اثر کنجاله‌های روغنی به‌عنوان کود ریزمغذی در خاک‌های شور و غیر شور

وجیهه درستکار[1*]، مریم یوسفی‌فرد[2] و زهرا جاجرمی[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۲۰)

چکیده

سالانه حجم قابل توجهی کنجاله‌های روغنی در صنایع روغن‌کشی تولید می‌شود. افزودن این کنجاله‌ها به خاک می‌تواند علاوه بر تأمین مواد آلی خاک، قابلیت جذب عناصر کم‌مصرف برای گیاه را نیز بهبود بخشد. هدف از این پژوهش بررسی اثر کنجاله‌های کنجد، زیتون و سیاهدانه در سه سطح صفر، دو و پنج درصد در شرایط شور و غیر شور بر غلظت قابل استفاده عناصر مس، روی و آهن خاک در یک آزمایش گلخانه‌ای به‌مدت ۶۰ روز بوده است. پس از پایان دوره خوابانیدن میزان تنفس میکروبی، کربن آلی، غلظت کربوهیدرات و غلظت قابل جذب عناصر مس، روی و آهن در خاک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که کمترین مقدار کربن آلی خاک و غلظت کربوهیدرات در تیمار افزودن کنجاله کنجد و بیشترین مقدار آن در تیمار کنجاله‌های زیتون و سیاهدانه مشاهد شد. افزودن کنجاله‌های روغنی سبب افزایش غلظت قابل استفاده هر سه عنصر در خاک نسبت به تیمار شاهد شد. کنجاله کنجد بیشترین تأثیر را در افزایش غلظت قابل استفاده مس و روی خاک داشته است. در بین سه کنجاله مورد مطالعه، افزودن کنجاله کنجد بیشترین تأثیر و افزودن کنجاله سیاهدانه کمترین تأثیر را بر غلظت قابل استفاده آهن در خاک داشته است. به‌علاوه شوری نیز سبب کاهش غلظت روی و آهن در خاک شده است. در مجموع به‌نظر می‌رسد افزودن کنجاله‌های روغنی به خاک سبب بهبود وضعیت کربن آلی و غلظت عناصر کم‌مصرف خاک شده، اما این اثر به کیفیت کنجاله‌ها و شوری خاک وابسته است.

واژه‌های کلیدی: ضایعات روغن‌کشی، عناصر کم‌مصرف، کربوهیدرات خاک

۱. گروه آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود
۲. گروه مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: vdorostkar@shahroodut.ac.ir

مقدمه

توسعه کشاورزی در دنیا از طریق مصرف کودهای شیمیایی، حشره‌کش‌ها و آبیاری بیش از اندازه تا حدی توانسته در کوتاه‌مدت نیاز جمعیت رو به رشد جهان به غذا را کاهش دهد، اما این افزایش تولید به کمک روش‌های نامناسب و غیر پایدار در بسیاری از مناطق در درازمدت با تخریب خاک و تهدید سلامت آن همراه بوده است (۱۲). از سوی دیگر این روش‌های مدیریتی نادرست با ورود کم مواد آلی به خاک سبب کاهش ذخایر کربن آلی خاک شده است (۱۲ و ۱۶).

در نیمه دوم قرن حاضر، صنعتی شدن کشاورزی سبب تولید مقدار قابل توجهی پسماندهای آلی شده است (۱۳). با صنعتی شدن فرآیند روغن‌کشی، سالانه ۳۱۹ میلیون تن کنجاله روغنی در دنیا تولید می‌شود (۱۰). مطالعات گذشته نشان می‌دهد که این پسماندها پتانسیل تبدیل شدن به یک محصول با ارزش را دارند. استفاده از بقایای روغنی در جیره غذایی دام به‌طور همزمان در بهبود تولیدات دامی و افزایش سود صنایع روغن‌کشی مؤثر است (۲۹). همچنین برخی ازاین پسماندها به‌عنوان کود طبیعی مورد استفاده واقع شده و در مواردی نیز به‌عنوان یک جاذب طبیعی برای رنگ‌ها مورد بررسی قرار گرفته است (۳۰).

در برخی پژوهش‌ها از تفاله‌های روغنی از جمله کنجاله‌های حاصل از روغن‌کشی گیاهان چریش و کرچک به‌دلیل غنی بودن از نیتروژن برای بهبود کیفیت کمپوست‌های تولیدی از مواد سلولزی و کاهش نسبت کربن آلی به نیتروژن آنها استفاده شده است (۱۲). در برخی پژوهش‌ها نیز از کنجاله تولید شده از صنایع روغن کشی گیاه جاتروفا برای تولید کود مورد نیاز بخش کشاورزی استفاده شد و نتایج آنها نشان داد که استفاده از این کنجاله عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد (۱۲). ترکیبات شیمیایی موجود در پسماندهای روغنی، غنی از عناصر غذایی مورد نیاز برای گیاه هستند (۲۲). مطالعات مختلف نشان داده است که استفاده از کنجاله زیتون دارای اثرات مثبتی در افزایش غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک است (۲۱).

زیتون، کنجد و سیاهدانه از جمله گیاهان روغنی کشت شده در ایران هستند. میزان تولید کنجد در سال ۲۰۱۴ در کل دنیا ۶/۲ میلیون تن بوده که از این میان ۲۸ هزار تن معادل ۰/۴۴ درصد سهم ایران بوده است. همچنین در همین سال میزان تولید زیتون در دنیا ۱۵/۴ میلیون تن بوده که سهم ایران نزدیک به ۴۲ هزار تن معادل ۰/۲۷ درصد بوده است (۱۰). با در نظر گرفتن ورود بخش قابل توجهی از این تولیدات به صنایع روغن‌کشی، حجم قابل توجهی از پسماندهای آلی در این بخش تولید شده که همچنان راه‌کار مناسبی برای دفع صحیح آنها مورد استفاده قرار نگرفته است. تنها روش مورد استفاده در ایران برای مدیریت این پسماندها، استفاده مستقیم از کنجاله‌های زیتون در تهیه خوراک دام است. درحالی که بازیافت این پسماندهای صنعتی در بخش کشاورزی پتانسیل قابل توجهی را برای حفظ ذخایر عناصر غذایی خاک و تأمین مواد آلی از دست رفته خاک و در نتیجه افزایش و پایداری تولید در این بخش به‌همراه دارد. مدیریت صحیح این بقایا برای حفاظت محیط زیست و ارزشمندسازی آنها برای سایر مصارف با اهمیت است. در ایران مقادیر زیاد آهک در خاک، کمبود مواد آلی و حلالیت کم عناصر کم‌مصرف، باعث کاهش غلظت قابل جذب عناصری مثل آهن، مس، روی و منگنز در خاک شده است و کمبود این عناصر در اغلب مزارع و باغ‌ها عمومیت دارد. از طرفی افزایش مستمر کودهای شیمیایی پرمصرف به خاک سبب رقابت در جذب عناصر غذایی توسط گیاهان شده است (۲۶). بخش قابل توجهی از اراضی ایران با مشکل شوری مواجه هستند. شوری نیز از طریق اعمال تنش اسمزی، سمیت ناشی از یون‌های ویژه و عدم تعادل تغذیه‌ای، رشد و عملکرد گیاه را محدود می‌سازد (۲). به‌نظر می‌رسد افزودن کنجاله‌های به‌جا مانده از صنایع روغن‌کشی به خاک می‌تواند تا حدودی علاوه بر تأمین مواد آلی خاک، وضعیت عناصر کم‌مصرف خاک را نیز بهبود بخشد.

با وجود پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه تأثیر کنجاله‌های روغنی بر غلظت عناصر پرمصرف، پژوهش‌های محدودی در زمینه اثر این پسماندها به‌ویژه پسماندهای حاصل از روغن‌کشی کنجد و

سیاه‌دانه بر وضعیت عناصر کم‌مصرف خاک صورت گرفته است. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی اثر افزودن سه کنجاله زیتون، کنجد و سیاه‌دانه به خاک بر غلظت قابل جذب عناصر روی، مس و آهن در خاک انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت آزمایش‌ها فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار نوع کنجاله روغنی (کنجاله کنجد، زیتون و سیاهدانه)، مقدار کنجاله (در سه سطح صفر، دو و پنج گرم در ۱۰۰ گرم خاک) و شوری (در دو سطح شوری شامل ۱ و ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر خاک) در سه تکرار انجام شد.

آماده‌سازی خاک و انجام آزمایش گلخانه‌ای

خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بسطام، واقع در شهرستان شاهرود جمع‌آوری و پس از هواخشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری، برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد. بافت خاک به روش هیدرومتر (لوم رسی) وپ هاش و قابلیت هدایت الکتریکی خاک در عصاره اشباع به‌وسیله پ هاش‌متر و هدایت سنج (به‌ترتیب ۷/۶ و ۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر) اندازه‌گیری شد. همچنین ماده آلی در خاک به روش سوزاندن تر (۰/۹۱ درصد) و آهک خاک با روش خنثی‌سازی با اسیدکلریدریک و تیتراسیون برگشتی با هیدروکسید سدیم (۳۲ درصد) اندازه‌گیری شد (۸). مقدار قابل جذب عنصر روی، مس و آهن در خاک، به کمک محلول ۰/۰۰۵ نرمال diethylenetriaminepentaaceticacid (DTPA) در pH معادل ۷/۲ عصاره‌گیری شد و غلظت آنها توسط دستگاه جذب اتمی مدل پرکین المر ۳۰۳۰ قرائت شد (۲۰). غلظت عناصر قابل استفاده روی، مس و آهن در خاک به‌ترتیب ۰/۹، ۰/۹۸ و ۶/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بوده است.

کنجاله‌های روغنی کنجد، زیتون وسیاه‌دانه از کارخانه‌های روغن‌کشی استان سمنان تهیه شد و پس از خشک شدن در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد از الک یک میلی‌متری عبور داده شد. هدایت الکتریکی و pH کنجاله‌ها در سوسپانسیون ۱:۵ و ماده آلی به روش سوزاندن تر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری غلظت کل عناصر کم‌مصرف در کنجاله‌ها به روش خاکستر خشک اندازه‌گیری شد (۱۴). غلظت کربوهیدرات‌های موجود در کنجاله‌ها به کمک عصاره‌گیری با اتانول و قرائت توسط روش فنل- اسید سولفوریک تعیین شد (۲۷). ویژگی‌های کنجاله‌های مصرفی در جدول ۱ قابل مشاهده است. سپس بقایا به‌میزان صفر، دو و پنج گرم در صد گرم خاک در هر تیمار با خاک مورد مطالعه (کوچک‌تر از چهار میلی متر) مخلوط شد. همچنین به‌منظور اعمال تیمار شوری از نمک کلرید کلسیم استفاده شد. برای اعمال تیمار شوری و رساندن قابلیت هدایت الکتریکی خاک از مقدار اولیه ۱ دسی‌زیمنس بر متر به ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر، درصد اولیه و ثانویه نمک خاک از رابطه (۱) محاسبه شد. سپس مقدار نمک مورد نیاز در هر تیمار شوری از تفاضل مقادیر فوق تعیین شد (۳).

$$SSS = ۰/۰۶۴EC \times \frac{SP}{۱۰۰} \qquad (۱)$$

در این رابطه SSS درصد نمک خاک، EC قابلیت هدایت الکتریکی خاک و SP درصد اشباع خاک است. مقدار نمک محاسبه شده هر تیمار در آب مقطر مورد نیاز برای رساندن رطوبت خاک به ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه حل شده و روی خاک اسپری و به‌طور کامل با خاک مخلوط شد. در هر تیمار ۵۰۰ گرم از خاک با چگالی ظاهری ۱/۳۵ ریخته شد و گلدان‌ها به‌مدت ۶۰ روز در گلخانه نگهداری شدند. در طول انجام آزمایش متوسط دمای روز و شب در گلخانه بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. در طول آزمایش گلدان‌ها بر اساس کاهش وزن در فواصل دو روز یک‌بار با آب مقطر آبیاری شدند. پس از طی این دوره، خاک‌ها هوا خشک شده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند.

ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی خاک

پس از پایان دوره انکوباسیون، مقدار ماده آلی خاک به روش سوزاندن تر اندازه‌گیری شد (۸). برای اندازه‌گیری غلظت

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های کنجاله‌های روغنی مورد استفاده

کنجاله	پ- هاش	هدایت الکتریکی	کربن آلی	C:N	غلظت کل عناصر			غلظت کربوهیدرات
					آهن	روی	مس	
		(ds/m)	(%)		(mg/kg)			(my/yr)
کنجد	۴/۲	۱/۶	۳۲/۲۱	۲۶	۳۳۷	۵۱۷	۳۷	۱۰۳
زیتون	۵/۶	۲/۳	۴۹/۲	۴۲	۲۲۴	۳۱۲	۳۶	۴۹
سیاهدانه	۴/۷	۱/۱	۵۰/۲	۴۰	۱۴۳	۱۶۲	۳۳	۶۲

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرهای اصلی و متقابل نوع و مقدار کنجاله و شوری بر مقدار کربن آلی، کربوهیدرات، تنفس میکروبی پایه خاک و غلظت عناصر مس، روی و آهن در خاک

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		تنفس میکروبی پایه	کربن آلی	کربوهیدرات	مس	روی	آهن
نوع کنجاله	۲	۴۷۶۶۴**	۰/۲۷**	۰/۴۳*	۰/۰۳۵۹**	۰/۴۰۲**	۲۰/۶۵**
مقدار کنجاله	۲	۲۸۷۶۴۷**	۶/۴۱**	۱۲/۰۹**	۰/۱۸۷۷**	۱/۵۰**	۵۴/۱۵**
شوری	۱	۱۸۹۱۵۶**	۱/۱۴**	۴/۳۸**	۰/۰۱۳۰^{ns}	۰/۰۵۹**	۳/۴۳*
سطح × نوع کنجاله	۴	۱۲۶۷۹**	۰/۰۸**	۰/۱۰۱^{ns}	۰/۰۰۹۱^{ns}	۰/۱۳۰**	۸/۳۵$^{·}$
سطح × شوری	۲	۱۴۳۵۸**	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۱۲۷^{ns}	۰/۰۰۴۴^{ns}	۰/۰۶۵**	۱/۷۵^{ns}
نوع کنجاله × شوری	۲	۱۷۵۳^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۸۳^{ns}
نوع کنجاله × سطح × شوری	۴	۱۳۱۶^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۱۹^{ns}	۰/۰۰۱۲^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۲۵^{ns}
خطا	۳۶	۱۲۷۷	۰/۰۱۸	۰/۱۰۳	۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۳	۰/۶۱
ضریب تغییرات	–	۹/۰۸	۱۰/۴۷	۱۶/۶۸	۱۱/۶۸	۹/۱۶	۱۸/۰۳

* و ** به‌ترتیب بیانگر اثر معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد آزمون LSD است. ns بیانگرعدم وجود تفاوت معنی‌دار است.

کربوهیدرات‌های خاک از عصاره‌گیر اسید سولفوریک رقیق استفاده شد و غلظت کربوهیدرات‌ها در عصاره به روش فنل- اسید سولفوریک به‌کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۹۰ نانومتر و به‌کمک استاندارد گلوکز اندازه‌گیری شد (۹). تنفس میکروبی پایه خاک، به روش انکوباسیون خاک در حضور سود به‌مدت هفت روز و سپس تیتراسیون برگشتی با اسید اندازه‌گیری شد. (۶). عناصر روی، آهن و مس نیز در خاک به روش عصاره‌گیری با DTPA استخراج و غلظت آنها در عصاره حاصل توسط دستگاه جذب اتمی قرائت شد (۲۰).

نتایج و بحث

کربن آلی خاک

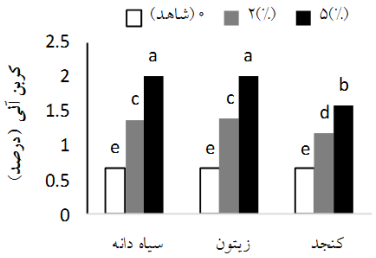
نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده اثر معنی‌دار مقدار و نوع کنجاله مصرفی بر کربن آلی خاک در سطح یک درصد بوده است (جدول ۲). افزودن کنجاله‌های روغنی به خاک سبب افزایش مقدار کربن آلی خاک نسبت به تیمار شاهد (بدون کنجاله) شد. در میان سه کنجاله مورد مطالعه بیشترین مقدار کربن آلی خاک در تیمار افزودن کنجاله سیاهدانه مشاهده شد، با این وجود تفاوت معنی‌داری بین این تیمار و کنجاله زیتون مشاهده نشد (جدول ۳). در اثر افزودن کنجاله کنجد به‌میزان دو و پنج درصد، کربن آلی در خاک به‌ترتیب ۷۹ و ۱۳۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. درحالی که در اثر افزودن کنجاله سیاهدانه این مقدار به‌ترتیب ۱۰۲ و ۱۹۵ درصد بوده است (شکل ۱).

بر اساس این نتایج به‌نظر می‌رسد کنجاله‌های روغنی می‌توانند به‌عنوان منبع مناسبی از کربن در خاک مورد استفاده

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر نوع و مقدار کنجاله مصرفی و شوری خاک بر تنفس میکروبی پایه، کربن آلی و کربوهیدرات خاک (p< ۰/۰۵)

تیمار		تنفس میکروبی پایه ($mg\ CO_2\ kg^{-1}\ soil\ day^{-1}$)	کربن آلی (٪)	کربوهیدرات ($myg^{-1}soil$)
نوع کنجاله	کنجد	۴۴۹^{a}	۱/۱۴^{b}	۱/۷۵^{b}
	زیتون	۳۴۸^{c}	۱/۳۵^{a}	۱/۹۹^{a}
	سیاهدانه	۳۸۲^{b}	۱/۳۶^{a}	۲/۰۴^{a}
مقدار کنجاله (گرم در ۱۰۰ گرم خاک)	صفر (شاهد)	۲۵۸^{c}	۰/۶۷^{c}	۱/۱۶^{c}
	۱	۴۱۳^{b}	۱/۳۱^{b}	۱/۸۳^{b}
	۵	۵۰۸^{a}	۱/۸۷^{a}	۲/۷۹^{a}
شوری	خاک غیر شور	۴۵۲^{a}	۱/۱۴^{b}	۱/۶۴^{b}
	خاک شور	۳۳۴^{b}	۱/۴۳^{a}	۲/۲۱^{a}

حروف یکسان نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار است (آزمون LSD).



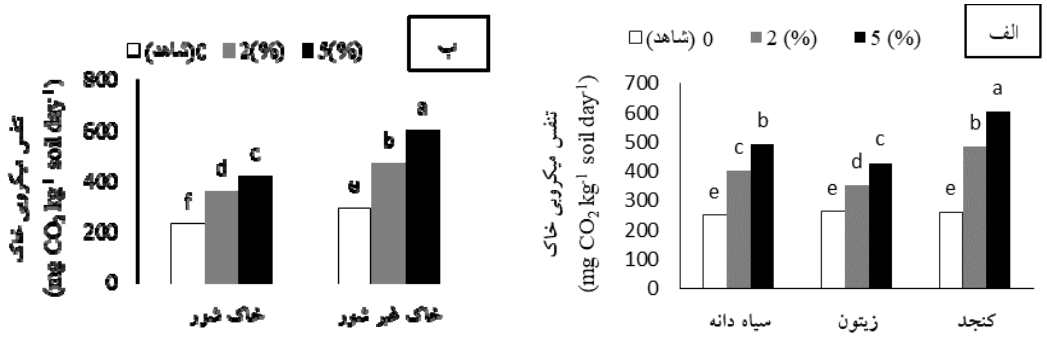
شکل ۱. اثر متقابل نوع و مقدار کنجاله مصرفی بر کربن آلی خاک (P< ۰/۰۵).
حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار است.

قرار گیرند. کیلی و کاودیر (۱۶) نیز به اهمیت استفاده از کنجاله‌های روغنی در افزایش میزان کربن آلی خاک اشاره کرده‌اند. مطالعات لی (۱۷) نیز نشان‌دهنده تأثیر مثبت افزودن کنجاله کنجد به خاک بر افزایش کربن آلی بوده است. کیفیت کنجاله‌های روغنی از نظر مقدار نیتروژن و نسبت C:N متفاوت بوده و به‌نظر می‌رسد نسبت C:N بیشتر در کنجاله‌های سیاهدانه و زیتون (به‌ترتیب ۴۰ و ۴۲)، تجزیه‌پذیری این کنجاله‌ها را کاهش داده و سبب افزایش مقدار کربن خاک شده است. درحالی که نسبت C:N در کنجاله کنجد ۲۶ بوده که نشان‌دهنده تجزیه‌پذیری بیشتر این پسماند آلی است (جدول ۱). نسبت C:N و مقدار نیتروژن پسماندهای آلی از عوامل شناخته شده در تجزیه‌پذیری و معدنی‌شدن آنها معرفی شده است (۳۱).

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده اثر معنی‌دار شوری بر میزان کربن آلی خاک در سطح یک درصد بوده است (جدول ۲). بیشترین میزان کربن آلی در خاک شور مشاهده شد. در اثر افزایش شوری مقدار کربن آلی در خاک به نسبت خاک غیر شور به‌طور متوسط ۲۵ درصد افزایش یافته است.

تنفس میکروبی پایه خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده اثر معنی‌دار مقدار و نوع کنجاله مصرفی و شوری بر تنفس میکروبی پایه خاک در سطح یک درصد بود. به‌علاوه نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده



شکل ۲. اثر متقابل نوع و مقدار کنجاله: الف) اثر متقابل شوری و مقدار کنجاله و ب) بر تنفس میکروبی پایه در خاک (P< ۰/۰۵).
حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار است.

معنی‌دار بودن اثر متقابل نوع و مقدار کنجاله مصرفی و معنی‌دار بودن اثر متقابل مقدار کنجاله مصرفی و شوری بر تنفس میکروبی پایه در سطح یک درصد بود (جدول ۲). در میان کنجاله‌های مورد مطالعه بیشترین تأثیر بر تنفس میکروبی در تیمار کنجد و کمترین تأثیر در تیمار افزودن کنجاله زیتون مشاهده شد. به‌گونه ای که تنفس میکروبی در اثر افزودن دو و پنج درصد کنجاله کنجد به‌ترتیب حدود ۸۵ و ۱۳۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. درحالی که در اثر افزودن کنجاله زیتون به‌میزان دو و پنج درصد این پارامتر، تنها به‌ترتیب به‌میزان ۳۳ و ۶۳ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (شکل ۲- الف).

کنجاله‌های روغنی ترکیبی از عناصر غذایی و مواد مغذی مورد استفاده برای موجودات زنده در خاک بوده و احتمالاً استفاده از آنها در خاک می‌تواند شرایط مناسب‌تری را برای رشد این موجودات فراهم آورد (۲ و ۵). افزایش مقدار کنجاله اضافه شده به خاک به‌عنوان منبع کربن سبب تحریک فعالیت میکروبی خاک شده و این موضوع تنفس میکروبی پایه خاک را به‌عنوان شاخص مناسبی از این فعالیت افزایش داده است.

پژوهش‌ها نشان داده است که کیفیت پسماندهای آلی بر شاخص‌های میکروبی خاک مؤثر است (۲). کنجاله‌های با نسبت C:N بیشتر تجزیه‌پذیری کمتری داشته (۳۱) و به‌نظر می‌رسد بیشتر، بودن میزان تنفس پایه میکروبی در اثر افزودن کنجاله کنجد به‌دلیل کمتر بودن نسبت C:N در مقایسه با سایر کنجاله‌های مصرفی باشد (جدول ۱). همچنین کمتر بودن تنفس میکروبی در تیمار دارای کنجاله زیتون به‌دلیل وجود ترکیباتی بود که فعالیت میکروبی را محدود می‌کند. پژوهش‌های متعدد نشان می‌دهد که کنجاله زیتون به‌دلیل وجود ترکیبات فنول، اسیدهای چرب و اسیدهای آلی دارای اثر سمیت و خواص ضد میکروبی است (۱۶ و ۱۹).

افزایش شوری خاک از ۱ به ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر سبب کاهش تنفس میکروبی پایه خاک شد (جدول ۳). شوری به‌عنوان یک تنش غیر زیستی تأثیر زیادی بر جمعیت و فعالیت ریز جانداران خاک دارد (۱۸). افزایش شوری خاک باعث ایجاد شرایط اسمزی و ایجاد سمیت یونی برای ریزجانداران خاک شده است و از این طریق فیزیولوژی و مسیر متابولیکی آنها را تغییر می‌دهد. در هر دو خاک شور و غیر شور بیشترین تنفس میکروبی در تیمار پنج درصد کنجاله مصرفی بود. افزودن دو درصدی کنجاله‌ها اثر تقریباً مشابهی (افزایش ۶۰ درصدی) بر تنفس میکروبی پایه در خاک شور و غیر شور داشته است. درحالی که افزودن پنج درصدی کنجاله‌های روغنی تأثیر بیشتری بر افزایش تنفس میکروبی پایه در خاک غیر شور (۱۰۵ درصد) نسبت به خاک شور (۸۶ درصد) داشته است (شکل ۲- ب). به‌نظر می رسد محدودتر شدن فعالیت ریزجانداران در خاک شور باعث شده تا افزودن مقدار بیشتر مواد آلی به خاک تأثیر چندانی بر افزایش فعالیت میکروبی خاک نسبت به سطح دو درصد کنجاله

نداشته باشد.

غلظت کربوهیدرات خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده اثرمعنی دار نوع کنجاله مصرفی بر غلظت کربوهیدارات قابل عصاره‌گیری با اسید رقیق در سطح پنج درصد بوده است (جدول ۲). کمترین غلظت کربوهیدرات در تیمار افزودن کنجاله کنجد و بیشترین مقدار آن در تیمار افزودن کنجاله‌های زیتون وسیاهدانه به خاک مشاهد شد (جدول ۳). با وجود بیشتر بودن غلظت کربوهیدرات‌ها در کنجد، این تیمار تأثیر کمتری بر افزایش غلظت کربوهیدرات‌ها در خاک داشته است. این امر نشان می‌دهد که علاوه بر غلظت، کیفیت کنجاله‌ها یک عامل کلیدی در تجزیه‌پذیری آنها بوده است. بقایای کنجد با نسبت C:N کم، تجزیه‌پذیری بیشتری نسبت به زیتون و سیاهدانه داشته و در نتیجه تأثیر مثبت کمتری بر میزان ماده آلی خاک و به تبع آن غلظت کربوهیدرات‌های خاک داشته است (۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده اثر معنی‌دار مقدار کنجاله‌های مصرفی بر غلظت کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با اسید رقیق در سطح یک درصد بوده است (جدول ۲). افزودن کنجاله‌های روغنی به خاک سبب افزایش کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با اسید رقیق نسبت به تیمار شاهد (بدون کنجاله) شد. به‌گونه‌ای که افزودن این کنجاله‌ها در سطح دو و پنج درصد به‌ترتیب سبب افزایش حدود ۵۸ و ۱۴۱ درصد در غلظت کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با اسید رقیق در خاک شد (جدول ۳).

کربوهیدرات‌ها بخش قابل توجهی از ترکیبات آلی و بقایای گیاهی را شامل می‌شوند و به‌نظر می‌رسد افزودن کنجاله‌های روغنی به خاک غلظت آنها را افزایش می‌دهد. همچنین کربوهیدرات‌ها به‌عنوان بخش قابل توجهی از ماده آلی خاک شناخته شده و ۵ تا ۲۵ درصد از مواد آلی خاک را تشکیل می‌دهند (۴). در نتیجه احتمالاً افزایش ماده آلی در خاک در اثر افزایش مقدار کنجاله مصرفی، سبب افزایش غلظت کربوهیدرات‌ها در خاک نیز شده است.

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر شوری بر غلظت کربوهیدرات قابل عصاره‌گیری با اسید رقیق در سطح یک درصد بوده است (جدول ۲). با افزایش شوری در خاک غلظت کربوهیدرات نیز به‌میزان ۳۵ درصد نسبت به تیمار غیر شور افزایش یافته است (جدول ۳). نتایج نشان‌دهنده کاهش تنفس میکروبی پایه خاک با افزایش هدایت الکتریکی خاک از ۱ به ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر بوده است. در نتیجه به‌نظر می‌رسد افزایش سطح شوری خاک با ممانعت از فرایند تجزیه این مواد طی فرایند تنفس میکروبی خاک سبب افزایش سطح این ترکیبات در خاک شده است (۱).

غلظت عناصر کم‌مصرف

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده اثر معنی‌دار مقدار و نوع کنجاله مصرفی بر غلظت عناصر کم‌مصرف مورد مطالعه در سطح یک درصد بوده است (جدول ۲). غلظت قابل استفاده مس در خاک در تیمار کنجاله کنجد ۱۹/۵ درصد بیشتر از تیمار کنجاله سیاهدانه بوده، اما نسبت به تیمار زیتون تنها چهار درصد بیشتر بود که به لحاظ آماری نیز معنی‌دار نبوده است. افزودن دو و پنج درصد کنجاله‌های روغنی به‌ترتیب سبب افزایش ۱۱ و ۴۶ درصدی غلظت مس در خاک نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد بیشتر بودن غلظت مس در کنجاله کنجد دلیل اصلی اثر قابل توجه این کنجاله در مقایسه با سایرین باشد.

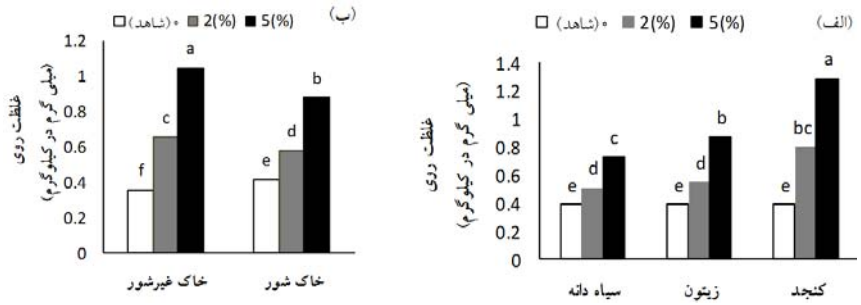
نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار اثر متقابل نوع کنجاله مصرفی و مقدار کنجاله مصرفی بر غلظت روی در خاک در سطح یک درصد بوده است (جدول ۲). افزودن مقدار دو درصد کنجاله کنجد، زیتون و سیاهدانه باعث افزایش غلظت روی در خاک به‌ترتیب به‌میزان ۱۰۵، ۴۱ و ۳۱ درصد و همچنین اختلاط پنج درصد این کنجاله‌ها باعث افزایش غلظت این عنصر به‌ترتیب به‌میزان ۲۰۱، ۳۳ و۴۳ درصد نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۳- الف).

همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اثر

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر نوع کنجاله و مقدار کنجاله مصرفی و شوری خاک بر غلظت عناصر مس، روی و آهن (p< ۰/۰۵)

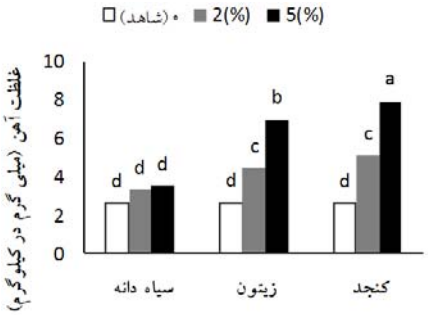
تیمار		غلظت قابل استفاده عناصر		
		مس	روی	آهن
		(mg/kg)		
نوع کنجاله	کنجد	۰/۵۵^{a}	۰/۸۳^{a}	۵/۲۱^{a}
	زیتون	۰/۵۳^{a}	۰/۶۰^{b}	۴/۶۸^{a}
	سیاهدانه	۰/۴۶^{b}	۰/۵۴^{c}	۳/۱۵^{b}
مقدار کنجاله (گرم در ۱۰۰ گرم خاک)	۰ (شاهد)	۰/۴۳^{c}	۰/۳۹^{c}	۲/۶۵^{c}
	۱	۰/۴۸^{b}	۰/۶۲^{b}	۴/۲۷^{b}
	۵	۰/۶۳^{a}	۰/۹۶^{a}	۶/۱۱^{a}
شوری	خاک غیر شور	۰/۵۳^{a}	۰/۶۹^{a}	۴/۶^{a}
	خاک شور	۰/۵۰^{a}	۰/۶۲^{b}	۴/۰۹^{b}

حروف یکسان نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار است (آزمون LSD).



شکل ۳. اثر متقابل نوع و مقدار کنجاله: الف) شوری و مقدار کنجاله و ب) بر غلظت عنصر روی خاک (P< ۰/۰۵)
حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری است.

متقابل مقدار و نوع کنجاله مصرفی بر غلظت عنصر آهن در خاک در سطح یک درصد بوده است (جدول ۲). در بین سه کنجاله کنجد، زیتون و سیاهدانه افزودن کنجاله کنجد در هر دو سطح بیشترین تأثیر و افزودن کنجاله سیاهدانه کمترین تأثیر را بر غلظت آهن در خاک داشته است (جدول ۴). افزودن کنجاله کنجد در سطح دو و پنج درصد سبب افزایش به‌ترتیب ۹۲ و ۲۰۱ درصد غلظت آهن در خاک نسبت به تیمار شاهد در خاک شد. افزایش ۶۵ و ۱۵۹ درصدی در غلظت آهن خاک نسبت به تیمار شاهد در تیمار کنجاله زیتون به‌ترتیب در دو سطح دو و پنج درصد مشاهده شد. همچنین مخلوط کردن کنجاله سیاهدانه در دو سطح دو و پنج درصد نیز غلظت آهن در خاک را به‌ترتیب ۲۶ و ۳۲ درصد به نسبت تیمار شاهد افزایش داد (شکل ۴).



شکل ۴. اثر متقابل نوع و مقدار کنجاله مصرفی در غلظت عنصر آهن (P< ۰/۰۵). حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار آماری است.

نتایج پژوهش‌های مختلف نشان‌دهنده تأثیر مثبت افزودن پسماندهای آلی به خاک بر بهبود دسترسی زیستی عناصر برای

گیاه در خاک بوده است (۷). نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در تیمارهای دارای کنجاله در مقایسه با تیمار شاهد، مقدار کربن آلی در خاک افزایش یافته است که احتمالاً این امر به افزایش غلظت قابل جذب عناصر کم‌مصرف در مقایسه با تیمار شاهد کمک کرده است (شکل ۱). مطالعات مختلف نشان می‌دهد که کنجاله‌های روغنی دارای مقادیر قابل توجهی کربن محلول بوده که در صورت اختلاط با خاک سبب افزایش این ترکیبات در خاک می‌شود. کربن محلول در آب یکی از اجزای پویای کربن بوده که به‌عنوان یک سوبسترای متابولیکی با سرعت تجزیه زیاد، برای ریزجانداران خاک شناخته شده است. از سوی دیگر این بخش از کربن در کوتاه‌مدت منبع مناسبی از عناصر غذایی برای گیاهان است (۲۴ و ۲۵). این بخش آلی دارای ترکیبات متعدد آلی با وزن مولکولی کم شامل پلی‌فنول‌ها، آلیفاتیک اسیدهای ساده، اسیدهای آلی، آمینواسیدها و ترکیبات قندی است (۱۱).

همچنین وجود مقادیر زیاد آهک باعث شده تا عناصر کم‌مصرف عمدتاً جذب سطح ذرات خاک شده و وجود هر عاملی که به حلالیت آن کمک کند، شرایط را برای رشد گیاه بهبود می‌بخشد. کربن محلول دارای اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم بود که به‌عنوان حلال فلزات و عامل افزایش تحرک آنها در pH معمول خاک شناسایی شده‌اند. این اسیدهای آلی سبب تشکیل کمپلکس‌های آلی با فلزات شده و از جذب آنها توسط سطح خاک جلوگیری می‌کند. افزایش فلزات محلول در اثر افزودن کربن محلول طبیعی و یا سنتزی توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (۲۵).

در بین کنجاله‌های مورد مطالعه بیشترین تأثیر بر غلظت هر سه عنصر مربوط به تیمار کنجد بود که احتمالاً به‌دلیل غلظت بیشتر عناصر در این کنجاله‌ها است (جدول ۱). پژوهش‌های مختلف اثر افزایشی و کاهشی پسماندهای آلی بر غلظت عناصر کم‌مصرف خاک را گزارش کرده‌اند. این تفاوت‌ها به‌دلیل غلظت متفاوت عناصر و اسیدهای آلی در پسماندهای آلی مختلف، ویژگی‌های خاک و پایداری ترکیبات آلی در خاک بوده است (۱۵).

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده اثر معنی‌دار شوری بر غلظت عناصر روی و آهن به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد بوده است. (جدول ۲). بیشترین غلظت عناصر کم‌مصرف روی و آهن در خاک در تیمار غیر شور مشاهده شد. غلظت روی و آهن در خاک در اثر افزایش شوری به نسبت تیمار غیر شور به‌ترتیب ۱۰ و ۱۱ درصد کاهش داشته است (جدول ۴). اثر شوری بر غلظت مس خاک معنی‌دار نبوده است.

به‌علاوه اثر متقابل مقدار کنجاله مصرفی و شوری بر غلظت روی در خاک در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۲). افزودن پنج درصد کنجاله‌های روغنی بیشترین تأثیر را بر افزایش غلظت روی در خاک نسبت به تیمار شاهد در هر دو خاک شور و غیر شور داشت، همچنین کاربرد هر دو سطح کنجاله تأثیر بیشتری بر افزایش غلظت روی در خاک غیر شور نسبت به خاک شور داشته است. به‌گونه‌ای که در تیمار پنج درصد کنجاله‌های روغنی، غلظت این عنصر در خاک غیر شور ۱۹۱ درصد افزایش یافته، درحالی که در خاک شور این افزایش ۱۰۹ درصد در مقایسه با تیمار شاهد بوده است (شکل ۳- ب). به‌نظر می‌رسد تجزیه‌پذیری بیشتر این پسماندها در خاک غیر شور سبب آزاد شدن عناصر غذایی و ترکیبات محلول آن شده است. بیشتر بودن تنفس میکروبی خاک نشان‌دهنده تجزیه بیشتر کنجاله‌ها در شرایط غیر شور بوده است (شکل ۲- ب).

نتیجه‌گیری

کنجاله‌های روغنی با داشتن مقادیر قابل توجهی مواد آلی و عناصر غذایی به‌عنوان منبع مناسب کودی قابل استفاده است. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد کنجاله زیتون، کنجد و سیاهدانه در بهبود وضعیت مواد آلی و عناصر ریزمغذی مفید است. با این وجود تأثیر این پسماندها یکسان نبوده و به کیفیت کنجاله‌ها و شرایط خاک به‌ویژه شوری وابسته است. به‌نظر می‌رسد کاربرد کنجاله کنجد بیشترین تأثیر را بر افزایش روی، مس و آهن خاک داشته است. از سوی دیگر کنجاله کنجد تجزیه‌پذیری بیشتر داشته و تأثیر کمتری بر افزایش ماده آلی

خاک دارد. بنابراین باید توجه داشت کاربرد هر یک از این کنجاله‌ها باید با در نظر گرفتن مجموع اثرات آن بر ویژگی‌های خاک صورت گیرد و به‌علاوه تأثیر آنها بر جوانه‌زنی و رشد گیاه نیز بررسی شود.

منابع مورد استفاده

1. Jafari, S., M. Chorom, N. Enayatizamir and H. Motamedi. 2012. Evaluating the effects of bacillus subtilis and corynebacterium glutamicum on soil microbial indexes in different levels of salinity. *Journal of Agricultural Engineering* 35: 55-70.
2. Raiesi, F. and F. Aghababae. 2011. The decomposability of some plant residues and their susbsequent influence on soil microbial respiration and biomass, and enzyme activity. *Journal of Water and Soil* 25: 863-873.
3. Falahati Marvast, A., A. Hosseinpur and S. H. Tabatabaei. 2012. Effect of salinity and sewage sludge on heavy metal availability and uptake by barley plant. *Journal of Water and Soil* 27: 985-997.
4. Fallahzade, J. and M. A. Hajabbasi. 2010. Evaluation of organic matter storage in aggregate of clayey soils under degraded pasture and cropland in central Zagros. *Journal of Water and Soil Conservation* 17: 179-194.
5. Nahidan, S. and F. Nourbakhsh. Soil organic matter effect on biological properties. 2012. *In:* Proceeding of the 11th Iranian Soil Congress. Ahvaz. Iran.
6. Alef, K. 1995. Soil respiration. PP: 214–216. *In*: Alef, K. (Ed.), Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry and Nannipieri, P. Harcourt Brace and Company Publication, London.
7. Brar, B. S., M. V. Singh, N. S. Dhillon and D. S. Benipal. 2004. Soil quality, crop productivity and sustainable experiences under long-term maize-wheat-cowpea cropping. *Inceptisols Research Bulletin* 1-90.
8. Burt, R. 2004. Soil Survey Laboratory Methods Manual: Soil Survey Investigations. Version4.0. Natural Resources Conservation Service, Nebraska, United States.
9. Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric method of determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28: 350–356.
10. Fao Stat. 2017. Available online at: http://www.fao.org/faostat/en.
11. Fox, T. R. and N. B. Comerford. 1990. Low molecular weight organic acid in selectedforest soils of the south-eastern USA. *Soil Science Society American Journal* 54: 1763–1767.
12. Gaind, S., L. Nain and V. B. Patel. 2009. Quality evaluation of co-composted wheat straw, poultry droppings and oil seed cakes. *Biodegradation* 20: 307–317.
13. Hachicha, S., J. Cegarra, F. Sellami, R. Hachicha, N. Drira, K. Medhioub and E. Ammar. 2009. Elimination of polyphenols toxicity from olive mill wastewater sludge by its co-composting with sesame bark. *Journal of Hazardous Material* 161: 1131–1139
14. Jones, J. B. and V. W. Case. 1990. Sampling, handling, and analyzing plant tissue samples. PP. 389–427. *In*: Westerman, R. L. (Ed.), Soil Testing and Plant Analysis. 3rd Ed. Soil science society american journal, Inc. Madison, WI., USA.
15. Kabata-Pendias, A. 2001. Trace Elements in Soils and Plants, 3 Ed.; CRC Press, Boca Raton.
16. Killi, D. and Y. Kavdır. 2013. Effects of olive solid waste and olive solid waste compost application on soil properties and growth of *Solanum lycopersicum*. *International Biodeterioration and Biodegradation* 82: 157–165.
17. Lee, J. 2010. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. *Science Horticulture* 124: 299–305.
18. Liang, Y., M. Nikolic, Y. Peng, W. Chen and Y. Jiang. 2005. Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary salini zation, *Soil Biology and Biochemistry* 37: 185–1195.
19. Linares, J. M., F. Caba, T. Ligero, D. L. Rubia and J. Martínez. 2003. Detoxification of semisolid olive-mill wastes and pine-chip mixtures using Phanerochaeteflavido-alba. *Chemosphere* 51: 887–891.
20. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society American Journal* 42: 421–428.
21. Lopez-Pineiro, A., A. Albarr_an, J. M. Rato Nunes and C. Barreto. 2008. Short and medium-term effects of two-phase olive mill waste application on olive grove production and soil properties under semiarid Mediterranean conditions. *Bioresoure Technology* 99: 7982–7987.
22. Manuel, T. and J. L. Gonzalez. 2003. Effects of foliar application of a byproduct of the two-step olive oil mill process on maize yield. *Agronomie* 23: 617–623.
23. Mirzaee, M. and M. Mahmoudabadi. 2015. Effect of different type and management of crop residues on soil physical properties and water infiltration. *Journal of Soil Research* 28:659–671.
24. Myint, P. P., T. S. May and A. W. War. 2016. Effectiveness of rural waste materials as natural fertilizers on

sustainable soil fertility and productivity in Myanmar. *International Journal of Soil Science* 12: 1–8.
25. Nogales, R. and E. Benítez. 2007. Effect of olive-derived organic amendments on lead, zinc, and biochemical parameters of an artificially contaminated soil. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 38: 795–811.
26. Parks, S., S. Newman and J. Golding. 2004. Substrates effects on greenhouse cucumber growth and fruit quality in Australia. *Acta Horticulturae* 648: 129–133.
27. Schlegel, H. G. 1956. The utilization of organic acids by Chlorella in the light. *Plata* 47: 510-515.
28. Tekeli, A. 2014. Nutritional value of black cumin (*nigella sativa*) meal as an alternative proteın source in poultry nutritıon. *Journal of Animal Advances* 4: 479–806.
29. Uribe, E., R. Lemus-Mondaca, A. Vega-Gálvez, L. A. López, K. Pereira, J. López, K. Ah-Hen and K. Di Scala. 2013. Quality characterization of waste olive cake during hot air drying: nutritional aspects and antioxidant activity. *Food Bioprocess Technology* 6: 1207–1217.
30. Weinberg, Z. G., Y. Chen and P. Weinberg. 2008. Ensiling olive cakewith and without molasses for ruminant feeding. *Bioresource Technology* 99: 1526–1529.

Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)
Vol. 23, No. 2, Summer 2019, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

The Effect of Oil Meal as a Micronutrient Fertilizer in Saline and Non-Saline Soils

V. Dorostkar[1*], M. Yousefifard[2] and Z. Jajarmi[1]

(Received: January 22-2018 ; Accepted: June 10-2018)

Abstract

A significant amount of the oil meal is produced annually in the oil industry. Oil meal addition into the soil can improve the soil organic matter and micronutrients concentration. This study was conducted to investigate the effect of olive, sesame and black cumin meal (0, 2 and 5 g $100g^{-1}$ soil) on the soil Cu, Zn and Fe concentration in saline and non-saline soils by a greenhouse experiment. The soil basal respiration, organic carbon, carbohydrate and DTPA extractable Cu, Zn and Fe concentration were measured after 60 days of incubation. The results showed that the greatest organic carbon and carbohydrate content were observed in olive and black cumin treatments and the lowest was observed in the sesame treatment. Using oil meal in the soil improved the micronutrient concentration, as compared to the control treatment. Sesame meal had the greatest effect on the DTPA extractable Cu and Zn concentration increment. The DTPA extractable Fe concentration was the highest in the sesame treatment and the lowest in the black cumin one. In addition, salinity decreased the DTPA extractable Fe and Zn concentration, as compared to the non-saline soil. As the conclusion, oil meal incorporation in to the soil improved the soil organic carbon and micronutrient concentration. However, their effect depends on the meal quality and soil salinity.

Keywords: Micronutrient, Oil mill residue, Soil carbohydrate

1. Water and Soil Department, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.
2. Department of Agricultural Engineering and Technology, Payame Noor University, Tehran, Iran.
*: Corresponding Author, Email: vdorostkar@shahroodut.ac.ir