[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.15.8]

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.193]

اثر فیلترکیک نیشکر، کودشیمیایی و کودهای زیستی بر جذب عناصر کم‌مصرف، پرمصرف و عناصر سنگین توسط گیاه کلزا (*Brassica napus* L.)

حسین منجزی[۱]، محمد رضا مرادی تلاوت[۲*]، سید عطاءالله سیادت[۳]
احمد کوچک‌زاده[۲] و حسن حمدی[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۱۱)

چکیده

با هدف بررسی تأثیر کاربرد فیلترکیک نیشکر به‌همراه کودهای شیمیایی و کودهای زیستی بر جذب عناصر غذایی در کلزا آزمایشی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. ترکیب‌های مختلف فیلترکیک نیشکر و کودهای شیمیایی در پنج سطح (A_1: ۱۰۰ درصد فیلترکیک، A_2: ۷۵ درصد فیلترکیک + کود شیمیایی، A_3: ۵۰ درصد فیلترکیک + کود شیمیایی، A_4: ۲۵درصد فیلترکیک + کود شیمیایی، A_5: کود شیمیایی) به‌عنوان فاکتور اول، و کودهای زیستی در دو سطح مصرف و عدم مصرف به‌عنوان فاکتور دوم مورد بررسی قرار گرفتند. در این آزمایش از کودهای زیستی نیتروکسین و بارور-۲ استفاده شد. سطوح مختلف ترکیب فیلترکیک و کودهای شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر محتوی نیتروژن و فسفر دانه کلزا داشت. کاربرد فیلترکیک باعث افزایش عناصر روی، مس، آهن و سرب دانه شد. محتوی کادمیوم دانه تحت‌تأثیر کودهای زیستی و تیمار فیلترکیک + شیمیایی قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش مصرف فیلترکیک نسبت به کود شیمیایی عناصر روی ، مس ، آهن و سرب جذب شده در دانه کلزا افزایش یافت ولی مقدار کادمیوم و فسفر و نیتروژن دانه کاهش یافت. نتایج نشان داد که مصرف کودهای زیستی باعث افزایش مقدار کادمیوم و مقدار فسفر دانه شد. به‌طورکلی افزودن مواد آلی از جمله فیلترکیک به خاک نیازمند بررسی میزان جذب عناصر مختلف از جمله عناصر سنگین خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: نیتروژن، فسفر، کادمیوم، سرب، کشاورزی پایدار

۱ و ۲ و ۳. به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استادیاران و استاد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
۴. استادیار مرکز تحقیقات و توسعه‌ی کشت نیشکر خوزستان
*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: moraditelavat@yahoo.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.15.8]

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.193]

مقدمه

تولید موفقیت‌آمیز محصولات کشاورزی مستلزم وجود خاک مناسب و مقدار کافی از عناصر غذایی قابل استفاده گیاه است. نگاه یک جانبه به تأمین مواد غذایی بدون توجه به مسایل زیست محیطی و تأثیر کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های خاک و کیفیت محصولات زراعی موجب استفاده بی‌رویه از این نوع کودها و در نتیجه بروز اثرات مخربی از قبیل کاهش نفوذپذیری خاک، افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک، محدودشدن رشد ریشه و در نهایت تخریب خاک و کاهش رشد محصول اجتناب ناپذیر شده است (۷). کودهای آلی و شیمیایی لازم و ملزوم یکدیگرند و برای ایجاد شرایط مناسب رشد گیاهان هر دو نوع کود مورد نیاز هستند (۲۷). افزودن کودهای آلی به خاک افزون بر نداشتن عوارض نامطلوب موجب افزایش هوموس خاک و نگهداری آن در سطحی مناسب می‌شوند (۲۴). فیلترکیک یک محصول جانبی صنعت نیشکر است که در طی فرایند رسوبگذاری و تصفیه شربت خام به‌دست می‌آید. کیفیت آن به فرایندی که برای رسوب‌گذاری مواد ناخالص عصاره نیشکر استفاده می‌شود، بستگی دارد. ماده آلی موجود در فیلترکیک حدود ۶۴ درصد وزن خشک آن است و یک منبع غنی برای کلسیم است (۲۲). مقادیر فراوان فیلترکیک تولید شده که می‌تواند به‌وسیله فرایند تجزیه زیستی به یک منبع با ارزش تبدیل شود، این ماده را به‌عنوان یک مکمل کود شیمیایی معرفی کرده است (۲۳). این ترکیب دارای حدود ۱ درصد وزنی فسفر و تا بیش از ۱ درصد نیز نیتروژن است که همانند سایر افزودنی‌های آلی به خاک، عناصر غذایی را به تدریج رها می‌کند و در اختیار گیاه قرار می‌دهد و موجب اصلاح شیمیایی و فیزیکی خاک نیز می‌شود (۲۳). در استان خوزستان چندین واحد تولید نیشکر با سطح زیر کشت بالغ بر ۸۵۰۰۰ هکتار مشغول به‌کار هستند. در حال حاضر قسمت اعظم فیلترکیک تولیدی کارخانه‌های شکر به طرق مختلف دور ریخته می‌شود. از آنجایی‌که فیلترکیک منبع مهمی برای عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است افزودن آن به خاک می‌تواند باعث بهبود حاصلخیزی و ویژگی‌های خاک گردد.

عناصر کمیاب از طرق مختلف وارد محیط خاک می‌شوند. از مهم‌ترین راه‌های ورود عناصر کمیاب به خاک می‌توان به زباله‌های شهری و صنعتی، حشره‌کش‌ها، کودهای شیمیایی، لجن فاضلاب و غیره اشاره کرد. برخی از عناصر کمیاب برای رشد گیاه ضروری هستند و به‌نام عناصر کم‌مصرف خوانده می‌شوند. این عناصر به‌مقدار کم برای رشد گیاه لازمند و در غیاب آنها رشد گیاه محدود خواهد شد (۱۶). مواد آلی با تولید ترکیبات کمپلکس کننده باعث انحلال و تحرک عناصر غذایی به‌ویژه عناصر کم‌مصرف می‌گردد. محققین توانستند با مصرف مواد آلی کمبود روی و آهن را در خاک‌های آهکی در گیاه ذرت رفع کنند (۲۳). در یک آزمایش دراز مدت، خاک با فضولات مرغی به‌مدت ۲۵ سال تیمار شده و سپس غلظت کل برخی عناصر در آن اندازه‌گیری گردید. گزارش‌های حاصل از این تحقیق نشان داد که غلظت سرب، نیکل، روی و منگنز تفاوت معنی‌داری داشتند که حاکی از تجمع این عناصر در خاک است (۱۱). با این حال، خطرات احتمالی افزودن مواد آلی به زمین‌های کشاورزی، باید قبل از ارزش کودی و اقتصادی آن مورد ارزیابی قرار گیرد. یکی از مواردی که باید به آن توجه شود وجود فلزات سنگین در پسماندهای آلی است. بسیاری از مواد آلی افزودنی به خاک اغلب دارای مقادیر زیادی از عناصر کادمیوم، سرب و نیکل هستند. هنگامی‌که این مواد به زمین اضافه می‌شوند، گیاه همراه با عناصر غذایی مورد نیاز، این عنصر سمی را جذب و وارد زنجیره غذایی انسان و حیوان می‌کند. تحقیقات نشان داده است که استفاده دراز مدت از لجن و کمپوست حاوی غلظت‌های بالای فلزات سنگین موجب تجمع عناصری مانند کادمیوم و سرب در گیاه می‌شوند (۱۲). محققان در یک مطالعه گلخانه‌ای نشان دادند که مقدار جذب فلزات روی، مس، سرب و کادمیوم به‌وسیله ذرت و کاهو با افزایش مقدار لجن فاضلاب افزایش می‌یابد (۵). نتایج حاصل از یک مطالعه نشان داد که با کاربرد شیرابه کمپوست غلظت آهن به‌طور چشمگیری در گیاه ذرت افزایش یافته، به‌نحوی‌که

غلظت آهن در آن از ۹۷ بـه ۱۶۲ میلـی‌گـرم وزن خشـک گیـاه رسید. این افزایش نشان داد که شیرابه کمپوست موجب تحرک بیشتر آهن در خاک می‌شود (۹). مواد آلـی اهمیـت زیـادی در تغذیه عناصر کم‌مصرف توسط گیاهان دارند این ترکیبات شامل مواد بیوشیمیایی موجود در بـدن موجـودات زنـده و اسـیدهای هیومیک و فلویک است. این اسیدها ترکیبات پیچیده‌ای با اغلب کاتیون‌ها و هم‌چنین بعضی از آنیون‌ها مـی‌سـازند کـه موجـب حلالیت بیشـتر ایـن عناصـر و در نتیجـه جـذب بهتـر عناصـر کم‌مصرف مانند مس و روی و منگنز توسط گیاه می‌گردند (۲). کاربرد ۱۰ و ۱۵ تن فیلترکیـک در هکتـار، فسـفر قابـل جـذب خاک را به‌ترتیب ۳۰۰ و ۴۶۱ درصد افزایش داد (۱۴). محققـان در تحقیقی بر روی گندم افزایش عملکرد دانه و میـزان جـذب نیتروژن ، فسفر و پتاسیم جـذب شـده توسـط گیـاه بـا کـاربرد کمپوست زباله و کود شیمیایی را گزارش کردند (۵).

کودهای زیستی حاوی جمعیت میکروبی ریزوسفر و اغلـب شامل باکتری‌های افزایش دهنده رشد هستند. این بـاکتری‌هـا از طریق فراهم کردن مـواد غـذایی، تولیـد مـواد شـبه هورمـونی، کاهش سطح اتیلن گیاه و ایجاد مقاومت به تنش‌های مختلف از جمله کمبـود آب و عناصـر غـذایی و کـاهش سـمیت عناصـر سنگین، گیاه را یاری می‌کنند. پژوهشگران در تحقیقی تأثیر کود زیستی بارور ۲ بر عملکرد و سایر خصوصیات سیب زمینی رقم آگریا دریافتند که به‌کارگیری باکتری حل کننـده فسـفات بـرای بهبود جذب فسفر و کـاهش مصـرف کودهـای فسـفر یکـی از راهکارهای اساسی برای جبران کمبـود فسـفر مـورد نیـاز گیـاه است (۱۷). هم‌چنین گزارش داده‌انـد کـه پـیش تیمـار بـذر بـا ازتوباکتر همراه با کود دامی سبب افزایش عملکرد دانه و درصد جذب نیتروژن و فسفر، درصد روی و پـروتئین دانـه، عملکـرد اندام‌های هوایی و ریشه گندم می‌شود (۱۸).

در مجمـوع مشـخص مـی‌گـردد اسـتفاده از فیلترکیـک و کودهای زیستی یک راه حل مناسب جهت بهبود وضعیت مـاده آلی و جذب بهتر مـواد غـذایی توسـط گیـاه اسـت. بنـابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی تجمع عناصر مختلـف در دانـه کلزا در هنگام کاربرد این مواد طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف فیلترکیک نیشکر، کـود شیمیایی و کودهای زیستی بر جذب برخی از عناصر پرمصرف، کم‌مصرف و برخی از عناصر سنگین توسط دانه کلزا آزمایشـی به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌هـای کامـل تصـادفی بـا ۱۰ تیمار و ۴ تکرار در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعـه پژوهشـی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان واقـع در ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز اجرا شـد. ایـن منطقـه در عـرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طـول جغرافیـایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی، با ارتفاع ۲۲ متـر از سـطح دریـا قـرار دارد. میانگین بارندگی آن ۲۶۹ میلی‌متر، متوسط درجه حـرارت ۲۳ و متوسط حداکثر و حداقل درجه حـرارت بـه‌ترتیـب ۳۶ و ۹/۵ درجه سانتی‌گراد است.

فاکتور اول ترکیب‌های مختلف فیلترکیک نیشکر و کودهای شـیمیایی در پـنج سـطح (A_1: ۱۰۰ درصـد فیلترکیـک، A_2: ۷۵ درصد فیلترکیک + کود شـیمیایی، A_3: ۵۰ درصـد فیلترکیـک + کود شیمیایی، A_4: ۲۵ درصد فیلترکیـک + کـود شـیمیایی، A_5: کـود شـیمیایی) و فـاکتور دوم کودهـای زیسـتی در دو سـطح (مصرف بر اساس توصیه شرکت سازنده و عدم مصـرف) بـود. مقدار مصرف فیلترکیـک در ایـن آزمـایش بـر اسـاس ترکیـب تیمارها به‌ترتیب ۲۰ ، ۱۵ ، ۱۰ ، ۵ و صفر تن در هکتار بود. در این آزمایش مقدار پتاسیم برای تمام تیمارهـا ثابـت بـود. کـود شیمیایی نیتروژن بر اساس ترکیب تیمارهای A_1 تا A_5 به‌ترتیب برابر صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتـروژن خـالص از منبـع اوره در هکتـار و کـود شـیمیایی فسـفر بـرای تیمارهـای فوق‌الذکر به‌ترتیب برابر صفر ، ۲۰ ، ۴۰ ، ۶۰ ، ۸۰ کیلـوگرم در هکتار فسفر خالص از منبع سوپر فسفات تریپل مصرف شد. در این پژوهش کودهای زیستی نیتروکسین و باور-۲ اسـتفاده شـد که مقادیر مصرف این کودها بر اساس کارخانـه سـازنده بـرای کلزا ۴ لیتر نیتروکسین به‌صورت سـرک و نـیم لیتـر بـه‌صـورت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.15.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.193]

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	اسیدیته	شوری (میکروموس بر سانتی‌متر)	مواد آلی (درصد)	بافت خاک
۰-۳۰	۰/۰۶	۷	۲۲۴	۷/۷	۳۴۰	۰/۵	رسی‌لومی

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی فیلترکیک مصرفی

ویژگی‌های فیلترکیک	مقدار
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۱۱
اسیدیته خاک	۶/۲۱
نیتروژن قابل جذب (درصد)	۰/۴۵
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۴۸۰
پتاسیم قابل جذب (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)	۱۱/۸
مواد آلی (درصد)	۲۵/۸
خاکستر(درصد)	۱۰
درصد رطوبت	۴۸/۲
روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۹۸
آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۵۱۰
مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۶۴

تلقیح بذر و برای باور-۲ صد گرم در هکتار بود. لازم به ذکر است که این کودها هم به‌صورت تلقیح و هم به‌صورت سرک مصرف گردید. زمان مصرف سرک نیتروکسین همراه با آبیاری دوم و زمان مصرف بارور-۲ به‌صورت سرک در مرحله ۲ برگی کلزا بود. ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ و کمپوست در جدول ۲ ارائه شده است. بذر هیبرید هایولا ۴۰۱ در تاریخ یکم آذر ماه ۱۳۹۰ در کرت‌هایی به طول ۳ متر و عرض ۲/۴ متر شامل ۸ ردیف کشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از همدیگر و با تراکم ۹۰ بوته در مترمربع به‌صورت مسطح با عمق کشت ۲ سانتی‌متر کشت شد. جهت رسیدن به تراکم نهایی (۹۰ بوته در مترمربع) میزان بذر مورد استفاده ۱/۵ برابر مقدار مورد نیاز بود. سپس در مرحله ۴ - ۳ برگی اقدام به تنک کردن و تنظیم تراکم نهایی شد. به‌منظور تعیین میزان فیلترکیک تر مورد نیاز، دو نمونه به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه خشک و با توجه به رطوبت توده، مقدار فیلترکیک مورد نیاز محاسبه شد و در کرت‌های موردنظر توزیع شد. زمین مورد نیاز آزمایش در اواسط پاییز جهت شخم و هم‌چنین سبزشدن بذر علف‌های هرز، یک مرتبه آبیاری سنگین شد. پس از کاهش میزان رطوبت خاک به حد مطلوب (گاورو) عملیات شخم صورت گرفت. به‌منظور خردکردن کلوخه‌ها و تسطیح اولیه دو مرحله دیسک عمود برهم زده و سپس تسطیح نهایی با لولر انجام شد. کرت‌های موردنیاز به‌وسیله مرزبند ایجاد و شکل نهایی و تسطیح نهایی کرت‌ها به‌وسیله بیل و به‌صورت دستی انجام گردید. اولین آبیاری در تاریخ ۸ آذر به‌عنوان تاریخ کاشت در نظر گرفته شد و آبیاری‌های بعدی بر اساس شرایط آب و هوایی منطقه و نیاز گیاه صورت گرفت. جهت تعیین اندازه‌گیری عناصر جذب شده در گیاه در اواخر فروردین و در مرحله رسیدگی دانه‌ها، ۵ بوته از ۲ ردیف وسط با حذف حاشیه انتخاب و دانه‌های آنها جدا شد و از این دانه‌ها جهت اندازه‌گیری عناصر جذب شده استفاده گردید. جهت اندازه‌گیری عناصر کم‌مصرف از روش خاکسترگیری خشک و دستگاه جذب اتمی استفاده شد. برای این کار حدود ۱۰ گرم دانه در آون به‌مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و سپس در کوره در دمای ۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به‌مدت ۳ ساعت خاکسترگیری شد و در نهایت عصاره‌گیری توسط اسید کلریدریک انجام شد و عصاره‌ها از کاغذ صافی عبور داده شده و آماده‌ی قرائت گردیدند. مقدار فسفر دانه به روش اولسون به نقل از (۲۵) و دستگاه اسپکتروفتومتر محاسبه شد و برای اندازه‌گیری درصد نیتروژن دانه از دستگاه کجدال استفاده گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.15.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.193]

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس مربوط به غلظت عناصر کم مصرف دانه کلزا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		روی	مس	آهن	سرب	کادمیوم
تکرار	۳	۲۱/۰۷ ns	۲/۸۵ ns	۲۵۰/۲ ns	۰/۰۹ ns	۰/۵۳ ns
فیلترکیک + شیمیایی	۴	۲۵۶/۳۰ **	۱۲/۷۳ **	۴۹۴۹/۲۳ **	۲/۶۴ *	۴/۶۹ **
کود زیستی	۱	۶۸/۵۵ ns	۲/۱۸ ns	۹۲۹/۶۳ ns	/۰۰۰۸ ns	۰/۶۷ ns
فیلترکیک + شیمیایی × کود زیستی	۴	۶۷/۱۸ ns	۰/۵۲ ns	۵۳۵/۹۴ ns	۰/۰۰۰۴۶ ns	۰/۸۲ *
اشتباه آزمایشی	۱۸	۳۲/۷۶	۱/۷۲	۴۴۶/۲۲	۰/۵۹	۰/۲۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۶۱	۱۴/۸۲	۹/۵۰	۱۰/۱۶	۴/۱۹

* و **. به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns غیرمعنی‌دار

با روش LSD با احتمال خطای ۵ درصد انجام شد. جهت رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

عناصر کم مصرف و سنگین در دانه

نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای فیلترکیک + شیمیایی بر روی مقدار آهن، مس، روی و سرب دانه وجود دارد و مقدار کادمیوم دانه تحت‌تأثیر اثر متقابل تیمارهای فیلترکیک + کود شیمیایی و کود زیستی قرار گرفت (جدول ۳). با افزایش مصرف فیلترکیک و کاهش مقدار کود شیمیایی مقدار آهن دانه افزایش یافت به‌طوری‌که تیمار A_1 (۱۰۰ درصد فیلترکیک) با مقدار ۲۷۰/۹۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشترین مقدار آهن و تیمار A_5 (۱۰۰ درصد کود شیمیایی) با مقدار ۲۰۱/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم کمترین مقدار آهن را داشتند (جدول ۴). باتوجه با این‌که فیلترکیک مورد استفاده دارای ۵۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهن بود (جدول ۲)، انتظار جذب این عنصر توسط گیاه وجود داشت و این می‌تواند دلیلی برای افزایش مقدار آهن دانه باشد. از طرف دیگر با توجه به این‌که کودهای آلی با تولید گاز کربنیک در اسیدی‌کردن خاک نقش دارند که عمل مذکور در جذب عنصر آهن که در شرایط اسیدی جذب می‌شود می‌تواند مؤثر واقع شود.

روی یکی دیگر از عناصر کم مصرف گیاه است که می‌توان آن را جزء عناصر سنگین نیز طبقه‌بندی کرد. مقدار کل روی در یک خاک زراعی معمولاً بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. نتایج نشان داد که مقدار روی دانه با افزایش فیلترکیک نسبت به شیمیایی افزایش یافت. بیشترین و کمترین مقدار روی دانه در تیمار A_1 و A_5 به‌ترتیب با ۴۴/۷۹ و ۲۷/۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد (جدول ۴). باتوجه به جدول ۲ فیلترکیک مصرفی ۱۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی داشت. هم‌چنین می‌توان گفت افزایش روی در تیمارهای فیلترکیک همراه با رابطه منفی فسفر و روی مشاهده می‌شود. افزایش فسفر در خاک باعث کاهش حلالیت روی و کاهش انتقال آن از ریشه‌ها به سایر قسمت‌های گیاه می‌شود (۲۱) . از طرف دیگر بین روی و کادمیوم نیز تأثیر منفی وجود دارد (۱) . با توجه به نتایج (جدول ۴) افزایش نسبت کودهای شیمیایی مصرفی نسبت به فیلترکیک باعث افزایش کادمیوم دانه شد که این افزایش کادمیوم در تیمارهای شیمیایی باعث کاهش روی در دانه گیاه نسبت به تیمارهای فیلترکیک شد.

مس نیز یکی از عناصر کم مصرف گیاه است که آن را هم می‌توان در زمره عناصر سنگین به‌حساب آورد . این عنصر در بیشتر خاک‌های زراعی به اندازه کافی یافت می‌شود. افزایش کاربرد فیلترکیک، مقدار مس دانه را افزایش داد (جدول ۴). بیشترین و کمترین مقدار مس دانه مربوط به تیمار A_1 و A_5 به‌ترتیب با ۱۰/۹۴ و ۷/۴۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول ۴).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.15.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.193]

جدول ۴. مقایسه میانگین غلظت عناصر غذایی دانه کلزا تحت‌تأثیر فاکتورها و تیماری آزمایشی

	تیمار	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	کادمیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
کود غیر زیستی	A_1	۲/۶۵^{b}	۳۲/۸۲^{c}	۱۰/۹۴^{a}	۲۷۰/۹۲^{a}	۴۴/۷۸^{a}	۱۷/۴۹ ^{a}	۱۱/۰۸^{c}
	A_2	۲/۶۴^{b}	۳۲/۹۲ ^{c}	۹/۵۵^{ab}	۲۲۸/۱۷^{b}	۴۰/۰۶^{ab}	۱۶/۳۷^{b}	۱۱^{c}
	A_3	۲/۸^{b}	۳۴/۹۱^{cb}	۸/۷۸^{cb}	۲۱۰/۸۳^{cb}	۳۷/۱^{b}	۱۵/۹۸^{b}	۱۱/۵۸^{c}
	A_4	۳/۰۶^{ab}	۳۶/۳۳^{ab}	۷/۵۶^{c}	۲۰۴/۳۳^{bc}	۳۳/۸۹^{cb}	۱۵/۷۹^{b}	۱۲/۳۳^{b}
	A_5	۳/۵۷^{a}	۳۸/۴۱^{a}	۷/۴۴^{c}	۲۰۱/۰۸^{c}	۲۷/۴۲^{c}	۱۶/۲۱^{b}	۱۳/۰۸^{a}
کود زیستی	B_1	۳/۰۲^{a}	۳۶/۷۲^{a}	۹/۱۲^{a}	۲۲۸/۶۳^{a}	۳۷/۱۷^{a}	۱۶/۳۷^{a}	۱۱/۹۶^{a}
	B_2	۲/۸۷^{a}	۳۳/۴۳ ^{b}	۸/۵۹^{a}	۲۱۷/۵^{a}	۳۵/۱۴^{a}	۱۶/۳۷^{a}	۱۱/۶۶ ^{a}
اثر متقابل	A_1B_1	۲/۷۴^{cb}	۳۴/۷۱^{cb}	۱۱/۶۶^{a}	۲۸۸/۵^{a}	۵۱/۱۶^{a}	۱۷/۶۲ ^{a}	۱۱^{dc}
	A_1B_2	۲/۵۶^{c}	۳۰/۹۱^{cd}	۱۰/۲۲^{ab}	۲۵۳/۳۳^{ab}	۳۸/۴۲^{cb}	۱۷/۳۵ ^{ab}	۱۱/۱۶^{cd}
	A_2B_1	۲/۷۲^{c}	۳۵/۳۱ ^{b}	۹/۶۷^{abc}	۲۴۱/۱۷^{cb}	۴۳/۱۳^{ab}	۱۶/۴۶ ^{abc}	۰/۲۱^{d}
	A_2B_2	۲/۵۶^{c}	۳۰/۵۷^{d}	۹/۴۳^{abcd}	۲۱۵/۱۷^{cd}	۳۷^{bcd}	۲۹/۱۶ ^{cb}	۱۱/۱۱۶^{dc}
	A_3B_1	۲/۹۲^{cab}	۳۵/۹۰^{b}	۸/۷۲ ^{cedb}	۲۰۷/۵^{cd}	۳۷/۶^{cb}	۱۵/۹۹ ^{c}	۱۱/۸۳^{bc}
	A_3B_2	۲/۶۹^{c}	۳۳/۹۲^{cbd}	۸/۸۴^{cedb}	۲۱۴/۱۷^{cd}	۳۶/۵۹^{cbd}	۱۵/۹۸ ^{c}	۱۱/۳۳^{dc}
	A_4B_1	۳/۱۵^{cab}	۳۶/۶۵ ^{b}	۷/۸۶^{ced}	۲۰۸^{cd}	۳۱/۴۵^{cd}	۱۵/۶۵ ^{c}	۱۲/۳۳^{b}
	A_4B_2	۲/۹۷^{cab}	۳۶/۰۱^{b}	۷/۲۷^{d}	۲۰۰/۶۷^{d}	۳۶/۳۳^{Cbd}	۱۵/۹۳^{c}	۱۲/۳۳^{b}
	A_5B_1	۳/۵۸ ^{a}	۴۱/۰۳^{a}	۷/۷۲^{ced}	۱۹۸^{d}	۲۷/۴۸^{d}	۱۶/۱۳^{cd}	۱۳/۸۳^{a}
	A_5B_2	۳/۵۶ ^{ab}	۳۵/۸۰^{b}	۷/۱۷^{e}	۲۰۴/۱۷^{d}	۲۷/۳۷^{d}	۱۶/۲۹^{cd}	۱۲/۳۳^{b}

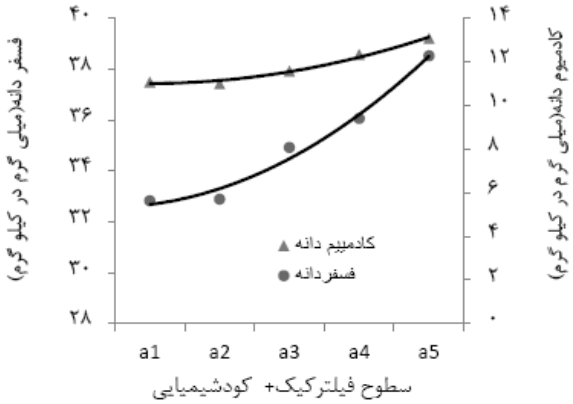
در هر ستون و در داخل هر عامل آزمایشی، میانگین‌های دارای حرف مشابه اختلاف معنی‌داری با هم ندارند

A_1: ۱۰۰ درصد فیلترکیک، A_2: ۷۵ درصد فیلترکیک + کود شیمیایی، A_3: ۵۰ درصد فیلترکیک + کود شیمیایی، A_4: ۲۵درصد فیلترکیک + کود شیمیایی، A_5: کود شیمیایی. B_1 و B_2: به‌ترتیب مصرف و عدم مصرف کودهای زیستی

با توجه به نتایج آنالیز فیلترکیک (جدول ۲) که دارای ۶۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم مس بود، انتظار افزایش مس در سطوح بیشتر فیلترکیک و جذب بیشتر آن وجود داشت. عنصر مس بیشتر در خاک به‌صورت غیر قابل استفاده است با افزایش ماده آلی خاک، بخشی از مس غیر قابل استفاده، تبدیل به مس قابل تبادل می‌شود و هم‌زمان مقدار مس آلی افزایش می‌یابد (۲۱).

در بین فلزات سنگین کادمیوم دارای اهمیت ویژه‌ای است زیرا به‌راحتی توسط سیستم ریشه گیاه جذب می‌شود و سمیت آن برای گیاه ۲ تا ۲۰ برابر سایر فلزات سنگین است. در آزمایش حاضر، مصرف بیشتر کودهای شیمیایی کادمیوم دانه کلزا را افزایش داد. به‌طوری‌که در تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی و مصرف کود زیستی بیشترین مقدار کادمیوم با مقدار ۱۳/۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد (جدول ۴). با توجه به این‌که یکی از منابع کادمیوم در خاک کودهای شیمیایی مخصوصاً کودهای فسفردار است (۱۵ و ۲۰)، افزایش کادمیوم دانه در تیمارهای سطوح شیمیایی بیشتر نسبت به فیلترکیک به‌دلیل در دسترس بودن کود فسفر برای گیاه و جذب بیشتر این کود توسط گیاه بوده است . این موضوع به‌وسیله مشاهده رابطه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.15.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.193]



شکل ۱. تأثیر فیلترکیک + کودشیمیایی بر فسفر و کادمیم دانه کلزا. A_1: ۱۰۰ درصد فیلترکیک، A_2: ۷۵ درصد فیلترکیک + کود شیمیایی، A_3: ۵۰ درصد فیلترکیک + کود شیمیایی، A_4: ۲۵درصد فیلترکیک + کود شیمیایی، A_5: کود شیمیایی

مستقیم فسفر و کادمیوم (شکل ۱) نیز تأیید می‌شود. از طرف دیگر مصرف کودهای زیستی به‌ویژه کود زیستی بارور۲ سبب آزادسازی فسفر ثبیت شده درخاک و در اختیار قرار دادن این عنصر برای گیاه می‌تواند دلیلی برای افزایش کادمیوم دانه باشد. به این دلیل لازم است، کاربرد کودهای زیستی با هر مادهٔ آلی دیگر این مورد را همیشه در نظر گرفت تا از تأثیرات سوء احتمالی جلوگیری شود.

نتایج نشان داد که فیلترکیک باعث افزایش عنصر سرب در دانه کلزا می‌شود. به‌طوری‌که با افزایش مصرف فیلترکیک نسبت به کودهای شیمیایی مقدار سرب دانه افزایش یافت. تیمارهای A_1 و A_5 به‌ترتیب با مقدار ۱۷/۴۹ و ۱۶/۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشترین و کمترین مقدار سرب را داشتند (جدول ۴). این موضوع به‌دلیل پیوند قوی سرب با مواد آلی و تشکیل کمپلکس‌های پایدار، غلظت سرب در تیمارهای با نسبت بیشتر فیلترکیک نسبت به کود شیمیایی افزایش یافت، که در مطالعه حاضر نیز مشاهده گردید (۱۹).

عناصر پرمصرف دانه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس مندرج در جدول ۴ نشان داد که درصد نیتروژن دانه تنها تحت‌تأثیر تیمارهای فیلترکیک + کود شیمیایی قرار گرفت. بیشترین و کمترین مقدار نیتروژن دانه مربوط به تیمار A_5 (۱۰۰ درصد شیمیایی) و A_1 (۱۰۰ درصد فیلترکیک)، به‌ترتیب با میانگین ۳/۵۷ و ۲/۶۵ درصد بود. با افزایش کودهای شیمیایی و کاهش فیلترکیک، درصد نیتروژن دانه افزایش یافت. به‌طوری‌که، این صفت در تیمار ۱۰۰ درصد فیلترکیک کاهش ۲۵/۷۷ درصدی نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی را نشان داد (جدول ۴). می‌توان دلیل افزایش نیتروزن دانه در سطوح بیشتر کود شیمیایی را به افزودن کودهای شیمیایی مخصوصا نیتروژن به خاک مزرعه و فراهم شدن این عنصر در خاک و بهبود جذب توسط گیاه نسبت داد. کاربرد کود نیتروژن مقدار واردات نیتروژن را از قسمت‌های رویشی به دانه در مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش می‌دهد و باعث افزایش نیتروزن دانه می‌گردد. در آزمایش‌های متعددی مشاهده شده است که افزایش کودهای شیمیایی در مقایسه با کودهای آلی، درصد نیتروژن دانه را به مراتب افزایش می‌دهد (۸ و ۲۵).

میزان فسفر دانه تحت تأثیر معنی‌دار نسبت‌های فیلترکیک + شیمیایی و نیز مصرف کودهای زیستی قرار گرفت (جدول ۵). در بین سطوح فیلترکیک + کود شیمیایی، بیشترین و کمترین مقدار فسفر دانه مربوط به تیمارهای A_5 (۱۰۰ درصد شیمیایی) و A_1 (۱۰۰ درصد فیلترکیک) به‌ترتیب با میانگین ۳۸/۴۱ و ۳۲/۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. نتایج هم‌چنین نشان داد که مصرف کود زیستی مقدار فسفر دانه کلزا را نسبت به عدم مصرف کود زیستی افزایش داد (جدول ۴). دلیل افزایش فسفر دانه را در سطوح بالاتر کود شیمیایی نسبت به فیلترکیک، تأثیر مصرف کودهای شیمیایی فسفردار و دسترسی آسان‌تر این عنصر برای گیاه است. از طرف دیگر در سطوح فیلترکیک بیشترین جذب روی توسط دانه (جدول ۴) افزایش یافت و با توجه به اثر منفی بین روی و فسفر انتظار افزایش کندتر فسفر دانه در سطوح بالاتر فیلترکیک وجود داشت (شکل ۲). از طرف دیگر استفاده از کودهای زیستی مخصوصاً بارور-۲ باعث

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.15.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.193]

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]

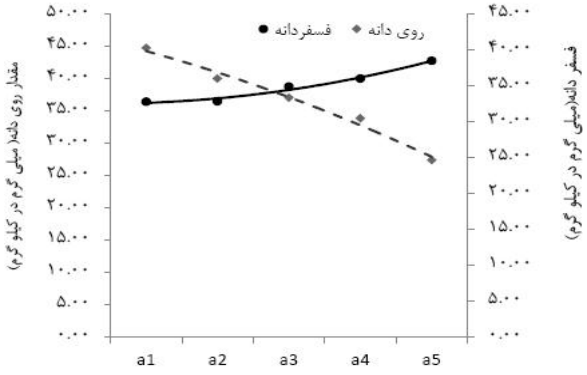
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.15.8]

[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.193]

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مربوط به غلظت عناصرغذایی پرمصرف در دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		نیتروژن	فسفر
تکرار	۲	۰/۲۴ ns	۰/۷ ns
فیلترکیک + شیمیایی	۴	۰/۹۰۸ *	۸۱/۳۳ **
کود زیستی	۱	۰/۱۷ ns	۸۱/۰۴ **
فیلترکیک + شیمیایی × کود زیستی	۴	۰/۰۰۹ ns	۵/۶۳ ns
اشتباه آزمایشی	۱۸	۰/۲۳	۵/۲۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۶/۴	۶/۵۰

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns غیرمعنی‌دار



شکل ۲. تأثیر فیلترکیک + کودشیمیایی بر محتوی روی و فسفر دانه کلزا. A_1: ۱۰۰ درصد فیلترکیک، A_2: ۷۵ درصد فیلترکیک + کود شیمیایی، A_3: ۵۰ درصد فیلترکیک + کود شیمیایی، A_4: ۲۵درصد فیلترکیک + کود شیمیایی، A_5: کود شیمیایی

آزادسازی فسفر ثبیت شده در خاک می‌شود و در نتیجه فسفر قابل دسترس گیاه افزایش می‌یابد و از این طریق جذب فسفر توسط گیاه افزایش یافته است. کودهای زیستی فسفر از مهم‌ترین یاری‌کنندگان گیاه برای تأمین فسفر قابل جذب در سطح مطلوب به‌شمار می‌روند (۲۰).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی افزایش فیلترکیک نیشکر، محتوی نیتروژن و فسفر در دانه کلزا را کاهش داد. هدف از کشت کلزا استحصال روغن دانه این گیاه است و محتوی روغن و پروتئین دانه با همدیگر رابطه عکس دارند. از طرفی کاهش درصد نیتروژن و محتوی فسفر دانه می‌تواند سبب کاهش پروتئین و افزایش درصد روغن دانه گردد. افزایش کاربرد فیلترکیک نیشکر به‌عنوان کود آلی سبب افزایش محتوی آهن، روی و مس در دانه کلزا گردید. کودهای زیستی مورد استفاده در این آزمایش تأثیری بر محتوی این سه عنصر در دانه کلزا نداشتند. نکته حائز اهمیت دیگر، وجود رابطه منفی بین محتوی فسفر و روی در دانه کلزا بود. این موضوع نشان داد که هرگاه با مصرف کودهای آلی مقدار روی دانه افزایش می‌یابد، مقدار فسفر دانه نیز به‌دلیل ارتباط آنتاگونیستی بین این دو عنصر کاهش می‌یابد. البته این موضوع در رابطه با افزایش فسفر و کاهش روی دانه کلزا در اثر کاربرد کودهای شیمیایی نیز صدق می‌کند. از طرفی کاربرد کودهای آلی مقدار سرب و کودهای شیمیایی مقدار کادمیوم موجود در دانه کلزا را افزایش داد. علاوه بر آن، شواهد دیگری مانند وجود رابطه مثبت بین فسفر و کادمیوم دانه که خود در اثر کودهای شیمیایی افزایش یافته‌اند نیز نتایج به‌دست آمده را تأیید می‌کند. تمرکز کارهای پژوهشی در زمینه تغذیه گیاهان دانه روغنی مانند کلزا بر تلفیق روش‌های شیمیایی، زیستی و آلی به‌درستی در مجامع علمی زراعی صورت گرفته است که علاوه بر پایداری و سلامت خاک می‌تواند کیفیت و سلامت محصولات از جمله تغذیه متعادل محصولات را فراهم کند.

منابع مورد استفاده

1. Abdel–Sabour, M. F., J. Mortvedt and j. Kelose.1998. Exactibility of iron, zinc and cadmium in sludge amended calcareous soil. MSc. Thesis, New Mexico State University, New Mexico, USA.
2. Alidoost, R. 2001. Study the effect of different levels of compost, nitrogen and phosphorus on growth and mineral nutrition of forage corn. MSc. Thesis, Tehran University, Tehran, Iran. (In Farsi).
3. Arcila, J., J. N. Arboleda and J. Cuellar. 1989. Sugarcane. Iowa State University Press. USA.
4. Bierman, P. M. and C. J. Rose. 1994. Sewage sludge incinerator ash on soil chemical properties and growth of lettuce and corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 25: 2409-2437.
5. Bresso, L. M., C. Koch, Y. Le Bissonnais, E. Barriuso and V. Lecomte. 2001. Soil surface structure stabilization by municipal waste compost application. *Soil Science Society of America Journal* 65: 1804-1811.
6. Bull, T. A. and K. T. Glaszion.1978. Sugarcane. PP. 51-72. *In:* L. T. Evans (Ed.), Crop Physiology, Cambidge University Pres. Cambridge, London, New York, Melbourn.
7. Eghball, B. 2002. Soil properties as influenced by phosphorus and nitrogen-based manure and compost application. *Agronomy Journal* 94: 128-135.
8. Emam, Y. and M. Niknejad. 1993. An Introduction to Physiology of Crop Yield. Shiraz University Press. Shiraz. (In Farsi).
9. Glauser, R., H. E. Doner and E. A. Poul. 1988. Soli aggregate stability as a function of particle size in sludge treated soils. *Soil Science Journal* 146: 37-43.
10. Greenland, D. J. and I. Szabolcs. 1994. Soil Resilience and Sustainable Land Use. CAB International, Wallingford, UK.
11. Holliday, D. J. 1956. The Managing of Sugarcane. Centre d'Etude de l'Azote. Geneva. Italy.
12. Hassan Dar, G. and M. M. Mishra. 1994. Influence of cd on carbon and nitrogen mineralization in sewage sludge amended soils. *Environment Pollution* 84: 285-290.
13. Johnston, H. W. 1956. Chelation between calcium and organic anions. *New Zealand Journal of Science and Technology* 37: 522-537.
14. Juan F. L. 1989. Application of Filter Muds to Sugarcane Soils. Huastecas Expriment Station, CD. Valles, S.L.P., Mexico.
15. Karimian, N. 1998. The results of Zn application in chemical and phosphorus fertilizers. *Scientific and Research Journal of Water and Soil* 12 (14): 47-53. (In Farsi).
16. Kladiko, E. j. and D. W. Nelson 1979. Changes in soil properties from application of anaerobic sludge. *Journal of Water Pollution Control Federation* 51: 325-332.
17. Madani, H. 2004. Effect of biofertilizer barvar2 on yield and other agronomic traits of potato. MSc. Thesis, Islamic Azad University. Branch of Arak, Iran. (In Farsi).
18. Mahmoodi, H., H. Khosravi and A. Asgharzadeh. 2004. The role of biofertilizer of azetobacter in dryland wheat yield. *In:* Proceeding of 8th Congress of Agronomy and Plant Breeding Sciences. Iran. (In Farsi).
19. Mahmoodi, Sh. and M. Hakimian. 2005. Principals of Agrology. Tehran University Press. Tehran, Iran (In Farsi).
20. Malakouti, M. J. and M. Tehrani. 1999. The Role of Micronutrient in Maximizing of Yield and Improvement of Agricultural Productions. Tarbiat-e Modarres University Press. Tehran, Iran. (In Farsi).
21. Malakouti, M. J., M. Torabi and S. J. Tabatabaei. 2000. Effect of Cd and Methods of Alleviation of its Concentration in Agricultural Productions. Manual 67. Tat press. Jahade- Keshavarzi Ministry. Tehran, Iran. (In Farsi).
22. Martin, J. P. and K. Haider, 1976. Decompositin of specifically babelled carbon-14 labeled folic acid free and linked into model humic acid – tep polymers. *Journal of Water Pollution Control Federation* 40: 377-380.
23. Mary A. G., 1988. Bio-Recycling of Cellulosic Residues of Sugarcane to augment their Agro-Industrial Value. Sugar Processing Research Institute. Inc., New Orleans, Louisiana, USA.
24. Mazinani, H. and G. Saeid. 2004. A Glance to Compost production in Tehran. Recovery and Material Production Press. Tehran, Iran. (In Farsi).
25. Moradi Telavat, M. R. and S. A. Siadat. 2013. Introduction and Production of Oilseed Crops. Education and Extension of Agriculture. Tehran, Iran. (In Farsi).
26. Navas, A., F. Bermudez and J. Machin, 1998. Influence of sewage sludge application on physical and chemical properties Gypsisols. *Geoderma* 87: 123-135.
27. Robertes, T. L. 2008. Improving nutrient use efficiency. *Turkish Journal of Agriculture* 32: 177-182.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1394.5.17.15.8]
[DOI: 10.18869/acadpub.jcpp.5.17.193]