری معنی‌دار بود. تیمار ۸ (خاک فسفات + گوگرد + مواد آلی + مایه تلقیح تیوباسیلوس) تنها تیماری بود که با عملکرد دانه ۳۶۷۷ کیلوگرم در هکتار، با تیمار کود سوپرفسفات تریپل در یک سطح آماری قرار گرفت. تیمار مذکور در مقایسه با شاهد عملکرد دانه و کاه را به ترتیب ۳۷/۷۰ و ۷۰ درصد افزایش داد و بیشترین درصد بازده نسبی زراعی را به خود اختصاص داد.

جدول (۴) مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر اجزاء عملکرد کلزا شامل، تعدا غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر غلاف، وزن هزار دانه و تعداد بوته در هر مترمربع را نشان می‌دهد.

متوسط وزن هزار دانه کلزا در تیمارهای مختلف بین ۲/۶۶ تا ۲/۹۶ گرم متغیر بود. بین تیمارهای مختلف از لحاظ وزن هزار دانه تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. تعداد دانه در غلاف در تیمارهای مختلف بین ۱۹ تا ۲۱ دانه در غلاف متغیر بود و اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از لحاظ این صفت مورد اندازه‌گیری نیز، وجود نداشت.

تیمار کود سوپر فسفات تریپل (تیمار ۲) با میانگین ۲۷۲ و تیمار شاهد با میانگین ۱۶۵ غلات در بوته بیشترین و کمترین تعداد غلاف در هر بوته را به خود اختصاص داده و تفاوت بین آنها از لحاظ آماری معنی‌دار بود. تیمارهای ۳و ۶ با تیمار شاهد در حالی که سایر تیمارها با تیمار ۲ (که بیشترین تعداد غلاف در بوته را بود) دریک سطح آماری قرار گرفتند.

تعداد بوته کلزا در مترمربع، از ۳۴ بوته تا ۴۱ بوته (تیمار شاهد) متغیر بود و بین تیمارهای مختلف از لحاظ تعداد بوته در مترمربع اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و همه آنها در یک سطح آماری قرار داشتند (جدول ۴).

جدول ۵ اثر تیمارهای مختلف را بر درصد روغن دانه کلزا، مقدار روغن قابل استحصال (درصد روغن × عملکرد دانه) و درصد پروتئین دانه کلزا نشان می‌دهد.

همان طوری که از جدول مذکور پیداست، تیمار کود سوپرفسفات تریپل (تیمار ۲) و تیمار ۵ به ترتیب با ۴۵/۲۷ و ۴۲/۸۲ درصد روغن دانه، بیشترین و کمترین روغن دانه کلزا را به خود اختصاص داده و تفاوت آنها از لحاظ آماری معنی‌دار بود. تیمار خاک فسفات + گوگرد + ماده آلی + تیوباسیلوس (تیمار ۸) با ۴۴/۵۷ درصد روغن دانه کلزا، بعد از تیمار ۲ حائز بیشترین درصد روغن دانه بود. هیچ یک از تیمارها از لحاظ درصد روغن دانه با شاهد تفاوت معنی دار نداشتند. نکته شایان ذکر در جدول فوق این است که تیمارهای حاوی گوگرد در مقایسه با تیمارهای بدون گوگرد درصد روغن بیشتری را دارا بودند و این برتری در مورد برخی از تیمارها معنی‌دار می‌باشد. بین تیمارهای آزمایشی از نظر روغن قابل استحصال تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود داشت (جدول ۵). تیمار کود سوپر فسفات تریپل با ۱۴۰۶ و تیمار شاهد با ۸۵۸ کیلوگرم در هکتار حداکثر و حداقل روغن قابل استحصال را دارا بودند. تیمار ۸ با ۱۱۹۴ کیلوگرم در هکتار پس از تیمار ۲ بیشترین عملکرد روغن را به خود اختصاص داد.

تیمارهای ۲، ۷ و ۸ به ترتیب با ۶۳/۸۶ ، ۳۱/۳۵ و ۳۹/۰۴ درصد افزایش عملکرد روغن نسبت به شاهد، تنها تیمارهایی بودند که با آن تفاوت معنی‌دار داشتند، در حالی که سایر تیمارها اگر چه باعث افزایش عملکرد روغن نسبت به تیمار شاهد شدند ولی با آن در یک سطح آماری قرار گرفتند (جدول ۵). از لحاظ درصد پروتئین دانه کلزا، بین تیمارها تفاوت معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) وجود داشت. تیمار ۲ (کود سوپر فسفات تریپل)، که حداکثر درصد و عملکرد روغن را دارا بود، با ۲۱/۰۴ درصد کمترین مقدار پروتئین دانه کلزا را به خود اختصاص دادند و تفاوت بین تیمار یاد شده با سایر تیمارها معنی‌دار بود (جدول ۵). بین میزان روغن و

Archive of SID

www.SID.ir

پروتئین دانه در تیمارهای مختلف همبستگی منفی وجود داشت. جدول ۶ مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف را بر غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، آهن، روی، مس و منگنز در برگ کلزا نشان می‌دهد.

از لحاظ غلظت نیتروژن، پتاسیم، گوگرد، روی، آهن، مس و منگنز در برگ کلزا تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد و همه آنها در یک سطح آماری قرار گرفتند، در حالی که غلظت فسفر برگ در تیمارهای ۲و ۸ به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود. تیمارهای ۲ و ۸ به ترتیب با ۰/۲۱۷ و ۰/۲۳۷ درصد بیشترین و تیمار شاهد با ۰/۳۳ درصد کمترین غلظت فسفر برگ کلزا را دارا بودند (جدول ۶). جدول ۷ مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، روی، آهن، مس و منگنز در دانه کلزا را نشان می‌دهد.

بین تیمارها از نظر میزان نیتروژن دانه کلزا تفاوت معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) وجود داشت (جدول ۷). تیمار ۴ (خاک فسفات + ماده آلی) با ۳/۸ درصد بیشترین و تیمار ۲ (کود سوپر فسفات تریپل) با ۳/۳۷ درصد کمترین نیتروژن دانه را نشان دادند. اگر چه بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری از لحاظ فسفر، پتاسیم، گوگرد، آهن، روی، مس و منگنز دانه کلزا مشاهده نگردید ولی همان طوری که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، تیمار ۸ (خاک فسفات + گوگرد + مواد آلی + تیوباسیلوس) در مقایسه با سایر تیمارها بیشترین مقدار فسفر، گوگرد، آهن و روی دانه کلزا را دارا بود. جدول ۸ اثر تیمارهای مختلف بر مقدار عناصر غذایی جذب شده توسط بخش هوایی کلزا را نشان می‌دهد.

جدول ۹ اثر تیمارهای مختلف آزمایشی بر مقدار عناصر غذایی جذب شده توسط دانه کلزا را نشان می‌دهد.

همان طوری که قبلاً اشاره شد، به منظور تعیین تغییرات pH و فسفر قابل جذب در کرت‌های آزمایشی، در طی اجرای آزمایش ۸ نمونه در زمانهای مختلف تهیه و فسفر قابل جذب آنها اندازه‌گیری گردید که نتایج این اندازه‌گیری‌ها در جدول ۱۰ منعکس شده است.

پس از اعمال تیمارها مقدار فسفر قابل جذب خاک روند افزایشی را نشان داد، بطوریکه در نمونه برداری سوم (دو ماه بعد از کشت گیاه) در همه تیمارها به بالاترین مقدار خود رسید. در این حالت مقدار فسفر قابل جذب در تیمار ۲ به ۲۲ میلی‌گرم در کیلوگرم رسید. از آن پس با گذشت زمان به دلیل جذب فسفر توسط گیاه و تثبیت آن در خاک آهکی، فسفر قابل جذب روبه کاهش گذاشته و به تدریج مقدار فسفر قابل جذب در این تیمار با مقدار فسفر قابل جذب در سایر تیمارها تقریباً یکسان گردید و در نمونه‌برداری آخر (بعد از برداشت گیاه) به حدود ۸ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش یافت. در حالی که در تیمار ۸، که بعد از تیمار ۲ بیشترین عملکرد دانه و کاه را به خود اختصاص داده بود، فسفر قابل جذب خاک با حدود ۴ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش پس از رسیدن به حداکثر مقدار در نمونه‌برداری سوم، با روند نسبتاً ثابتی تا پایان دوره رشد گیاه بیشترین فسفر قابل جذب را خود اختصاص داد. لذا استفاده از خاک فسفات همراه با گوگرد، مواد آلی و میکروارگانیسم‌های اکسید کننده گوگرد می‌تواند با آزادسازی تدریجی فسفر از خاک فسفات، همانند یک کود فسفری کند رها عمل نموده و حتی در تأمین فسفر کشت بعدی مؤثر واقع گردد.

بحث

در آزمایشی که در یک خاک آهکی بر روی کنجد و برنج صورت گرفت، وزن خشک کنجد در تیمارهای شاهد، خاک فسفات، گوگرد، خاک فسفات حاوی گوگرد (به نسبت ۳ به ۱)، خاک فسفات حاوی گوگرد و کمپوست و تیمار سوپر فسفات ساده به ترتیب ۳، ۳/۲، ۴/۱، ۶/۷، ۶/۴ و ۳/۷ گرم در گلدان بودند. بجز خاک فسفات سایر تیمارها فسفر قابل جذب خاک و جذب فسفر در گیاه را نسبت به شاهد به طور معنی دار افزایش دادند، در حالی که دو تیمار خاک فسفات حاوی گوگرد، خاک فسفات حاوی گوگرد و کمپوست، تنها تیمارهایی بودند که وزن خشک گیاه را در مقایسه با شاهد به طور معنی‌دار افزایش دادند. وزن خشک بخش هوایی برنج در تیمارهای یاد شده به ترتیب ۸/۳، ۹/۶، ۱۱/۳، ۱۳/۸، ۱۲/۴ و ۸/۵ گرم در گلدان و فسفر جذب شده در آنها نیز به ترتیب ۱۰/۷، ۱۳/۸، ۱۶/۸، ۱۸/۶، ۱۷/۴ و ۱۱/۳ میلی‌گرم در گلدان بودند. بجز دو تیمار خاک فسفات و سوپرفسفات، سایر تیمارها وزن خشک و فسفر جذب شده در برنج را نسبت به شاهد به طور معنی‌دار افزایش دادند (پاساک و همکاران ۱۹۸۷). در تحقیق حاضر نیز استفاده از خاک فسفات همراه گوگرد و میکروارگانیسمهای اکسید کننده گوگرد عملکرد کلزا را در مقایسه با شاهد به طور معنی دار افزایش داد.

قسمت اعظم گوگرد مصرفی در خاک به روش بیولوژیک اکسید می‌گردد (وین رایت، ۱۹۸۴؛ طباطبایی، ۱۹۸۶). شرایط محیطی از جمله حاصلخیزی خاک و جمعیت میکروارگانیسم‌های اکسیدکننده در شدت اکسایش گوگرد تأثیر بسزایی دارند. معنی‌دار نبودن برخی از شاخص‌های اندازه‌گیری شده در خاک و گیاه در مقایسه با شاهد را می‌توان به اکسایش کم گوگرد در نتیجهٔ پائین بودن عناصر غذایی خاک (اگری فکتز، ۲۰۰۳) و جمعیت

Archive of SID

www.SID.ir

اکسیدکنندگان گوگرد (وین رایت، ۱۹۸۴؛ بشارتی، ۱۳۷۷) نیز نسبت داد. (اگری فکتز، ۲۰۰۳) پائین بودن افزایش عملکرد گندم در تیمار گوگرد عنصری را ناشی از زمان کم اکسیداسیون گوگرد و عدم اکسایش مقادیر کافی آن گزارش نمود. معنی دار نبودن اثر تیمارها بر جذب عناصر کم مصرف نظیر آهن روی منگنز و مس را می توان به بالا بودن مقادیر قابل جذب این عناصر در خاک مورد آزمایش (جدول۱) نسبت داد.

در تحقیق حاضر میزان فسفر قابل جذب خاک در قطعه آزمایشی کمتر از حد بحرانی برای کلزا بود (جدول۱)، لذا مصرف گوگرد همراه با تیوباسیلوس در مقایسه با شاهد با افزایش حلالیت فسفر، باعث افزایش فسفر قابل جذب خاک و متعاقباً فسفر جذب شده توسط کلزا گردید. آذری (۱۳۷۰) حداکثر محصول جو در یک خاک آهکی را از مصرف سه تن گوگرد در هکتار بدست آورد.

وایت هاوس و همکاران (۱۹۷۷) در دو خاک آهکی با مقدار کم فسفر قابل جذب، نقش بیوسوپر (۵ قسمت خاک فسفات + یک قسمت گوگرد + باکتریهای تیوباسیلوس) در افزایش عملکرد و تأمین فسفر مورد نیاز گندم را با کود سوپرفسفات ساده در مزرعه و گلخانه مقایسه نمودند. کود سوپرفسفات ساده در گلخانه و مزرعه در هر دو خاک مورد آزمایش، عملکرد دانه و فسفر جذب شده توسط گندم را در مقایسه با شاهد به طور معنی‌دار افزایش داد. کود بیوسوپر نیز در گلخانه و مزرعه در هر دو خاک شاخص‌های اندازه‌گیری شده را افزایش داد که البته فقط در شرایط گلخانه تأثیر آن در مقایسه با شاهد معنی‌دار بود.

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی قطعه آزمایشی قبل از اعمال تیمارها

Tex	CEC cmolc/ kg	Cu mg/ Kg	Mn mg/ Kg	Fe mg/ Kg	Zn mg/ Kg	K mg/ Kg	P mg/ Kg	SP %	OC %	T.N.V %	ECe dS/m	pH	Cm عمق
Silty clay loam	۱۸	۲/۶	۹/۴	۱۳/۲	۰/۵۸	۱۰۴	۵	۴۹	۰/۹۱	۴۸/۵	۰/۹۸	۷/۸	۰-۳۰

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی خاک فسفات و ضایعات چای مورد استفاده

Available P mg/ Kg	Total(%) P_2O_5	TN %	OC %	pH	EC $^{-1}$ dS m	
۲	۳۸	۰	۰	۷/۶	۵/۱	خاک فسفات
۰	۰	۳/۳۴	۳۲/۴	۴/۶	۶/۶	ضایعات چای

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد دانه، عملکرد کاه، افزایش عملکرد دانه و کاه نسبت به شاهد و بازده نسبی زراعی تیمارها

شماره تیمار	عملکرد دانه			عملکرد کاه		
	کیلوگرم در هکتار*	درصد افزایش نسبت به شاهد	درصد بازده نسبی زراعی	کیلوگرم در هکتار*	درصد افزایش نسبت به شاهد	درصد بازده نسبی زراعی
۱	۱۹۴۴ c	—	—	۲۱۷۶ f	—	—
۲	۳۱۰۷ a	۵۹/۸	۱۰۰	۴۱۷۸ a	۹۲	۱۰۰
۳	۲۲۲۷ bc	۱۴/۴	۲۴/۰۸	۲۸۰۸ d	۲۹	۳۱/۴۷
۴	۲۲۹۴ bc	۱۸	۳۰/۱۱	۳۶۶۳ b	۶۸/۳	۷۴/۱۷
۵	۲۳۳۲ bc	۲۰	۳۳/۳۴	۳۱۳۶ bcd	۴۴/۱	۴۷/۸۵
۶	۲۳۷۵ bc	۲۲/۲	۳۷/۱۰	۳۰۳۹ cd	۳۹/۶	۴۳/۰۱
۷	۲۵۴۰ b	۳۰/۶	۵۱/۲۶	۳۰۵۵ cd	۴۰/۳	۴۳/۸۱
۸	۲۶۷۷ ab	۳۷/۷	۶۳/۰۲	۳۶۹۸ ab	۶۹/۹	۷۵/۹۲

* میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری (روش دانکن) تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ با هم ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر تعداد غلاف، تعداد دانه، وزن هزار دانه و تعداد بوته

شماره تیمار	تعداد غلاف در بوته	تعداد بوته در مترمربع
۱	۱۶۵/۰۰ bc	۴۱/۳۵a
۲	۲۷۲/۶۷a	۳۶/۶۷ab
۳	۲۰۷/۰۰ b	۳۶/۵۱ ab
۴	۲۳۲/۳۳ab	۳۴/۷۶ b
۵	۲۲۷/۳۳ ab	۳۹/۸۴ ab
۶	۲۰۴/۳۳cd	۳۸/۰۲ ab
۷	۲۴۴/۳۳ab	۳۸/۴۹ ab
۸	۲۵۳/۶۷ab	۳۴/۲۱ b

* میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری (روش دانکن) تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ با هم ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر درصد روغن، مقدار روغن قابل استحصال و درصد پروتئین دانه کلزا

شماره تیمار	روغن دانه کلزا	پروتئین دانه کلزا	روغن قابل استحصال (کیلوگرم در هکتار)
	٪		
۱	۴۴/۱۴ab	۲۲/۷۱ ab	۸۵۸c
۲	۴۵/۲۷a	۲۱/۰۴ b	۱۴۰۶a
۳	۴۳/۱۳bc	۲۲/۷۱ab	۹۶۰bc
۴	۴۳/۰۷bc	۲۳/۷۵a	۹۸۸ bc
۵	۴۲/۸۲c	۲۲/۹۲ab	۹۹۸ bc
۶	۴۴/۰۵bc	۲۳/۱۲b	۱۰۴۶ bc
۷	۴۴/۳۸ab	۲۲/۷۱ ab	۱۱۲۷bc
۸	۴۴/۵۷ b	۲۲/۷۱ab	۱۱۹۳b

* میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری (روش دانکن) تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ با هم ندارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر غلظت عناصر در برگ کلزا

تیمار	P	K	S
		٪	
۱	۰/۱۳۳ c	۲/۹۰ b	۰/۹۶ a
۲	۰/۲۱۷ ab	۳/۵۶ ab	۰/۹۵ a
۳	۰/۱۴۷ bc	۳/۱۰ ab	۰/۹۷ a
۴	۰/۱۶۳ bc	۳/۱۶ ab	۰/۹۶ a
۵	۰/۱۶۷ bc	۳/۸۰ a	۰/۹۸ a
۶	۰/۱۷۰ b	۳/۵۰ ab	۰/۹۷ a
۷	۰/۱۹۰ ab	۲/۹۳ ab	۰/۹۸ a
۸	۰/۲۳۷ a	۳/۳۳ ab	۰/۹۶ a

* میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری (روش دانکن) تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ با هم ندارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر غلظت برخی عناصر غذایی در دانه کلزا

تیمار	N	P	K	S	Zn	Fe	Mn	Cu
	٪				mg kg $^{-1}$			
۱	۳/۶۳ab	۰/۵۴b	۰/۸۹۷a	۰/۷۰۳ab	۳۵/۷a	۷۳/۲a	۴۲/۰a	۴/۷a
۲	۳/۳۷b	۰/۶۱a	۰/۹۳۳ a	۰/۶۸۷ab	۳۵/۶a	۸۴/۸a	۴۲/۲a	۴/۷a
۳	۳/۶۳ab	۰/۵۶ab	۰/۸۹۷ a	۰/۶۴۷b	۳۵/۸a	۸۱/۵a	۴۲/۸a	۴/۷a
۴	۳/۸۰a	۰/۵۹ ab	۰/۹۳۳ a	۰/۷۱۰ ab	۳۹/۲a	۹۰/۸a	۴۳/۷a	۴/۵a
۵	۳/۶۷ab	۰/۵۸ ab	۰/۸۹۷ a	۰/۶۹۳ ab	۳۸/۸a	۷۹/۶a	۴۳/۷a	۴/۸a
۶	۳/۷۰ ab	۰/۵۷ ab	۰/۸۶۰ a	۰/۶۹۳ab	۳۷/۷a	۷۲/۸a	۴۳/۷a	۴/۵a
۷	۳/۶۳ ab	۰/۵۹ ab	۰/۸۹۷ a	۰/۶۵۷b	۳۷/۰a	۷۷/۲a	۴۳/۲a	۴/۷a
۸	۳/۶۳ ab	۰/۶۰a	۰/۸۹۷ a	۰/۷۳۷a	۴۰/۵a	۹۹/۰a	۴۳/۲a	۴/۷a

* میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری (روش دانکن) تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ با هم ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر مقدار عناصر غذایی جذب شده توسط اندام هوایی کلزا

تیمار	N	P	K	S	Zn	Fe	Mn	Cu
	kg ha $^{-1}$				kg ha $^{-1}$			
۱	۸۸/۱۳ c	۲/۸۹۴ c	۶۳/۱۰ c	۲۰/۸۹۰d	۰/۰۸۱۹ b	۰/۲۸۵۱b	۰/۱۳۲۴b	۰/۰۱۷۸b
۲	۱۵۵/۴۲ a	۹/۰۶۶ a	۱۴۸/۷۴ a	۳۹/۶۹۱a	۰/۱۴۵۵ ab	۰/۵۵۵۷a	۰/۲۶۶۰ a	۰/۰۳۵۵ a
۳	۱۰۷/۵۵bc	۴/۱۲۸ c	۸۷/۰۵ bc	۲۷/۲۳۸c	۰/۰۸۱۴ b	۰/۲۹۴۸ b	۰/۱۴۵۵ ab	۰/۰۲۱۱ab
۴	۱۲۳/۰۸ ab	۵/۹۷۱ ab	۱۱۵/۷۵ ab	۳۵/۱۶۵ab	۰/۱۱۶۰ab	۰/۴۰۲۹ ab	۰/۱۷۳۴ab	۰/۰۲۸۱ ab
۵	۱۰۵/۳۷ b	۵/۲۳۷ ab	۱۱۹/۱۷ ab	۳۰/۷۳۳ ab	۰/۱۲۳۹ab	۰/۳۹۸۳ ab	۰/۱۷۵۶ ab	۰/۰۲۳۵ ab
۶	۱۲۸/۵۵ ab	۵/۱۶۶ b	۱۰۶/۳۷ ab	۲۹/۴۷۸ bc	۰/۰۹۸۳ ab	۰/۳۳۱۳ b	۰/۱۷۷۳ ab	۰/۰۲۲۸ ab
۷	۱۲۴/۰۳ ab	۵/۸۰۵ ab	۸۹/۵۱ b	۲۹/۹۳۹bc	۰/۱۱۵۱ ab	۰/۳۷۸۸ ab	۰/۱۸۲۸ ab	۰/۰۲۳۹ ab
۸	۱۴۵/۳۳ ab	۸/۷۶۴ a	۱۲۳/۱۴ ab	۳۵/۵۰۱ ab	۰/۱۶۳۹a	۰/۴۰۶۸ ab	۰/۲۹۴۰a	۰/۰۳۲۷ a

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری (روش دانکن) تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ با هم ندارند.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر مقدار عناصر غذایی جذب شده توسط دانه کلزا

تیمار	N	P	K	S	Zn	Fe	Mn	Cu
	kg ha $^{-1}$				kg ha $^{-1}$			
۱	۷۰/۵۶۷b	۱۰/۵۰ c	۱۷/۴۴c	۱۳/۶۶۶ c	۰/۰۶۹۴c	۰/۱۴۲۳c	۰/۰۸۱۶ d	۰/۰۰۹۱c
۲	۱۰۴/۷۰۶ a	۱۸/۹۵ a	۲۸/۹۹ a	۲۱/۳۴۵ a	۰/۱۱۰۶ a	۰/۲۶۳۵ a	۰/۱۳۱۱ a	۰/۰۱۴۶ a
۳	۸۰/۸۴۰ab	۱۲/۴۷b	۱۹/۹۸ bc	۱۴/۴۰۹c	۰/۰۷۹۷bc	۰/۱۸۱۵ abc	۰/۰۹۵۳ cd	۰/۰۱۰۵bc
۴	۸۷/۱۷۲ ab	۱۳/۵۳ab	۲۱/۴۰ bc	۱۶/۲۸۷ bc	۰/۰۸۹۹ bc	۰/۲۰۸۳ abc	۰/۱۰۰۲bcd	۰/۰۱۰۳ bc
۵	۸۵/۵۸۴ ab	۱۳/۵۲ab	۲۰/۹۲ bc	۱۶/۱۶۱ bc	۰/۰۹۰۵ b	۰/۱۸۵۶ abc	۰/۱۰۱۹c	۰/۰۱۱۲bc
۶	۸۷/۸۷۵ ab	۱۳/۵۳ab	۲۰/۴۳ bc	۱۶/۴۵۹ bc	۰/۰۸۹۵abc	۰/۱۷۲۹ bc	۰/۱۰۳۸bc	۰/۰۱۰۷ b
۷	۹۲/۲۰۲ ab	۱۴/۹۸ ab	۲۲/۷۸b	۱۶/۶۸۸ bc	۰/۰۹۴۰ ab	۰/۱۹۶۱ abc	۰/۱۰۹۷ b	۰/۰۱۱۹abc
۸	۹۷/۱۷۵ ab	۱۶/۰۶a	۲۴/۰۱b	۱۹/۷۲۹ b	۰/۱۰۸۴a	۰/۲۶۵۰ ab	۰/۱۱۵۶ ab	۰/۰۱۲۶ab

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری (روش دانکن) تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ با هم ندارند.

جدول ۱۰- تأثیر تیمارهای مختلف بر مقدار فسفر قابل خاک در مراحل مختلف رشد گیاه

زمان نمونه‌برداری / تیمار	قبل از کشت	یک ماه بعد از کشت	۲ ماه بعد از کشت	۳ ماه بعد از کشت (گلدهی)	۴ ماه بعد از کشت	۵ ماه بعد از کشت	۶ ماه بعد از کشت	۷ ماه بعد از کشت (بعد از برداشت)
	فسفر قابل جذب خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم)							
۱	۵/۱	۶/۱	۶/۳	۶/۳	۶/۵	۶/۶	۵/۷	۵/۴
۲	۵/۳	۱۲/۶	۲۲	۱۶/۴	۸/۶	۷/۸	۸/۰	۸/۲
۳	۴/۵	۶/۰	۷/۸	۶/۸	۶/۳	۶/۱	۵/۷	۵/۹
۴	۵/۳	۶/۶	۹/۳	۶/۵	۷/۳	۷/۹	۷/۷	۸/۳
۵	۴/۲	۹/۷	۱۱/۹	۶/۸	۸/۱	۷/۸	۸/۵	۷/۰
۶	۶/۳	۶/۳	۷/۰	۵/۷	۷/۹	۶/۲	۷/۸	۸/۸
۷	۵/۷	۷/۲	۷/۴	۶/۰	۶/۸	۷/۰	۸/۴	۹/۴
۸	۵/۵	۶/۱	۱۰/۷	۹/۰	۹/۷	۱۰/۷	۸/۹	۸/۷

فهرست منابع:

۱. بشارتی کلایه، ح. ۱۳۷۷. بررسی اثرات کاربرد گوگرد همراه با گونه های تیوباسیلوس در افزایش قابلیت جذب برخی از عناصر غذایی در خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران. ۱۷۶ صفحه.

۲. ملکوتی، م.ج. و غیبی، ن.۱۳۷۶. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی استراتژیک و توصیه صحیح کودی در کشور. نشر آموزش کشاورزی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی سازمان تات، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

Archive of SID

www.SID.ir

3. Agrifacts. 2003. Elemental Sulfur. Part ll: Characterstics of S oxidation. URL: http//www.Back-To-basics.Net/agrifacts/pdf/b2b29b.pdf.
4. Abd-Elmonem, E.A. and Amberger, A. 2000. Studies on some factors affecting the solubilization of P from rock phosphates. 6th International Collequm for the Optimization of Plant Nutrition. Cairo, Egypt.
5. Anderson,D.L., Kussow, W.R. and Corey, P.B. 1985. Phosphate rock dissolution in soil: Indication from plant grown studies. Soil Sci. Soc. Am. J., 49:918-924.
6. Anonymous. 1976. World wide study of fertilizer industry 1975-2001. Draft report prepared by the United Nation Industerial Development Organization (UNIDO). 16-18 Nov., Vienna,Austria.
7. Barber, S.A. 1995. Soil nutrient bioavailability. John Wiley & Sons Inc.
8. Basak, R. K., Halder, R. R. and Debnath, N. C. 1987. Efficiency of biosuper as fertilizer in sesame-rice cropping sequence in non-acid soil. Environ. Ecol., 5(3): 537-539.
9. Chein, S.H., Menon, R.G. and Billingham, K.S. 1996. Phosphorus availability from phosphate rock as enhanced by water-soluble phosphorus. Soil Sci. Soc. Am. J., 60:1173-1177.
10. Chien, S.H., Adams, F., Khasawneh, F.E. and Henao, K. 1987. Effects of combination of triple superphosphate and reactive phosphate rock on yield and phosphorus uptake by corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:1656-1658.
11. Gupta. R. D., K. K. R. Bhardwaj., B. C. Marwah and B. R. Tripathi. 1986. Occurrence of phosphate dissolving bacteria in some soils North –West Himalayas under varying biosequence and climosequence. Journal of Society of Soil Science. 34:498-504.
12. Habib, L., Chein, S.H., Carmona, G. and Henao, J. 1999. Rape response to a Syria phosphate rock and its mixture with triple superphosphate on limed alkaline soil. Soil Sci. plant Anal., 30:449-456.
13. Hammond, L.L., S.H. Chien, A.H. Roy and A.U. Mokwunye. 1989. Solubility and agronomic effectiveness of partially acidulated phosphate rocks as influenced by their iron and aluminium oxide content. Fertilizer Research. 19:93-98.
14. Kim, K. Y., G. A. McDonald and D. Jordan. 1998b. Effect of phosphate solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. Biology and Fertility of Soils. 26: 79-87.
15. Kittams, H. A. and Attoe, O. J. 1965. Availability of phosphorus in rock phosphate – sulfur fusion. Agron. J., 57:331- 334.
16. Kucey, R. M. N. 1983. Phosphate solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin alberta soils. Canadian journal of Soil Science. 63: 671-678.
17. Narayansamy, G. and R. Biswas. 1998. Phosphate rock of India. Fertilizer News. 43:21-28.
18. Rosa, M. C., J. Muchovej, J. Muchovej and V. H. Alvarez. 1989. Temporal relation of phosphorus fraction in an oxisol amended rock phosphate and Thiobacillus thiooxidans. Soil. Sci. Soc. Am. J., 53: 1096-1100.
19. Sagoe, C.I., Ando, T., Kouno, K. and Nagaoka, T. 1998. Residual effects of organic acid treated phosphate rocks on some soil properties and phosphate availability. Soil Science and Plant Nutrition, 44:627-634.
20. Schofield, P. E., Gregg, P. E. H. and Syers, J. K. 1981. Biosuper as a phosphate fertilizer: A glasshouse evaluation. N.Z. J. Expl. Agric., 9: 63-67.
21. Sing, S. and K.K. Kapoor. 1992. Inoculation with phosphate solubilizing microorganisms and a vesicular mycorrhizal fungus improve s dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. Biology and Fertility of Soils, 28:139-144.

Archive of SID

www.SID.ir

22. Spinks, J. W. T., and Barber, S. A. 1947. Study of fertilizer uptake using radioactive phosphorus. Sci. Agron., 27:145-155.
23. Sundara, B., V. Natarajan, and K. Hari. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and suger yields. Field crop Research, 77:43-49.
24. Sundara, B., V. Natarayan and K. Hari. 2001. Influence of phosphorus solubilising bacteria on soil available P-status and sugarcane development on a tropical vertisol. Proceeding of Interaction Society of Sugarcane Technology. 24: 47-51.
25. Tabatabai, M. A. 1986. Sulfur in Agriculture. Am. Soc. Agron. Madison, WI., U. S. A.
26. Tandon,V. and Prakash, A. 1998. Influence of soil inoculation with VAM and phosphorus solubilizing microorganisms on growth and phosphorus uptake in sesamum indicum. International Journal of Tropical Agriculture, 16:201-209.
27. Tisdale, S.L., Nelson, W. L., Beaton, J. D. and Havlin, J. L. 1993. Soil Fertility and Fertilizers. 5th ed. Mcmillon Publishing Co., New York.
28. Van kauwenbergh, S.J. 2001. Mineralogy and characterization of phosphate rock for direct application. International Meeting on Direct Application Rock Phosphate and Related Appropriate Technology-latest Development and Practical Experiences. Kuala Lampur, Malaysia.
29. Van kauwenbergh, S.J. 2001. Overview of world phosphate rock production. International Meeting on Direct Application Rock Phosphate and Related Appropriate Technology-latest Development and Practical Experiences. Kuala Lampur, Malaysia.
30. Wainwright, M. 1984. Sulfur oxidation in soils. Advances in Agronomy, 37: 349-396.
31. Whitehouse, M. J. and Strong, W. M. 1977. Comparison of biosuper with superphosphate as a phosphatic fertilizer for wheat. Queensland J. Agric. Animal Sci., 34(2): 205-211.
32. Whitelaw, M. A., T. Y. Harden and G. L. Bender. 1997. Plant growth promotion of wheat inoculated with penicillium radicum sp. Nov. Austrialian Journal of Soil Research. 38:291-300.
33. Yadav. K., T. Singh. 1991. Phosphorus solubilization by microbial isolate from a calcifluvent. Journal of Indian Society of Soil Science. 39:89-93.
34. Yahya, A. J. and S. K. Al-Azawi. 1989. Occurrence of phosphate solubilizing bacteria in some Iraqi soils. Plant and Soil. 117:135-141.

Archive of SID

www.SID.ir