

Effect of Compost Levels, Iron and Zinc Foliar Application on Yield and Some Agro-Physiological Characteristics and Oil Percentage of Camelina (*Camelina sativa* L.)

Abdolali Mirfathollahi¹, Alireza Sirousmehr^{ID 2*}, Issa Khammari², Ahmad Ghanbari³, Maryam Allahdou⁴

Received: May 25, 2024

Accepted: November 17, 2024

1- PhD Student of Agrotechnology, Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.

2- Assoc. Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.

3- Prof, Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.

4- Assoc. Pro., Dept. of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.

Corresponding Author Email: asirousmehr@uoaz.ac.ir , a_sirousmehr@yahoo.com .

Abstract

Background and Objective: Worldwide, the demand for oilseeds is steadily increasing. Camelina, a new oil plant, and its useful agronomic properties, with regard to sustainable agriculture, have recently aroused interest in this oil plant. Despite the great interest in camelina, the potential of organic cultivation has not been noticed by researchers.

Materials and Methods: The aim of this study is to evaluate the response of Camelina to the application of compost, iron and zinc levels on the yield and some physiological characteristics of this plant. For this purpose, an experiment was carried out in the form of split plots in the form of a randomized complete block design with 3 replications in the Research Institute of Zabol (Zahak) and the research farm of Sistan and Baluchistan University (Zahedan). The main factor includes 4 levels of compost (0, 10, 20, and 30 tons per hectare) and the secondary factor includes 4 levels of micronutrient fertilizer application (non-application, iron at the rate of two per thousand, zinc at the rate of three per thousand, and iron+zinc). Was Compost treatment before cultivation was calculated for each plot and mixed with soil and iron and zinc foliar spraying was done in two stages (stemming and before stemming).

Results: The results showed that the highest number of branches (4.5), diameter of main stem (9.24 mm), number of seeds in khorjin (17.6), weight of 1000 seeds (1.135 grams), biological yield (4401.5) kg per hectare, harvest index (28.9) and oil percentage (26.3) from the level of 30 tons per hectare of compost and foliar application of iron and zinc, the highest grain yield (1270.3 kg/hectare) and the number of main sorghums (71) It was obtained from the place of drainage and surface application of 30 tons per hectare of compost and foliar application of iron and zinc. The yield of seeds in Zahak and Zahedan was 33.8% and 38.8%, respectively, compared to the control (no application of compost and iron and zinc foliar spraying) and the percentage of oil with the application of 30 tons per hectare of compost and iron and zinc foliar spraying was 2/2. has increased by 45%.

Conclusion: Therefore, it can be concluded that the application of compost and the consumption of iron and zinc together have been able to provide the necessary conditions to increase the yield of camelina plant.

Key words: Organic Fertilizer, Oil Percentage, Micronutrient Elements, Oilseeds.



This is an open-access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

Copyright@ 2026 Alireza Sirousmehr Email: asirousmehr@uoaz.ac.ir , a_sirousmehr@yahoo.com .

<https://doi.org/10.22034/saps.2024.61805.3226>



اثر سطوح کمپوست، محلول پاشی آهن و روی بر عملکرد دانه و درصد روغن کاملینا (*Camelina sativa* L.)

عبدالعلی میرفتح الهی^۱، علیرضا سیروس مهر^{۲*}، عیسی خمیری^۲، احمد قنبری^۳، مریم اله دو^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۵	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۷
--------------------------	-------------------------

۱- دانشجوی دکتری آگروتکنولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۳- استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
۴- دانشیار، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

چکیده

مقدمه و اهداف: هدف از این مطالعه، ارزیابی پاسخ کاملینا به کاربرد سطوح کمپوست، آهن و روی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی این گیاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این بررسی در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در دو منطقه زهک و زاهدان انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در پژوهشگاه زابل (زهک) و مزرعه تحقیقاتی دانشگاه سیستان و بلوچستان (زاهدان) اجرا گردید. عامل اصلی شامل ۴ سطح کمپوست (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار) و عامل فرعی شامل ۴ سطح محلول پاشی کود ریزمغذی (عدم کاربرد، آهن به میزان دو در هزار، روی به میزان سه در هزار و آهن+روی) بود. تیمار کمپوست قبل از کشت برای هر کرت محاسبه شده و با خاک مخلوط و محلول پاشی آهن و روی در دو مرحله (پنجه‌دهی و قبل از ساقه‌روی) انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیشترین تعداد شاخه (۴/۵)، قطر ساقه اصلی (۹/۲۴ میلی متر)، تعداد دانه در خورجین (۱۷/۶)، وزن ۱۰۰۰ دانه (۱/۱۳۵ گرم)، عملکرد بیولوژیک (۴۴۰/۱۵ کیلوگرم در هکتار)، شاخص برداشت (۲۸/۹) و درصد روغن (۲۶/۳) از سطح ۳۰ تن در هکتار کمپوست و محلول پاشی توام آهن و روی، بیشترین عملکرد دانه (۱۲۷۰/۳ کیلوگرم بر هکتار) و تعداد خورجین اصلی (۷۱) از زهک و کاربرد سطح ۳۰ تن در هکتار کمپوست و محلول پاشی توام آهن و روی حاصل گردید. عملکرد دانه در زهک و زاهدان به ترتیب ۳۳/۸ و ۳۸/۸ درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد کمپوست و محلول پاشی آهن و روی) و درصد روغن با کاربرد ۳۰ تن در هکتار کمپوست و محلول پاشی توام آهن و روی ۴۵/۲ درصد افزایش یافته است.

نتیجه‌گیری: کاربرد کمپوست در ترکیب با مصرف آهن و روی می‌تواند عملکرد دانه کاملینا را افزایش دهد. همچنین شرایط اکولوژیکی شهرستان زهک جهت تولید دانه کاملینا مناسب‌تر از شهرزاهدان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: عناصر ریزمغذی، کود آلی، درصد روغن، دانه‌های روغنی

مقدمه

کاملینا (*Camelina sativa* L.) از تیره Brassicaceae و دارای فواید بسیاری در زمینه های صنعتی و تغذیه ای بوده و روغن دانه آن دارای اسیدهای چرب منحصر به فرد است (آنجلوپولو و همکاران ۲۰۱۹). این گیاه به خوبی با منطقه نیمه خشک سازگار و برای تولید دانه و روغن کشت می شود (اوبور و همکاران ۲۰۱۵). روغن کاملینا دارای اسید چرب غنی با سطوح بالایی از اسید آلفا لینولنیک و اسید لینولئیک است (تانسیا و همکاران ۲۰۱۳). در بسیاری از مناطق به دلیل پتانسیل زیاد آن در رشد توده گیاهی به عنوان ماده خام برای سوخت های زیستی و برای خوراک دام استفاده می شود (سولیس و همکاران ۲۰۱۳).

اطمینان از تولید پایدار محصولات غذایی سالم و سازگار با محیط زیست، و با توجه به وضعیت اقتصادی و مناسبات اجتماعی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. استفاده از منابع کودی مختلف می تواند اثرات قابل ملاحظه ای بر کیفیت و عملکرد محصولات داشته (آریال و همکاران ۲۰۲۰ و داتا و همکاران ۲۰۲۱) و کشاورزی پایدار با جایگزینی کودهای آلی به جای کودهای شیمیایی، درصد افزایش سلامت خاک و حاصلخیزی، افزایش کیفیت محصولات و حفظ محیط زیست است (داتا و همکاران ۲۰۲۱). مواد آلی خاک حاوی منابع سرشار نیتروژن، پتاسیم و فسفر به فرم ریز مغذی ها هستند که معمولاً تامین و تحرک این عناصر در ترکیب های آلی بسیار کمتر می باشد. یکی از اساسی ترین اصول کشاورزی پایدار، حفظ مقدار مطلوب ماده آلی در خاک بوده (لین و همکاران ۲۰۲۲؛ فردوس و همکاران ۲۰۲۱) و کاربرد کمپوست در کشاورزی، بواسطه ی تأثیر آن بر افزایش کارایی گیاه در استفاده از آب و همچنین رهاسازی عناصر غذایی، می تواند سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه شود (گورنوگ و همکاران، ۲۰۰۳ و فردوس و همکاران ۲۰۲۱). همچنین کمپوست به علت تولید گرمای بالا باعث از بین رفتن دانه های علف های هرز و آفات و بیماری های گیاهی می شود (کوگبه، ۲۰۲۱). کاربرد کمپوست، محتوی

مواد معدنی خاک را تقویت و ساختمان خاک را ارتقاء و باعث حفظ رطوبت خاک در مدت زمان طولانی تر شده (کمپوست می تواند چندین برابر حجم خود آب را نگهداری نموده) و از هدر رفتن آب ممانعت می کند (کرانس و همکاران ۲۰۲۰). نتایج تحقیقات تسیلاکو و بلالیس (۲۰۲۰) در ارزیابی اثرات سیستم های مختلف خاکورزی و انواع کمپوست بر ویژگی های کاملینا نشان داد که کاربرد کودهای آلی بر صفات کاملینا معنی دار بود. کاربرد کمپوست منجر به افزایش عملکرد دانه و روغن (به ترتیب ۱۱۳۲ و ۴۴۶ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با ورمی کمپوست شده و همچنین باعث افزایش اسیدهای لینولئیک و اسید پالمیتیک گردید. مارتینز و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی تناوب زراعی کاملینا و جو با سیستم های مختلف کوددهی آلی اعلام داشتند، تعداد خورجین، دانه در بوته و وزن هزار دانه نسبت به شاهد به ترتیب ۲۳/۷، ۱۶/۵ و ۱۸/۵ درصد افزایش نشان داد. ریزمغذی ها نقش منحصر به فردی در رشد و نمو گیاهان داشته و در بسیاری از موارد عامل محدود کننده ای برای حداکثر تولید هستند (سوری و همکاران، ۲۰۱۹) روش های مختلف کاربرد ریزمغذی ها در گیاهان شامل پخش در خاک، محلول پاشی و روش های تیمار بذر قبل از کاشت می باشد. (ساتیش و همکاران ۲۰۱۲) در خاک هایی که معمولاً از نظر محتوای مواد مغذی ضعیف هستند، برای رفع کمبود از تغذیه برگی به طور گسترده استفاده می شود. در میان ریزمغذی ها، آهن به دلیل حساسیت به بسیاری از شرایط اقلیمی و ادافیک که تثبیت یا در دسترس نبودن آن را تسهیل می کند، ویژه است. آهن یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاه و در انجام واکنش های فتوسنتزی بسیار مهم و آنزیم های متعددی را فعال می کند که در انتقال انرژی، کاهش و تثبیت نیتروژن، تشکیل لیگنین و سنتز ریبونوکلیک اسید نقش دارند (سوری و همکاران ۲۰۱۹). علاوه بر این، چندین واکنش توسط ترکیبات آهن و روی در گیاهان کاتالیز می شود. آهن و روی ریز مغذی های ضروری برای انسان، حیوانات و گیاهان هستند (ظهیر و همکاران، ۲۰۲۲). عناصر ریزمغذی برای رشد طبیعی گیاهان مورد نیاز

پاشی آهن و روی بر عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی کاملینا مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر سطوح کمپوست، محلول‌پاشی آهن و روی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های زراعی، فیزیولوژیکی و درصد روغن کاملینا آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در پژوهشکده کشاورزی پژوهشگاه زابل (چاه نیمه) واقع در شهرستان زهک و مزرعه تحقیقاتی دانشگاه سیستان و بلوچستان (زاهدان) اجرا شد. پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) در ۳۲ کیلومتری شهرستان زابل و ۸ کیلومتری شهرستان زهک با موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۴۸۱ متر از سطح دریا قرار دارد. همچنین مزرعه تحقیقاتی سیستان و بلوچستان (زاهدان) در موقعیت جغرافیایی ۶۰ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۳۸۵ متر از سطح دریا قرار دارد. در جدول ۱ مشخصات آب و هوایی در دو مناطق انجام آزمایش در طی ماه‌های کشت آورده شده است.

عامل اصلی شامل ۴ سطح کمپوست (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار) و عامل فرعی شامل ۴ سطح کود ریز مغذی شامل: عدم کاربرد کود، آهن به میزان دو در هزار، روی به میزان سه در هزار و آهن+ روی بود. مقدار تیمار کمپوست قبل از کشت برای هر کرت مشخص و با خاک مزرعه مخلوط گردید. کودهای ریز مغذی از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه و محلول-پاشی آهن و روی در دو مرحله پنجه‌دهی در مورخه ۱۴۰۰/۸/۲۵ (پژوهشکده کشاورزی پژوهشگاه زابل واقع در شهرستان زهک) و در مورخه ۱۴۰۰/۰۹/۲۴ (زاهدان) و مرحله دوم قبل از ساقه‌روی در مورخه ۱۴۰۰/۰۹/۲۶ (پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در شهرستان زهک) و در مورخه ۱۴۰۰/۱۰/۰۹ (زاهدان) انجام شد. در هر دو مکان ابتدا از نقاط مختلف زمین مورد نظر نمونه مرکب تا عمق ۳۰ سانتی‌متری برداشت و جهت آنالیز به

بوده و ضمن مشارکت در ساختار برخی از اندامک‌ها، در واکنش‌های بیوشیمیایی بسیاری در گیاه نقش دارند. - عنصر روی (Zn) در انجام فتوسنتز و تولید هورمون‌های رشد (اکسین) و آهن در تشکیل کلروفیل دخالت دارند (راوی و همکاران ۲۰۰۸). روی، عنصر ضروری کم‌مصرف برای گیاهان عالی، به خصوص در دانه‌های روغنی، و برای فعالیت انواع آنزیم‌ها مانند دهیدروژناز RNA و DNA پلی‌مراز، ساخت پروتئین و سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها مورد نیاز می‌باشد (کریم و همکاران ۲۰۲۲). عنصر آهن در ساختمان سیتوکروم به عنوان ناقل الکترون در سیستم‌های فتوسنتزی برای تنفس و عملیات اکسیداسیون و احیاء و ساخت کلروفیل دخالت دارد (روت و ساهو ۲۰۱۵). علما و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که در بین عناصر کم مصرف، عنصر روی، تشکیل متابولیت‌ها در گیاه را کنترل و باعث افزایش در مقدار روغن دانه کلزا می‌شود. استفاده از ترکیبات روی، میانگین غلظت این عنصر را در قسمت‌های مختلف گیاه شامل دانه، کاه و کلش، و ریشه به صورت معنی‌داری افزایش داد. در این تحقیق بیشترین عملکرد دانه، عملکرد روغن و درصد پروتئین با کاربرد ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی به دست آمد. محققین در مطالعات مختلف به اثرات مثبت عناصر ریزمغذی به خصوص آهن و روی به صورت محلول‌پاشی در گیاهان روغنی پی بردند. کاربرد این عناصر افزایش عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت، عملکرد دانه و عملکرد روغن کلزا در پی داشت (بحرانی ۲۰۱۵). آیتک و همکاران (۲۰۱۴) گزارش نمودند که مصرف ترکیبات روی، باعث بهبود رشد و عملکرد گلرنگ گردید. افزایش تولید در واحد سطح و کیفیت محصولات زراعی از لحاظ اقتصادی دارای اهمیت بسیار زیادی بوده و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان یکی از جنبه‌های اساسی مدیریت زراعی جهت رسیدن به این امر مهم می‌باشد.

با توجه به اهمیت محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی مانند آهن و روی، همچنین کاربرد کودهای آلی در راستای کشاورزی پایدار اثر سطوح کمپوست و محلول-

مرکز تحقیقات و آزمایشگاه خاک و آب ارسال شد. ویژگی‌های خاک دو محل اجرای آزمایش (چاه نیمه و زاهدان) در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات آب و هوایی دو محل انجام آزمایش در ماه‌های کشت

ماه	زاهدان			زابل (زهک)		
	میانگین رطوبت	میانگین بارندگی	میانگین درجه حرارت (سانتیگراد)	میانگین رطوبت	میانگین بارندگی	میانگین درجه حرارت (سانتیگراد)
	(%)	(mm)		(%)	(mm)	
آبان	۳۲	۰	۱۳/۲	۲۸	۰	۱۵/۶
آذر	۳۵/۵	۰	۱۰/۴	۳۴/۷	۰	۱۳/۱
دی	۵۴/۷	۰/۲	۱۰/۳	۵۴/۸	۱/۵	۱۱/۷
بهمن	۳۶	۰	۱۰/۱	۳۶/۶	۰	۱۱/۵
اسفند	۳۱/۳	۰	۱۷/۷	۳۱/۱	۰	۲۰/۲
فروردین	۲۱	۰	۲۱/۸	۲۱/۱	۰	۲۶/۱

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

مکان	عمق cm	EC (dS/m)	pH	کربن آلی (%)	کلسیم (mg/kg)	منیزیم (mg/kg)	سدیم (mg/kg)	پتاس (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	بافت خاک		
										رس	سیلت	شن
چاه نیمه	۳۰-۰	۷/۵	۷/۹	۳۹	۱	۷/۷	۱۲	۱۹۰	۱۰/۶	۱۳	۴۲	۴۵
زاهدان	۳۰-۰	۳/۶	۶/۲	۳۴	۳	۸/۵	۱۲/۲	۱۴۰	۱۹/۳	۱۳	۳۵	۶۵

زمین در پایین به عمق ۳۰ سانتی‌متر شخم و بعد از آن عملیات دیسک زنی و تسطیح انجام گرفت. سپس کرت‌هایی به ابعاد ۲/۲×۳ متر طبق نقشه کاشت آماده و فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر و بین بلوک‌ها ۱/۵ متر، فاصله بین بوته‌ها ۱۰ سانتی‌متر و فاصله ردیف‌های کاشت ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کشت در پژوهشکده

کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) واقع در شهرستان زهک در مورخه ۱۴۰۰/۸/۲ و در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه سیستان و بلوچستان (زاهدان) در مورخه ۱۴۰۰/۸/۶ انجام شد. بذر مورد استفاده از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زابل تهیه شد. مشخصات کمپوست مورد استفاده در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- برخی از مشخصات کمپوست مورد استفاده

ماده آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (mg/kg)	سدیم (mg/kg)	pH	EC dS/m	رطوبت (%)
۲۰/۱	۱/۱	۰/۵۳	۱۶۵۲	۵۷۴۴	۷/۶	۸/۰	۱۷

مراقبت‌های پس از کاشت شامل آبیاری (به صورت غرقابی، هفته ای یکبار)، وجین و سله‌شکنی به طور منظم انجام و نهایتاً عملیات برداشت بوته‌ها با زرد شدن کامل خوشه‌ها، در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) واقع در شهرستان زهک در مورخه ۱۴۰۱/۱۰/۱۷ و در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه سیستان و بلوچستان (زاهدان) در مورخه ۱۴۰۱/۰۲/۰۱ انجام شد. ویژگی‌های

مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه اصلی، تعداد خورجین، وزن هزار دانه، زیست توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت و درصد روغن می باشد. تعداد ۵ بوته در هر کرت به طور تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته، قطر ساقه اصلی، تعداد خورجین و وزن هزار دانه اندازه گیری و سپس میانگین آن‌ها برای هر کرت در جدول مربوطه یادداشت و برای محاسبه عملکرد دانه و بیولوژیک، پس

از رسیدن گیاه به طور کامل، پس از حذف اثر حاشیه‌ای بوته‌ها توزین و با بدست آوردن عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در هر کرت، شاخص برداشت توسط فرمول محاسبه گردید.

$$۱۰۰ \times \text{عملکرد بیولوژیک} / \text{عملکرد دانه} = \text{شاخص برداشت}$$

مقدار ۵۰ گرم بذر از هرکرت تهیه و برای اندازه گیری درصد روغن به آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل ارسال و با استفاده از دستگاه سوکسله مدل ۴۱۶ Gerhard-SE مقدار درصد روغن تعیین گردید. از نرم افزار آماری SAS جهت تجزیه و تحلیل های آماری استفاده شد. مقایسه میانگین با روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) اثر ساده مکان، کمپوست و محلول پاشی روی ارتفاع بوته معنی دار شد. مقایسه میانگین اثر ساده کمپوست نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۸۷/۷۱) سانتی متر) از ۳۰ تن در هکتار کمپوست و کمترین آن (۶۹/۰۶ سانتی متر) از عدم کاربرد کمپوست حاصل گردید که با سطح ۱۰ تن در هکتار کمپوست اختلاف

معنی‌دار نداشت. مقایسه میانگین اثر ساده محلول پاشی نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته از ترکیب محلول پاشی آهن و روی حاصل شد و که با اثرات ساده محلول پاشی آهن و روی به تنهایی اختلاف معنی دار نشان نداد (جدول ۵). نتایج تحقیقات السید و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که کاربرد کمپوست باعث افزایش ارتفاع گیاه کاملینا شد. از دلایل تاثیر مثبت کاربرد کمپوست بر ارتفاع بوته به افزایش پایداری خاک، بهبود ظرفیت نگهداری آب و فراهمی آب و مواد مغذی کمپوست اشاره کرد. افزایش ارتفاع بوته با محلول پاشی ریزمغذی‌های آهن و روی مربوط به نقش آهن در فتوسنتز است که باعث افزایش تولید کلروفیل در برگ‌های جوان و افزایش تنظیم کننده‌های رشدی شده که در نتیجه میزان فتوسنتز افزایش و مواد فتوسنتزی بیشتری به نقاط مختلف گیاه از جمله ساقه‌ها ارسال و در نهایت، ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد (تاکانوری و همکاران ۲۰۱۹). افزایش ارتفاع بوته در کاربرد کود روی به دلیل تاثیر این عنصر در سنتز هورمون اکسین بوده که این امر افزایش ارتفاع گیاه را به همراه داشته است (استیری و همکاران ۲۰۱۴).

جدول ۴- تجزیه مرکب صفات مورد بررسی تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی گیاه کاملینا

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه	تعداد	قطر ساقه اصلی	تعداد خورجین	تعداد دانه در خورجین	وزن ۱۰۰۰ دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	درصد روغن
مکان	۱	۹۸۱/۱۳**	۲۳/۲**	۳۴/۰۱**	۳۴/۰۱**	۲۱۳/۰۱**	۴۳۰/۱۴/۹**	۰/۳۶**	۲۱۸۵۹۹/۵۹**	۲۸۱۳۴۱/۷۶**	۷۱/۷**	۲۴۴/۸۰۰۹**
تکرار (مکان)	۴	۳۲۱/۸۵	۵/۲۶	۸/۰۶	۸/۰۶	۱۰/۶۱	۲۸۸۹۰/۰۵	۰/۱۴	۶۴۹۸/۲۱	۱۴۱۵۲۲/۵۴	۲۰/۵۷	۲۵/۵۰۵
کمپوست	۳	۱۶۲۸/۸۵**	۴/۶۳**	۲۴/۲**	۲۴/۲**	۵۸/۵۳**	۳۱۴۰۴/۰۵**	۰/۲۳**	۵۹۳۴۶۳/۴۵**	۲۸۷۰۱۵۰/۳۴**	۹۶/۰۷**	۱۲۲/۹۲**
مکان*کمپوست	۳	۴۱/۹۲ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۵۷ ^{ns}	۰/۰۰۵۷ ^{ns}	۱/۷**	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۸ ^{ns}	۱۳۳۴/۳۷**	۰/۴۸ ^{ns}	۰/۵۹ ^{ns}	۰/۰۰۱۲ ^{ns}
تکرار*کمپوست (مکان)	۱۲	۸۴/۵۶*	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۳۵**	۰/۳۵**	۰/۰۵ ^{ns}	۳۵/۰۹**	۰/۰۰۰۱۲ ^{ns}	۷۴/۷۸ ^{ns}	۱۶۲۶/۶۹ ^{ns}	۰/۱۹ ^{ns}	۳/۹۵۶ ^{ns}
محلول پاشی	۳	۴۰۳/۱۶**	۳/۸۱**	۵/۶۸**	۵/۶۸**	۲۲۰/۵۳*	۳۶۴۸۸/۰۹**	۰/۰۷۸**	۱۰۹۴۰۳/۲۸**	۳۱۸۰۲۲/۷**	۲۱/۸۴**	۱۳۲/۱۱۶**
کمپوست*محلول پاشی	۹	۲۹/۳۷ ^{ns}	۰/۰۹۱**	۰/۱۴**	۰/۱۴**	۳/۲۳**	۸۳۹/۲۵**	۰/۰۰۵**	۶۵۹۰/۶**	۲۶۸۷۹/۵۲**	۴/۸۸**	۱۰/۴*
مکان*محلول پاشی	۳	۴۲/۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۲۷ ^s	۰/۰۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۹ ^{ns}	۲۵/۰۳**	۰/۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۲۵ ^{ns}	۹۶۰۴/۹۲**	۱/۶۷ ^{ns}	۷/۱۶**	۰/۰۰۰۳ ^{ns}
مکان*کمپوست*محلول پاشی	۹	۴۲/۹۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۹۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۸ ^{ns}	۰/۸۱*	۰/۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۸ ^{ns}	۶۶۱/۹۶*	۱/۹۲ ^{ns}	۰/۴۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۶ ^{ns}
اشتباه آزمایشی	۴۸	۴۰/۸۸	۰/۰۱۱	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۳۷	۳۸/۶۸	۰/۰۰۰۰۱۲۵	۲۸۲/۳۵	۱۶۵۳/۳۶	۰/۳	۱۰/۰۳
ضریب تغییرات (%)	-	۸/۳۴	۲/۲۱	۲/۹۱	۲/۹۱	۰/۹۷	۱/۸۷	۰/۳۵	۱/۶	۱/۰۵	۲/۰۳	۳/۹۱

ns، ** و * به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می باشند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر کمپوست و محلول پاشی بر میانگین ارتفاع بوته کاملینا

ارتفاع بوته (cm)								
کمپوست (تن در هکتار)	صفر	۱۰	۲۰	۳۰	محلول پاشی	صفر	Fe	Zn
	۶۹/۰۶c	۷۱/۹۶c	۷۷/۸۷b	۸۷/۷۱a		۷۰/۸۴b	۷۸/۰۲a	۷۷/۳a
								۸۰/۴a
								Fe+Zn

دست آمد (جدول ۶). احتمالاً محلول پاشی آهن و روی توانسته با تاثیر بر سیستم فتوسنتزی، عناصر غذایی بیشتری را در اختیار گیاه قرار داده و تعداد شاخه فرعی را تحت تاثیر قرار دهد. تالوث و همکاران (۲۰۰۶) گزارش نمودند عنصر روی نقش مهمی در سنتز تریپتوفان (آمینو اسید لازم برای سنتز اکسین) دارد که موجب افزایش ارتفاع و تعداد شاخه می شود.

تعداد شاخه فرعی: تجزیه مرکب داده ها (جدول ۴) نشان داد، اثر ساده مکان، کمپوست و محلول پاشی و اثر متقابل محلول پاشی و کمپوست بر تعداد شاخه فرعی معنی دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل کمپوست و محلول پاشی نشان داد که بیشترین تعداد شاخه (۴/۵) از سطح ۳۰ تن در هکتار کمپوست و محلول پاشی توام آهن و روی حاصل شد و کمترین آن (۰/۹۹) از سطح عدم کاربرد کمپوست و عدم محلول پاشی آهن و روی به

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل کمپوست و محلول پاشی آهن و روی بر روی صفات مورد بررسی

کمپوست	محلول پاشی	تعداد شاخه	قطر ساقه اصلی (mm)	تعداد دانه در خورجین	وزن ۱۰۰۰ دانه (g)	عملکرد بیولوژیک (Kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت	درصد روغن
صفر	صفر	۰/۹۹۵	۵/۷ h	۱۲/۵ f	۰/۸۰۹ o	۳۲۹۳/۸ k	۲۲/۲ i	۱۴/۴ i
	Fe	۱/۵۴l	۶/۳۸ fg	۱۵ d	۰/۸۲۹ m	۳۴۰۹/۶ k	۲۴/۵ h	۱۸/۰۳fgh
	Zn	۱/۷۱k	۶/۲۱ g	۱۴ e	۰/۸۲۴ n	۳۳۹۹/۵ k	۲۴/۱ h	۱۷/۸۶fgh
	Fe+Zn	۲/۲۶h	۶/۶ ef	۱۵ d	۰/۹۰۹ l	۳۵۷۵/۶ j	۲۲/۹ h	۱۸/۹۶efg
۱۰	۰	۱/۲۵n	۶/۷ e	۱۴ e	۰/۹۱۳ k	۳۶۲۰/۵ j	۲۵/۶ g	۱۷/۳۳gh
	Fe	۱/۸۴j	۷/۱۹ d	۱۵ d	۱/۰۲۵ h	۳۸۱۶/۵ h	۱/۲ b	۱۹/۶۳def
	Zn	۲/۰۶i	۶/۸۵ e	۱۵ d	۱/۰۲۴ h	۳۷۲۷/۵ i	۲۷/۶ ef	۱۸/۵۱fgh
	Fe+Zn	۳/۰۱e	۷/۸۱ c	۱۶ c	۱/۰۳۶ g	۳۸۳۹/۵ h	۳۰/۳ a	۱۹/۲۳efg
۲۰	۰	۱/۴۶m	۷/۳ d	۱۵ d	۰/۹۹۵ l	۳۹۰۹/۵ g	۲۵/۸ g	۱۶/۵۳ hi
	Fe	۲/۸۳f	۷/۹۶ c	۱۶ c	۱/۰۵۳ e	۴۱۳۰/۵ de	۲۸/۴ cd	۲۱/۸۳cd
	Zn	۲/۶g	۷/۸۴ c	۱۶ c	۱/۰۴۵ f	۴۰۹۶/۵ e	۲۷/۴ f	۲۱/۰۵cde
	Fe+Zn	۳/۲d	۸/۴۷b	۱۷ b	۱/۱۲۴ b	۴۱۵۳/۵ d	۲۸/۱ bc	۲۱/۷۶cd
۳۰	۰	۲/۰۲i	۷/۷۲ c	۱۶ c	۰/۹۳۳ j	۳۹۶۱ f	۲۸ def	۱۷/۰۶gh
	Fe	۳/۳۹c	۸/۶۹ b	۱۷ b	۱/۰۷۵ c	۴۳۰۹/۵ b	۲۸/۱ de	۲۴/۳۶ab
	Zn	۳/۸۱b	۸/۵ b	۱۷ b	۱/۰۷۱ d	۴۲۱۱/۱ c	۲۷/۹def	۲۲/۵۸bc
	Fe+Zn	۴/۵a	۹/۲۴a	۱۷/۶ a	۱/۱۳۵ a	۴۴۰۱/۵ a	۲۸/۹ de	۲۶/۳ a

حاصل شد و کمترین آن (۰/۹۹) از سطح عدم کاربرد کمپوست و عدم محلول پاشی آهن و روی به دست آمد (جدول ۶).

تعداد خورجین اصلی: اثرات ساده کمپوست، محلول پاشی و اثر متقابل مکان × کمپوست، کمپوست × محلول پاشی، محلول پاشی × مکان و اثرات سه جانبه تیمارهای

قطر ساقه اصلی: اثر ساده مکان، کمپوست و محلول پاشی و اثر متقابل محلول پاشی و کمپوست بر میزان قطر ساقه اصلی معنی دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل کمپوست و محلول پاشی نشان داد که بیشترین قطر ساقه اصلی (۹/۲۴ میلی متر) از سطح ۳۰ تن در هکتار کمپوست و محلول پاشی توام آهن و روی

آزمایشی به طور معنیداری تعداد خورجین اصلی را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۴). با توجه به جدول ۶ مقایسه میانگین اثر مکان و کاربرد کمپوست و ریزمغذی ها بر میانگین تعداد خورجین اصلی نشان داد که بیشترین آن (۷۱) از مکان زهک و سطح ۳۰ تن در هکتار کمپوست با محلول پاشی توام آهن و روی حاصل شد (جدول ۷).

جدول ۷-مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی و مکان بر میانگین تعداد خورجین اصلی و عملکرد دانه

عملکرد دانه (Kg.ha ⁻¹)	تعداد خورجین اصلی	محلول پاشی	کمپوست	
۸۴۰/۶ op	۵۵/۶ p	.	.	زهک
۸۶۵/۶ no	۶۴ fg	Fe		
۸۶۲/۶ no	۶۳ gh	Zn		
۸۸۵/۶ n	۶۶ de	Fe+Zn		
۹۹۶/۶ l	۵۸ no	.	۱۰	
۱۱۳۹/۶ i	۶۶de	Fe		
۱۱۲۲/۶ l	۶۶de	Zn		
۱۱۹۶/۶efg	۶۸ bc	Fe+Zn		
۱۰۷۷/۳ j	۶۰/۶ jk	.	۲۰	
۱۲۰۳/۶def	۶۶ de	Fe		
۱۱۹۶/۳efg	۶۵ ef	Zn		
۱۲۳۰/۶bcd	۶۹ b	Fe+Zn		
۱۱۸۳efg	۶۲ hi	.	۳۰	
۱۲۴۱/۶ b	۶۷cd	Fe		
۱۲۳۲/۶bc	۶۶ de	Zn		
۱۲۷۰/۳ a	۷۱ a	Fe+Zn		
۷۴۰ s	۵۷/۳ o	.	.	زاهدان
۸۰۴/۶ qr	۶۰/۳ kl	Fe		
۷۷۹/۳ r	۵۹/۳ lm	Zn		
۸۲۹/۳ pq	۶۲ hi	Fe+Zn		
۸۶۱/۶ no	۵۹mn	.	۱۰	
۱۰۸۰/۳ j	۶۲ hi	Fe		
۹۴۰/۶ m	۶۲hi	Zn		
۱۱۲۹ i	۶۴ fg	Fe+Zn		
۹۳۹ m	۶۰/۳kl	.	۲۰	
۱۱۴۳/۶hi	۶۲ hi	Fe		
۱۰۵۵/۶jk	۶۱ ijk	Zn		
۱۱۶۹/۶gh	۶۵ ef	Fe+Zn		
۱۰۳۵ k	۶۰.klm	.	۳۰	
۱۱۸۱/۳fg	۶۳ gh	Fe		
۱۱۲۰ i	۶۱ ij	Zn		
۱۲۰۹/۶cde	۶۶/۶ d	Fe+Zn		

وزن هزار دانه: نتایج جدول تجزیه مرکب داده ها (جدول ۴) نشان داد که اثر ساده مکان، کمپوست و محلول پاشی و اثر متقابل محلول پاشی و کمپوست معنی دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل کمپوست و محلول پاشی نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه از سطح ۳۰ تن در هکتار کمپوست و محلول پاشی توام آهن و روی حاصل شد و کمترین آن از سطح عدم کاربرد کمپوست و عدم محلول پاشی آهن و روی به دست آمد (جدول ۶). عنصر

تعداد دانه در خورجین: با توجه به جدول تجزیه مرکب داده ها (جدول ۴) اثر ساده مکان، کمپوست و محلول پاشی و اثر متقابل محلول پاشی و کمپوست معنی دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل کمپوست و محلول پاشی نشان داد که بیشترین تعداد از سطح ۳۰ تن در هکتار کمپوست و محلول پاشی توام آهن و روی حاصل شد و کمترین آن از سطح عدم کاربرد کمپوست و عدم محلول پاشی آهن و روی به دست آمد (جدول ۶).

روی در ساختار اسیدهای آمینه هیستیدین، گلوتامین، آسپاراژین و تریپتوفان شرکت داشته و در بیان ژن‌های سنتز کننده پروتئین تاثیر مستقیم دارد (باغچی و همکاران، ۲۰۰۷). آهن نیز در سنتز دو گروه اصلی پروتئین‌ها به عنوان دهنده و گیرنده الکترون در واکنش تنفس، در ساختار پروتئین‌هایی نظیر لگ‌هموگلوبین و همچنین در فرآیندهای وابسته به نور در فتوسنتز نقش اساسی دارد. آهن برای ساخت پروتئین ضروری بوده و تعداد ریبوزوم سلول‌های برگ با کمبود این عنصر کاهش می‌یابد. ترکیب عناصر روی و آهن با افزایش سنتز پروتئین‌های محلول و افزایش فتوسنتز در تغییر و تبدیل کربن فتوسنتزی موثر هستند (بریات و همکاران ۲۰۱۵). در تحقیق حاضر نیز به نظر می‌رسد محلول پاشی عناصر آهن و روی، از طریق افزایش فتوسنتز و تحریک رشد، به افزایش وزن ۱۰۰۰ دانه منجر شده است.

عملکرد دانه: با توجه به جدول تجزیه مرکب داده‌ها (جدول ۴) اثر ساده مکان، کمپوست و محلول پاشی و اثر متقابل محلول پاشی و کمپوست و سه جانبه معنی دار شد. بیشترین عملکرد دانه (۱۲۷۰/۳ کیلوگرم بر هکتار) از مکان زهک با کاربرد سطح ۳۰ تن در هکتار کمپوست و محلول پاشی توام آهن و روی حاصل گردید (جدول ۷). عملکرد دانه در مکان زهک و زاهدان به ترتیب ۳۳/۸ و ۳۸/۸ درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد کمپوست و محلول پاشی آهن و روی) افزایش یافته است. لذا چنین به نظر می‌رسد که محلول پاشی آهن و روی از طریق تأثیر بر افزایش سطح برگ منجر به بهبود فتوسنتز گیاه گردیده و در نتیجه عملکرد دانه در این شرایط یافته است. عملکرد دانه نیازمند موازنه صحیح بین اندازه دستگاه فتوسنتزی و تداوم آن، سرعت فتوسنتز، سرعت انتقال و توزیع مواد فتوسنتزی به اندام‌ها، تعداد و اندازه دانه و ظرفیت آن‌ها از نظر تجمع مواد فتوسنتزی می‌باشد. تحرک اندوخته‌های ساقه، که شامل تولیدات مازاد مربوط به فتوسنتز پیش از مرحله پرشدن دانه است، تا اندازه زیادی در عملکرد دانه سهیم است. در صورت افزودن عناصر غذایی به خاک معمولاً تعداد مقصدهای فیزیولوژیکی برای ماده خشک در اندام‌های رویشی و زایشی افزایش می‌یابد

(افشاری و نادری ۲۰۲۳). از آنجایی که آهن و روی جزء عناصر ضروری در فرآیند فتوسنتز می‌باشند، از نتایج به دست آمده می‌توان چنین استنباط نمود که محلول-پاشی با آهن و روی با در دسترس قرار دادن سریع مواد غذایی در طی مراحل رشد گیاه و به علت کمک به افزایش رشد رویشی، بهبود سیستم فتوسنتزی، افزایش سبزیگی و تداوم سطح برگ منجر به افزایش کارایی برگ طی فتوسنتز شده که نتیجه آن افزایش عملکرد دانه است. به نظر می‌رسد که این افزایش می‌تواند ناشی از نقش عملکردی آهن و روی در فعالسازی پروتئین سنتتازهای مسیر بیوسنتز کلروفیل و برخی از آنزیم‌های آنتیاکسیدان مانند آسکوربات پراکسیداز و گلوکاتیون ردوکتاز در مسیر حفاظت از تخریب کلروفیل توسط رادیکال‌های فعال اکسیژن باشد (کریم و همکاران ۲۰۲۲ و آلسافران و همکاران، ۲۰۲۲). کاربرد کمپوست ویژگی‌های خاک را افزایش و رشد ریشه را بهبود بخشیده (هو و همکاران، ۲۰۲۲) و استخراج مواد مغذی و آب را افزایش می‌دهد که منجر به رشد بهتر نسبت به نمونه‌های شاهد می‌شود (بیاتی و همکاران، ۲۰۲۰).

عملکرد بیولوژیک: با توجه به جدول تجزیه مرکب داده‌ها (جدول ۴) اثر ساده مکان، کمپوست و محلول پاشی و اثر متقابل محلول پاشی و کمپوست معنی دار شد. بیشترین عملکرد بیولوژیک (۴۴۰۱/۵ کیلوگرم در هکتار) از کاربرد سطح ۳۰ تن در هکتار کمپوست و محلول پاشی توام آهن و روی به دست آمد و کمترین بیوماس از تیمار عدم کاربرد همه کودها بدست آمد که با سطوح عدم کاربرد کمپوست و کاربرد تنه‌ای هرکدام از عناصر ریز مغزی اختلاف معنی داری نداشت. بطور کلی بنظر می‌رسد کاربرد کمپوست بویژه ۳۰ تن در هکتار نقش موثر و قابل توجهی در تولید بیوماس و رشد و نمو گیاه کاملینا از خود نشان داده و این وضعیت هم ناشی از وجود عناصر غذایی ضروری و کافی در کمپوست (جدول ۳) بوده که بتدریج در اختیار گیاه قرار گرفته است.

شاخص برداشت: تجزیه مرکب داده‌ها (جدول ۴) نشان داد، صفت شاخص برداشت به طور معنی داری

تحت تاثیر تیمار، کمپوست، محلول پاشی، مکان و اثر متقابل محلول پاشی و کمپوست قرار گرفت. بیشترین شاخص برداشت (۲۸/۹) از کاربرد سطح ۲۰ تن در هکتار کمپوست و محلول پاشی توام آهن و روی حاصل گردید. درصد روغن: بر اساس نتایج تجزیه مرکب داده‌ها (جدول ۴) اثرات ساده مکان، کمپوست و محلول پاشی و اثر متقابل محلول پاشی و کمپوست بر درصد روغن معنی‌دار شد. بیشترین درصد روغن (۲۶/۳ درصد) از کاربرد سطح ۳۰ تن در هکتار کمپوست و محلول پاشی توام آهن و روی به دست آمد. درصد روغن با کاربرد ۳۰ تن در هکتار کمپوست و محلول پاشی توام آهن و روی ۴۵/۲ درصد افزایش یافته است. احتمالاً کمبود عناصر ریزمغذی نظیر روی و آهن باعث جلوگیری از فعالیت تعدادی از آنزیم‌های آنتیاکسیدان شده که منجر به خسارات شدید و گسترده به غشای لیپیدی می‌شود، که با کاربرد عناصر ریزمغذی در کامپلینا این مشکل تا حدودی برطرف و درصد روغن به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (میر و همکاران، ۲۰۲۰). گروالو گراهام (۱۹۹۹) ابراز داشتند که استفاده از عناصر ریزمغذی آهن و روی، سبب افزایش وزن توده گیاهی و در نتیجه، موجب افزایش تولید کربوهیدرات‌ها و در نهایت، افزایش درصد روغن در دانه را به دنبال دارد. افشانی و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که مصرف آهن و روی باعث افزایش درصد روغن در کلزا شده است.

نتیجه گیری

در این مطالعه تاثیر مثبت و معنی‌دار کمپوست بر صفات رشدی و عملکرد و همچنین درصد روغن کامپلینا مشاهده گردید. مصرف برگی عناصر ریزمغذی مانند آهن و روی یکی از روش‌های مدیریتی جهت دستیابی به

عملکرد بالا در تولید گیاهان است. طبق نتایج به دست آمده از این تحقیق برخی صفات کمی گیاه کامپلینا مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، قطر ساقه، تعداد خورجین و تعداد دانه و همچنین صفات عملکرد دانه و بیولوژیک تحت تاثیر محلول پاشی توام آهن و روی قرار گرفته اند. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد شاخه (۴/۵)، قطر ساقه اصلی (۹/۲۴ میلی متر)، تعداد دانه در خورجین (۱۷/۶)، وزن ۱۰۰۰ دانه (۱/۱۳۵ گرم)، عملکرد بیولوژیک (۴۴۰/۱۵) کیلوگرم در هکتار، شاخص برداشت (۲۸/۹) و درصد روغن (۲۶/۳) از سطح ۳۰ تن در هکتار کمپوست و محلول پاشی توام آهن و روی، بیشترین عملکرد دانه (۱۲۷۰/۳) کیلوگرم بر هکتار و تعداد خورجین اصلی (۷۱) از مکان زهک و کاربرد سطح ۳۰ تن در هکتار کمپوست و محلول پاشی توام آهن و روی حاصل گردید. عملکرد دانه در مکان زهک و زاهدان به ترتیب ۳۳/۸ و ۳۸/۸ درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد کمپوست و محلول پاشی آهن و روی) و درصد روغن با کاربرد ۳۰ تن در هکتار کمپوست و محلول پاشی توام آهن و روی ۴۵/۲ درصد افزایش یافته است. کاربرد تلفیقی عناصر غذایی (آهن+روی) با استفاده از کودهای آلی، ضمن جبران کمبود عناصر غذایی، باعث حفظ حاصل خیزی خاک و تولید پایدار محصول را به همراه دارد. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاربرد کمپوست همراه با مصرف آهن و روی در کنار یکدیگر قادر به تأمین شرایط لازم جهت افزایش عملکرد کمی در گیاه کامپلینا شده است.

سپاسگزاری

بخشی از هزینه اجرای این آزمایش از محل اعتبارپژوهانه IR-UOZ-GR 2904 دانشگاه زابل تأمین شده است.

منابع مورد استفاده

- Afshani S, Amirnia R and Hadi H. 2014. Study effect of foliar application of iron and zinc on yield and yield components of autumn rapeseed (*Brassica napus* L.) under limited irrigation. Iranian Journal of Field Crops Research, 13(1): 52-43. <https://doi.org/10.22067/GSC.V13I1.48315> (In Persian with English Abstract).

- Afshari M and Naderi A. 2023. Effect of zinc and iron foliar application on corn yield and redistribution of photosynthetic materials in water stress conditions. *Journal of Soil Research*, 37(2): 117-131. <https://doi.org/10.22092/IJSR.2023.360699.689> (In Persian with English Abstract).
- Alsafran M, Usman K, Ahmed B, Rizwan M, Saleem MH and Al Jabri H. 2022. Understanding the phytoremediation mechanisms of potentially toxic elements: A proteomic overview of recent advances. *Frontiers in Plant Science*, 13. 10.3389/fpls.2022.881242
- Angelopoulou F, Tsepkelo E and Bilalis D. 2019. Impact of Compost Application on Fall-seeded Camelina Yield and Seed Quality. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Horticulture*, 76(2): 151-153. 10.15835/buasvmcn-hort:2019.0028
- Aryal JP, Sapkota TB, Khurana R, Khatri-Chhetri A, Rahut DB and Jat ML. 2020. Climate change and agriculture in South Asia: Adaptation options in smallholder production systems. *Environment Development and Sustainability*, 22, 5045–5075. 10.1007/s10668-019-00414-4
- Aytac ZN, Gulmezoglu Z, Sirel I Tolay A and Torun A. 2014. The Effect of zinc on yield, yield components and micronutrient concentrations in the seeds of safflower genotypes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42: 202-209. 10.15835/nbha4219405
- Bagci SA, Ekiz H, Yilmaz A and Cakmak I. 2007. Effects of Zinc deficiency and water stress on grain yield of field-grown Wheat cultivars in central Anatolia. *Agronomy and Crop Science*, 193: 198-206. 10.1111/j.1439-037X.2007.00256.x
- Bahrani A. 2015. Effect of some micro and macro nutrients on seed yield and oil content of rapeseed (*Brassica napus* L.). *International Journal of Chemical Environmental and Biological Sciences*, 3(1): 71-74. 20.1001.1.22518517.1387.12.45.7.9
- Bayati P, Karimmojeni H and Razmjoo J. 2020. Changes in essential oil yield and fatty acid contents in black cumin (*Nigella sativa* L.) genotypes in response to drought stress. *Industrial Crops and Products*, 155: 112764.
- Briat JF, Dubos C and Gaymard F. 2015. Iron nutrition, biomass production, and plant product quality. *Industrial Crops and Products*, 20:33–40. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.11276>
- Datta P and Behera, B. 2021. What caused smallholders to change farming practices in the era of climate change? Empirical evidence from Sub-Himalayan West Bengal, India. *Geo Journal*, 1–17. 10.1007/s10708-021-10450-1
- El-Sayed A, El-Liethy A, Hendawy S and Hefni O. 2021. Response of Camelina sativa Oil to Different Levels of N-P-K and Compost Fertilizers. *Journal of Ecological Engineering*, 22(7):260-270. <https://doi.org/10.12911/22998993/139162>.
- Estiri H, Armin M and Filehkesh A. 2014. The effect of zinc sulfate foliar application on yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress. *Journal of Oil Plant Production*, 1(1): 65-76. <http://yujs.yu.ac.ir/jopp/article-1-24-en.html> (In Persian with English Abstract).
- Ferdous Z, Zulfiqar F, Datta A, Hasan A and Sarker A. 2021. Potential and challenges of organic agriculture in Bangladesh: A review. *Journal of Crop Improvement*, 35: 403-426. 10.1080/15427528.2020.1824951
- Governog J, Gaskin J, Faucette B and Borden, D. 2003. The compost white paper (large-scale composting in Georgia). Prepared for the Pollution Pre-Ventation Assistance Division. Department of Natural Resource Atlanta, Georgia.
- Grewal HS and Williams R. 2000. Zinc nutrition alfalfa response to water stress and excessive. *Journal of Plant Nutrition*, 23: 949-962. <https://doi.org/10.1080/01904160009382073>
- Grewal HS and Graham RD. 1999. Residual effects of sub soil zinc and oilseed rape genotype on the grain yield and distribution of zinc in wheat. *Plant and Soil*, 207: 29-36. <https://www.jstor.org/stable/42949461>

- Ho TTK, Tra VT, Le TH, Nguyen NKQ, Tran CS, Nguyen PT, Vo TDH, Thai VN and Bui XT. 2022. Compost to improve sustainable soil cultivation and crop productivity, Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100211>
- Kareem HA, Hassan MU, Zain M, Irshad A, Shakoor N and Saleem S. 2022. Nanosized zinc oxide (n-ZnO) particles pretreatment to alfalfa seedlings alleviate heat-induced morpho-physiological and ultrastructural damages. *Environmental Pollution* . 303, 119069. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119069>
- Kranz CN, Mc Laughlin RA, Johnson A, Miller G and Heitman L. 2020. The effects of compost incorporation on soil physical properties in urban soils. A concise review. *Journal of Environmental Management*, 261 (110209): 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110209>
- Kugbe JX. 2021. Steps to composting. Research and Product Development Committee, 2: 1-4.
- Lin C, Dou S, Ei-Rahim M, Liu X, Wu D, Ma R, Zhang Y, Yin X, Tan C and Xie S. 2022. Application of corn straw and woody peat to improve the absorption and utilization of N-15-urea by maize. *Sustainability*, 14: 820. <https://doi.org/10.3390/su14020820>
- Martinez S, Gabriel JL, Alvarez S, Capuano A, and Delgado M. 2021. Integral assessment of organic fertilization on a camelina sativa rotation under mediterranean conditions. *Agriculture*, 11: 355. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040355>
- Mir Y, Daneshvar M and Esmaeili A. 2020. Investigation of the possibility of reducing quantitative and qualitative damage of rapeseed neptune cultivar in water deficit conditions by applying foliar application of salicylic acid and micronutrients. *Crop Physiology Journal*, 12 (3 (47)): 65-81. <https://sid.ir/paper/364842/en> (In Persian with English Abstract).
- Obour A, Sintim HY, Obeng E and Zheljazkov VDJ. 2015. Oilseed camelina *Camelina sativa* L. Crantz production systems prospects and challenges in the USA great plains. *Advances in Plants and Agriculture Research*, 2(2): 10. 15406/apar.2015.02.00043
- Ravi S, Channal HT, Hebsur NS, Patil BN and Dharmatti PR. 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Karnataka Journal Agriculture Science*, 21: 382-385.
- Rout GR and Sahoo S. 2015. Role of iron in plant growth and metabolism. *Reviews in Agricultural Science*, 3:1-24. <https://doi.org/10.7831/ras.3.1>
- Sathish S, Sundareswaran S, Senthil N and Ganesan KN. 2012. Biochemical changes due to seed priming in maize hybrid COH(M) 5. *Research Journal of Seed Science*, 5: 71– 83. 10.3923/rjss.2012.71.83
- Solis A, Vidal I, Paulino L, Johnson B and Berti MT. 2013. Camelina seed yield response to nitrogen, sulfur, and phosphorus fertilizer in South Central Chile. *Industrial Crops and Products*, 44: 132-138. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.005>
- Souri MK and Hatamian M. 2019. Aminochelates in Plant Nutrition: A Review. *Journal of Plant Nutrition*, 42: 67– 78. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1549671>
- Takanori K, Tomoko N and Naoko KN. 2019. Iron transport and its regulation in plants. *Free Radical Biology and Medicine*, 133: 11-20. 10.1016/j.freeradbiomed.2018.10.439
- Thalooth AT, Tawfik MM and Magda Mohamed H. 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium, and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants growth under water stress condition. *World Journal and Agricultural Science*, 2 (1): 37-46.
- Toncea I, Necseriu D, Prisecaru T, Balint LN, Ghilvacs I and Popa M. 2013. The seeds and oil composition of Camelia-first romanian cultivar of camelina (*Camelina sativa*, L. Crantz). *Romanian Biotechnological Letters*, 18(5): 8594 8602. <http://://WOS:000326392200005>

- Tsiplakou E and Bilalis D. 2020. Tillage intensity and compost application effects on organically grown camelina productivity, seed and oil quality. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(4):2153-2166. 10.15835/nbha48412056
- Ulama Vida, Rounaghi A, Karimian NA, Yathrabi J, Hamidi R and Attention M. 2013. Comparison of yield, yield components and seed quality (oil and protein content) of two canola cultivars under the effect of soil application of different levels of nitrogen and zinc. *Science and Techniques of Greenhouse Crops*, 4(16): 83-98.
- Zaheer IE, Ali S, Saleem MH, Yousaf HS, Malik A and Abbas Z. 2022. Combined application of zinc and iron-lysine and its effects on morpho-physiological traits, antioxidant capacity and chromium uptake in rapeseed (*Brassica napus* L.). *PloS One* 17, e0262140. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262140>