

Response of black cumin (*Nigella sativa* L.) to Digested Fertilizer and Humic Acid in the Sustainable Agricultural System

Fariba Vafaahd¹, Shiva Khalesro^{2*}, Samira Zareei³, Gholamreza Heidari²

Received: 30 April 2022 Accepted: 24 November 2022 2022-11-24

1- M.Sc. of Agroecology, Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

2-Assist. Prof., and Assoc. Prof., Dept. of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

3- Assoc. Prof, Dept. of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

*Corresponding Author Email: sh.khalesro@uok.ac.ir, s.khalesro@yahoo.com

Abstract

Background & Objective: The present study was conducted to investigate the effects of natural and organic fertilizers, compared to chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of black cumin.

Materials & Methods: Factorial experiment was carried out in a randomized complete block design with two factors and three replications at the Research Farm of the University of Kurdistan during 2021 growing season. The first factor consisted of three levels of fertilizer (control, digested fertilizer, and chemical fertilizer) and the second factor included three concentrations of humic acid foliar application (0, 200, and 400 mg.L⁻¹).

Results: The digested fertilizer significantly increased plant height, capsules number per plant, seeds number per capsule, grain and biological yield, oil percentage and yield, and essential oil yield. These mentioned traits significantly increased with humic acid foliar application except for essential oil yield. The third level of humic acid had the most effect. The highest values of seed nitrogen and phosphorus content belonged to the integrated treatment of digested fertilizer and 400 mg.L⁻¹ humic acid.

Conclusion: The digested fertilizer and humic acid (400 mg.L⁻¹) improved the quantitative and qualitative characteristics of black cumin and they can be alternative inputs for chemical fertilizers.

Keywords: Chemical Fertilizer, Essential Oil, Foliar Application, Oil Yield, Seed Nutrient Content

واکنش سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) به کاربرد کود تخمیری و اسید هیومیک در سیستم کشاورزی پایدار

فریبا وفاهد^۱، شیوا خالص رو^{۲*}، سمیرا زارعی^۳، غلامرضا حیدری^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۲- استادیار و دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۳- دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

* مسئول مکاتبه: Email: sh.khalesro@uok.ac.ir, s.khalesro@yahoo.com

چکیده

اهداف: پژوهش حاضر به منظور بررسی خصوصیات کمی و کیفی سیاهدانه تحت تاثیر کودهای با منشأ طبیعی و محلول-پاشی اسید هیومیک و مقایسه آنها با کود شیمیایی انجام گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان در سال ۱۴۰۰ انجام شد. فاکتور اول شامل سه سطح کود (شاهد، کود تخمیری و کود شیمیایی) و فاکتور دوم شامل سه غلظت محلول‌پاشی اسید هیومیک (۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود.

یافته‌ها: کود تخمیری سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه و بیولوژیک، درصد و عملکرد روغن و عملکرد اسانس گردید. با محلول‌پاشی اسید هیومیک نیز، صفات مذکور به جز عملکرد اسانس افزایش معنی‌داری یافتند. به طوری که سطح سوم اسید هیومیک بیشترین تاثیر را داشت. بالاترین میزان نیتروژن و فسفر دانه نیز از تیمار تلفیقی کود تخمیری و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک به دست آمد.

نتیجه‌گیری: کود تخمیری و محلول‌پاشی اسید هیومیک (۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی سیاهدانه را بهبود بخشیدند و می‌توانند نهاده‌های جایگزین برای کودهای شیمیایی باشند.

واژه‌های کلیدی: اسانس، عملکرد روغن، عناصر غذایی دانه، کود شیمیایی، محلول‌پاشی

مقدمه

امامی (۲۰۰۸). تاثیرات مصرف این گیاه در انسان شامل شیرآوری، ضدنفخ، مسهل، ضدانگل، ضد صرع، ضد باکتری، ضد تومور، مسکن و کاهش دهنده قند خون می‌باشد (عزیزی و صفایی ۲۰۱۷). در سیستم‌های کشاورزی، تامین عناصر غذایی برای گیاه، یک امر ضروری و اجتناب ناپذیر است، بنابراین نحوه مدیریت حاصلخیزی خاک، کمیت و کیفیت محصول و عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از یک سو کاربرد بیش از حد

امروزه با توجه به اثرات جانبی داروهای شیمیایی، مصرف و اهمیت گیاهان دارویی از گسترش روزافزونی برخوردار شده است. سیاهدانه گیاهی یکساله، دولپه، علفی به ارتفاع ۶۰ تا ۷۰ سانتی‌متر، حاوی دانه‌های سیاه و معطر با نام علمی (*Nigella sativa* L.) متعلق به خانواده آلاله (Ranunculaceae) می‌باشد (مجنون حسینی و دوزاده

کرچک گردید (رهبری و همکاران ۲۰۱۷). کاربرد اسید هیومیک به ویژه در خاک‌های فقیر و خاک‌های آهکی-قلیایی، سبب بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول می‌شود (طفیل ۲۰۱۴). نتیجه تحقیقی نشان داد کاربرد اسید هیومیک سبب بهبود عملکرد و میزان روغن برخی ارقام گلرنگ به ویژه فرامان گردید (زندى و همکاران ۲۰۲۱). در پژوهشی دیگر بالاترین محتوا و عملکرد اسانس سیاهدانه با محلول‌پاشی اسید هیومیک با غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد (عزیزی و صفایی ۲۰۱۷). بنابراین با توجه به اهمیت تولید گیاهان دارویی با کیفیت مطلوب و حفظ حاصلخیزی و سلامت خاک، انجام تحقیقات در زمینه کاهش مصرف کودهای شیمیایی و کاربرد نهاده‌های جایگزین در سیستم‌های کشاورزی پایدار، امری ضروری است. در این پژوهش اثر کودهای تخمیری و اسید هیومیک بر خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد، میزان روغن، اسانس و عناصر غذایی سیاهدانه در مقایسه با کود شیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۸۶۶ متر از سطح دریا در بهار سال ۱۴۰۰ اجرا شد. خصوصیات آب و هوایی محل انجام پژوهش در جدول ۱ قید شده است. جهت ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌برداری از نقاط مختلف مزرعه قبل از اجرای پژوهش صورت گرفت. نتایج آنالیز خاک در جدول ۲ ارائه شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور کود و محلول‌پاشی اسید هیومیک در سه تکرار اجرا شد. فاکتور کود در سه سطح (شاهد، کود تخمیری و کود شیمیایی) و فاکتور اسید هیومیک در سه سطح (۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) مورد ارزیابی قرار گرفتند. کود تخمیری در کارگاه گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان تولید شد. کود مورد

کودهای شیمیایی منجر به ایجاد مشکلات متعددی از قبیل تخریب ساختمان خاک و عدم توازن عناصر غذایی خاک می‌شود؛ از سوی دیگر، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و عدم استفاده از کودهای آلی، خاک‌های کشاورزی را با کمبود مواد آلی مواجه می‌کند (حیدری و همکاران ۲۰۲۰). از این‌رو کاربرد کودهای آلی، راهکاری برای افزایش مقدار مواد آلی و حاصلخیزی خاک‌های زراعی کشور است. پسماندهای گیاهی محصول جانبی فعالیت‌های کشاورزی هستند که جزو منابع مهم مواد آلی به شمار می‌روند؛ مدیریت پسماندهای گیاهی و استفاده از آن‌ها در تولید منابع مختلف کودی، می‌تواند اثرات قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد و کیفیت محصولات داشته باشد (تور و همکاران ۲۰۱۶). امروزه استفاده از موادی نظیر ضایعات کشاورزی، مواد زائد صنعتی و زباله‌های شهری، به عنوان منابع تأمین کننده مواد آلی خاک رو به گسترش است. بر اساس گزارش پژوهشگران، کودهای آلی و دامی در مقایسه با کودهای شیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی هستند که می‌توانند به عنوان منابع غنی عناصر غذایی در اختیار گیاهان قرار بگیرند (آرانکون و همکاران ۲۰۰۴ و خندان و آستارایی ۲۰۰۵) اسید هیومیک نیز یک ترکیب پلیمری آلی طبیعی می‌باشد که می‌تواند موجب افزایش عملکرد و کیفیت محصولات گردد. نتایج آزمایشی نشان داد کاربرد اسید هیومیک سبب بهبود صفات مورفولوژیک، درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی همیشه بهار گردید (نصیری ۲۰۲۲). اسید هیومیک می‌تواند با کلات کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و سایر عناصر در غلبه بر کمبود عناصر غذایی موثر باشد. همچنین اسید هیومیک موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، افزایش تهویه خاک، بهبود دانه‌بندی خاک، بهبود مقاومت به خشکی، افزایش تبدیل عناصر به فرم‌های قابل دسترس برای گیاه و افزایش درصد نیتروژن خاک می‌گردد. نتایج مطالعه‌ای نشان داد کاربرد اسید هیومیک موجب افزایش تعداد کپسول، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و عملکرد روغن

استفاده از تخمیر پسماند و ضایعات سیب‌زمینی، کود دامی تازه و آب تحت شرایط بی‌هوازی در مدت زمان دو ماه تولید شد (فورید و همکاران ۲۰۲۱). مقدار کود تخمیری مورد استفاده ۳ تن در هکتار بود. جدول ۳ نتایج تجزیه کود تخمیری تهیه شده را نشان می‌دهد. در تیمار کود شیمیایی برای تامین خالص عناصر نیتروژن و فسفر با مقادیر به ترتیب ۹۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار از کودهای اوره و سوپرفسفات تریپل استفاده شد. اسید هیومیک از شرکت Qiugdao Future تهیه شد که دارای ۵۵ درصد اسید هیومیک، ۱۰ درصد اسید فولیک و ۵ درصد K_2O بود. بعد از آماده سازی زمین، کود تخمیری، نیمی از کود اوره و کل کود سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت به خاک کرت‌های مربوطه اضافه شد. باقی مانده کود اوره به صورت سرک در مرحله ساقه دهی به گیاه داده شد. محلول‌پاشی اسید هیومیک در سه مرحله ساقه‌دهی و به فاصله ۱۰ و ۲۰ روز بعد از آن انجام شد. کشت در تاریخ ۲۱ اردیبهشت ماه ۱۴۰۰ انجام شد. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول ۳ متر بود. فاصله ردیف‌های کاشت ۳۵ سانتیمتر، فاصله‌ی بین کرت‌ها یک متر و فاصله‌ی بین

تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. عملیات آبیاری به صورت بارانی و وجین علف‌های هرز در مواقع لزوم به صورت دستی، صورت گرفت. در مرحله رسیدگی، به طور تصادفی از هر کرت، پنج بوته انتخاب شد و صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه مورد بررسی قرار گرفت. در تاریخ ۱۵ شهریور ۱۴۰۰ با رعایت اثر حاشیه، یک متر مربع از هر کرت برداشت شد و عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. روغن دانه توسط دستگاه سوکسله با حلال ان‌هگزان استخراج گردید (لئال و همکاران ۲۰۰۹) و برای محاسبه عملکرد روغن از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه استفاده شد. عناصر غذایی دانه شامل نیتروژن (برمنز و کنی ۱۹۹۶)، فسفر و پتاسیم (جونز و همکاران ۱۹۹۱) نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SAS و برای مقایسه میانگین‌ها از روش LSD استفاده گردید. رسم نمودارها در نرم‌افزار Excel انجام شد.

جدول ۱- میزان بارندگی و دمای هوا در سال اجرای آزمایش

| فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور |
|---------|----------|-------|------|-------|--------|
| ۷/۵ | ۱۲/۲ | ۲۳/۴ | ۳۶/۱ | ۲۴/۳ | ۲۲/۶ |
| ۴۰/۱ | ۲۶/۶ | ۱۱/۳ | - | - | - |

میانگین نما (oC)
بارندگی (mm)

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

| بافت خاک | هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹) | pH | ماده آلی (%) | نیتروژن کل (%) | فسفر (mg.kg ⁻¹) | پتاسیم (mg.kg ⁻¹) |
|------------------|--------------------------------------|------|--------------|----------------|-----------------------------|-------------------------------|
| خاک لوم مزرعه | ۰/۵۸۳ | ۷/۸۳ | ۰/۸۴ | ۰/۰۸ | ۱۴ | ۲۵۱ |

جدول ۳- درصد ترکیبات فیزیکی و شیمیایی کود تخمیری مورد استفاده در آزمایش

| pH | C/N | هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹) | رطوبت (%) | ماده خشک (%) | کربن آلی (%) | مواد آلی (%) | ازت کل (%) | فسفر کل (%) | پتاسیم کل (%) |
|------|-------|--------------------------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|------------|-------------|---------------|
| ۶/۳۳ | ۸۱/۴۱ | ۱۰/۸۹ | ۸۱/۲۲ | ۱۸/۷۸ | ۹/۶۸ | ۱۶/۶۹ | ۰/۲۰۵ | ۰/۰۳ | ۰/۰۳ |

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و اجزای عملکرد

براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر انواع کود بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد و بر تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول در سطح یک درصد معنی‌دار بود؛ اما بر وزن هزار دانه غیر معنی‌دار بود. اثر سطوح مختلف اسید هیومیک نیز بر صفات تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول در سطح یک درصد معنی‌دار بود اما اثرات متقابل آن‌ها بر ارتفاع بوته و اجزای عملکرد معنی‌دار نگردید (جدول ۴). بیشترین مقادیر ارتفاع بوته (۵۸/۷۲ سانتی‌متر)، تعداد کپسول در بوته (۱۶/۲۴۳) و تعداد دانه در کپسول (۸۶) مربوط به کود تخمیری بود که البته با کود شیمیایی در یک گروه آماری قرار داشتند و کمترین مقادیر آن‌ها (۴۵/۹۶ سانتی متر، ۷/۹۶۷ و ۶۴/۲) به تیمار شاهد تعلق داشت (شکل‌های ۱، ۲ و ۳ الف). کودهای آلی و شیمیایی با تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه سبب افزایش رشد رویشی می‌شوند؛ اما کودهای آلی که غنی از عناصر پرمصرف و کم مصرف می‌باشند، سبب افزایش ماده آلی نیز می‌گردند (کاور و همکاران ۲۰۰۸). مواد آلی با فراهم کردن عناصر و مقدار زیادی از مواد محرک رشد در سراسر دوره رشد گیاه و ایجاد شرایط مناسب برای فعالیت موجودات خاکزی منجر به افزایش رشد گیاهان گردیده و همچنین با ایجاد تغییرات در خاک و فراهم کردن محیطی مناسب‌تر برای رشد ریشه گیاهان امکان جذب با کارایی بهتر عناصر غذایی را فراهم می‌کنند (توسکانو و همکاران ۲۰۱۳). از این رو فراهم بودن عناصر غذایی سبب بهبود ویژگی‌های

رویشی و زایشی شده و این صفات، اجزای عملکرد گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند (گریندلر ۲۰۰۸، حاجقانی و همکاران ۲۰۱۷). نتیجه تحقیقات سایر پژوهشگران مبنی بر افزایش ارتفاع بوته سیاهدانه (مرادی و همکاران ۲۰۱۷)، گل آهار (امجزی و حمیدپور ۲۰۱۲)، انیسون (درزی و همکاران ۲۰۱۲) و رازیانه (محموظ و شرف الدین ۲۰۰۷) تحت تاثیر کودهای آلی موید نتیجه این پژوهش است. سایر پژوهشگران نیز گزارش کردند که کاربرد کودهای آلی سبب افزایش تعداد دانه در غلاف شنبلیله (باغبانی آرانی و همکاران ۲۰۱۷) و تعداد دانه در چتر گیاه دارویی زنیان گردید (سیدی و همکاران ۲۰۱۵).

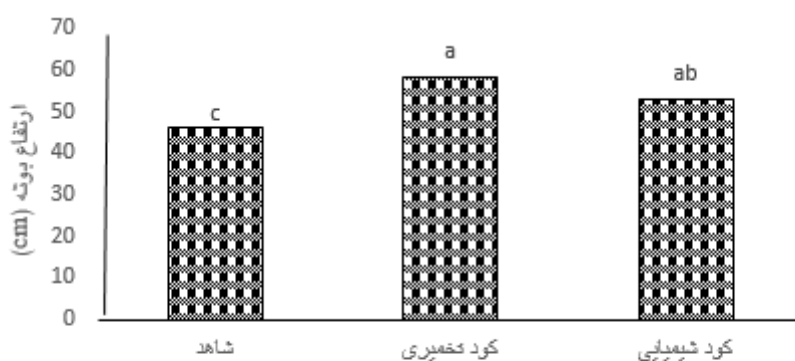
محلولپاشی اسید هیومیک با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول را نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲۹/۳ و ۲۰/۱ درصد افزایش داد (شکل‌های ۲ و ۳ ب). مواد هیومیکی به دلیل تحریک بخشیدن به یون‌ها و افزایش متابولیسم گیاهی سبب بهبود جذب عناصر غذایی شده و موجب می‌شوند که رشد رویشی گیاه افزایش یابد (نردی و همکاران ۲۰۰۲). پژوهشگران گزارش کردند کاربرد دو لیتر در هکتار اسید هیومیک با افزایش جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، موجب افزایش رشد سیاهدانه گردید (ترزی و همکاران ۲۰۱۰). محققان دیگری افزایش تعداد کپسول در بوته سیاهدانه تحت تاثیر اسید هیومیک را گزارش کردند (یدالهی و همکاران ۲۰۱۴ و عزیزی و صفایی ۲۰۱۷) که با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد.

⊕

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه تحت تاثیر سطوح مختلف اسید هیومیک و انواع کود

| میانگین مربعات | | | | | | | |
|--------------------|------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|
| منابع تغییر | درجه آزادی | ارتفاع بوته | تعداد کپسول در بوته | تعداد دانه در کپسول | وزن هزار دانه | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیک |
| بلوک | ۲ | ۱۵/۹۶ ^{ns} | ۷/۱۱ ^{ns} | ۱۹/۸۹ ^{ns} | ۰/۰۲۶ ^{ns} | ۴۳/۳۱ ^{ns} | ۴۳/۳۱ ^{ns} |
| اسید هیومیک | ۲ | ۱۹۶/۴۶ ^{ns} | ۴۲/۶۰ ^{**} | ۵۶۱/۱۱ ^{**} | ۰/۰۰۳ ^{ns} | ۳۴۱۱۸/۲۳ ^{**} | ۷۳۴۱۴۴/۴۴ ^{**} |
| انواع کود | ۲ | ۳۳۹/۲۵ [*] | ۱۶۲/۴۴ ^{**} | ۱۱۵۶/۷۲ ^{**} | ۰/۰۰۱ ^{ns} | ۴۹۰۹۰/۲۶ ^{**} | ۹۰۴۱۲۸/۷۸ ^{**} |
| هیومیک × انواع کود | ۴ | ۳۹/۳۰ ^{ns} | ۱۱/۰۸ ^{ns} | ۵۳/۲۰ ^{ns} | ۰/۰۰۶ ^{ns} | ۵۹۶۶/۳۴ ^{ns} | ۲۰۰۶۶۲/۲۳ ^{ns} |
| خطا | ۱۶ | ۶۶/۵۶ | ۶/۵۴ | ۷۵/۹۰ | ۰/۰۰۴ | ۶۳۶۲/۴۱ | ۱۴۰۰۱۹/۱۰ |
| ضریب تغییرات (%) | | ۱۵/۶۰ | ۲۰/۱۶ | ۱۱/۲۳ | ۲/۸۴ | ۱۰/۴۸ | ۱۲/۴۲ |

ns، *، ** و به ترتیب نشان دهنده غیرمعنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر انواع کود بر ارتفاع بوته سیاهدانه

حروف متفاوت بیانگر اختلاف آماری معنی دار در سطح ۱ درصد می باشد.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

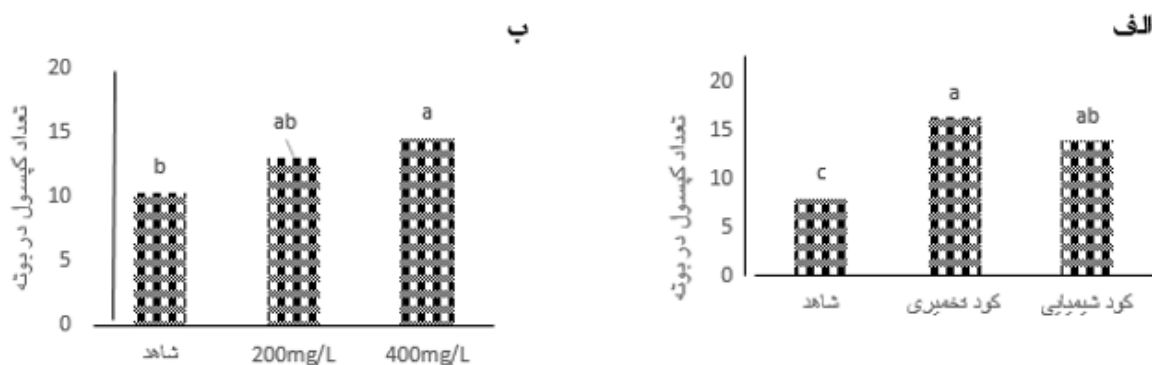
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی انواع کود و سطوح مختلف اسید هیومیک بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح یک درصد معنی دار بود. اما اثر متقابل آن‌ها بر صفات مذکور معنی دار نگردید (جدول ۴). بیشترین مقادیر عملکرد دانه و بیولوژیک (به ترتیب ۸۴۳/۱ و ۳۳۰۲/۳ کیلوگرم در هکتار) به کود تخمیری و کمترین مقادیر آن‌ها (۶۹۹/۳ و ۲۶۷۳/۸ کیلوگرم در هکتار) به تیمار شاهد تعلق داشت (شکل‌های ۴ و ۵ الف). کاربرد کودهای آلی موجب افزایش فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی و آزاد سازی عناصر غذایی موجود در کلئیدهای خاک می‌شود (رناتو

و همکاران ۲۰۰۳). بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک سبب بهبود جذب آب و عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، فسفر و عناصر کم مصرف (آهن، روی، مس و منگنز) و افزایش سطح برگ شده که این امر موجب تداوم بافت سبز فتوسنتز کننده و افزایش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد. بنابراین بهبود رشد رویشی و توسعه بیشتر سطح برگ جهت تولید و انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه می‌تواند از دلایل افزایش عملکرد دانه در تیمار کاربرد کود آلی باشد (چیمبا و همکاران ۲۰۱۷). سهرابی و همکاران (۲۰۲۱) در آزمایشی که با هدف بررسی اثر کودهای آلی، بیولوژیکی و شیمیایی بر اجزاء عملکرد و عملکرد روغن دانه سیاهدانه انجام دادند

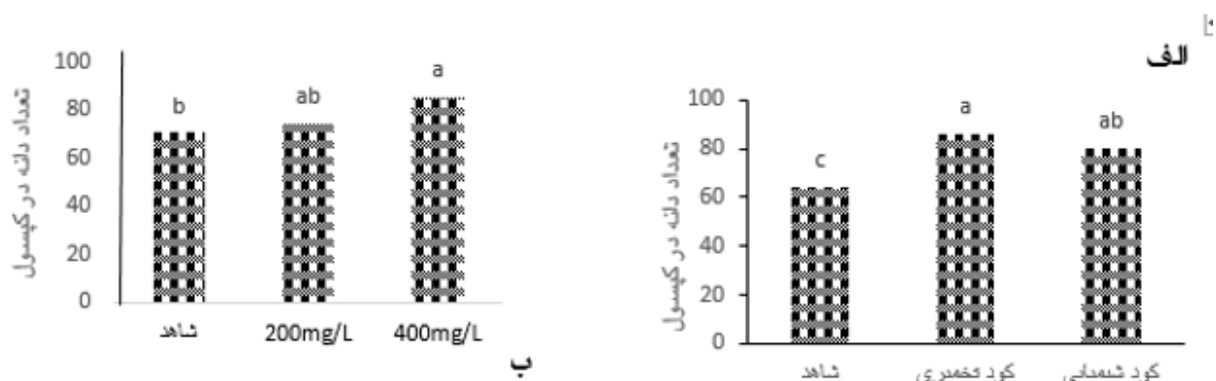
درصد و عملکرد روغن

اثرات اصلی سطوح اسید هیومیک و انواع کود بر درصد و عملکرد روغن دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین درصد روغن دانه نشان داد که کود تخمیری و اسید هیومیک با غلظت ۴۰۰ میلی گرم در لیتر، درصد روغن را در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۱۹/۸ و ۱۰/۲ درصد افزایش دادند (شکل‌های ۶ الف و ب). با توجه به این که عملکرد روغن برابندی از درصد روغن و عملکرد دانه است، بنابراین بالاترین مقادیر عملکرد روغن نیز به تیمار کود تخمیری و تیمار سطح سوم اسید هیومیک اختصاص داشت (شکل‌های ۷ الف و ب). اسید هیومیک به واسطه توانایی کلات‌کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند منیزیم، آهن، پتاسیم، سدیم و روی سبب افزایش جذب عناصر غذایی و تولید بیشتر گیاهان روغنی می‌گردد (ورلیندن و همکاران ۲۰۰۲). محققین دیگر نیز افزایش درصد روغن دانه در حضور اسید هیومیک را گزارش کرده‌اند. نتایج بیانگر افزایش عملکرد روغن تحت تاثیر اسید هیومیک در گیاهان گلرنگ (مرادی و همکاران ۲۰۱۷)، کرچک (رهبری و همکاران ۲۰۱۹) و منداب (راجپار و همکاران ۲۰۱۰) می‌باشد که با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد.

گزارش کردند که کاربرد سطوح مختلف کودهای آلی و شیمیایی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک و دانه گیاه سیاهدانه در مقایسه با تیمار شاهد شد. افزایش عملکرد دانه اسفرزه (آستارایی ۲۰۰۶) و گیاه خرفه نیز تحت تاثیر کود آلی (یانگ و همکاران ۲۰۱۵) با نتیجه حاصل از آزمایش حاضر همسو می‌باشد. با افزایش غلظت اسید هیومیک، عملکرد دانه و بیولوژیک به طور معنی‌داری افزایش یافتند (شکل‌های ۴ و ۵ ب). به طوری که کاربرد اسید هیومیک با غلظت ۴۰۰ میلی گرم در لیتر، عملکرد دانه را در مقایسه با تیمار شاهد ۱۲/۵ درصد افزایش داد (شکل ۴ ب). بر اساس گزارش پژوهشگران کاربرد اسید هیومیک موجب افزایش نفوذ پذیری غشا شده و ورود پتاسیم به سلول را افزایش می‌دهد که نتیجه این امر افزایش تقسیم سلولی و فشار داخل سلول می‌باشد. از طرف دیگر به دلیل افزایش انرژی موجود در سلول، تولید کلروفیل افزایش یافته که این مسئله افزایش فتوسنتز و در نهایت بهبود عملکرد را به دنبال خواهد داشت (نردی و همکاران ۲۰۰۲). نتایج سایر تحقیقات بیانگر افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و بیولوژیک دان سیاه (تدین و بهشتی ۲۰۱۶) و بابونه آلمانی (مشایخی و همکاران ۲۰۱۹) با کاربرد اسید هیومیک می‌باشد که با نتیجه حاصل از این آزمایش مطابقت دارد.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر انواع کود (الف) و سطوح اسید هیومیک (ب) بر تعداد کپسول در بوته گیاه سیاهدانه. حروف متفاوت بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشد.

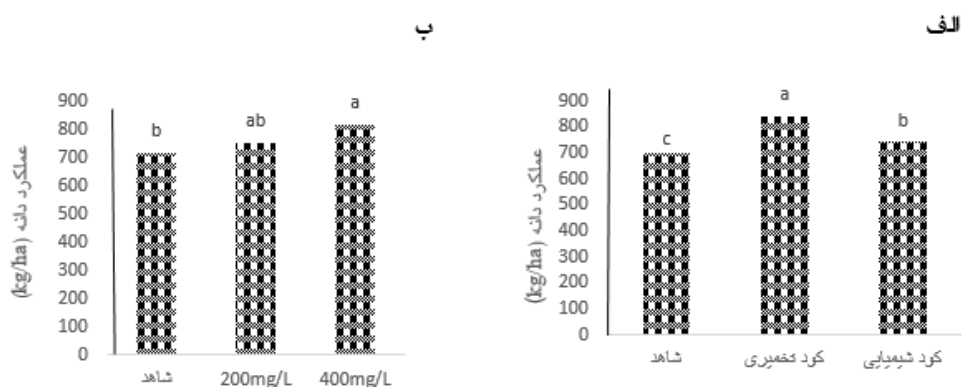


شکل ۳- مقایسه میانگین اثر انواع کود الف) و سطوح اسیدهیومیک ب) بر تعداد دانه در کیسول سیاهدانه [حروف متفاوت بیانگر اختلاف آماری معنی دار در سطح ۱ درصد می باشد.]

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مرتبط با کیفیت دانه تحت تاثیر سطوح مختلف اسید هیومیک و انواع کود

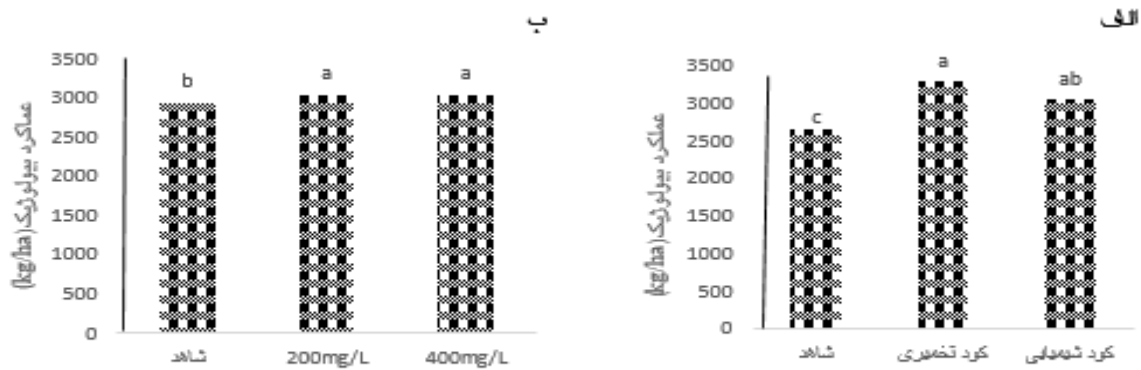
| میانگین مربعات | | | | | | | | |
|--------------------|------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------|--------------------|------|
| منابع تغییر | درجه آزادی | روغن دانه | عملکرد روغن | عملکرد اسانس | نیتروژن دانه | فسفر دانه | پتاسیم دانه | |
| بلوک | ۲ | ۷۸/۴۶ | ۴۹۷۰/۷۱ | ۰/۰۵ | ۲۹۳۷/۹۱ | ۲۳/۱۸ | ۰/۴۸ | |
| اسید هیومیک | ۲ | ۲۵/۷۳*** | ۱۵۱۱۳/۳۷** | ۰/۰۳ ^{ns} | ۷۹۷۶/۸۲ ^{ns} | ۱۸۲/۰۳** | ۱۰/۷۲** | |
| انواع کود | ۲ | ۹۹/۲۸** | ۲۰۸۰۸/۱۰** | ۰/۰۳۹** | ۴۴۰۳۷/۷۸** | ۱۸۶/۶** | ۲/۶۸ ^{ns} | |
| هیومیک × انواع کود | ۴ | ۱/۶۹ ^{ns} | ۱۰۹۱/۲۲ ^{ns} | ۰/۰۰۱ ^{ns} | ۱۵۰۲/۶۸ ^{ns} | ۳/۷۸** | ۰/۳۸ ^{ns} | |
| خطا | ۱۷ | ۲/۰۵ | ۸۶۹/۶۷ | ۰/۰۰۳ | ۲۵۵۲/۷۲ | ۵۰/۶۴ | ۱/۲۴ | |
| ضریب تغییرات (%) | | ۴/۷۲ | ۱۲/۶۳ | ۱۱/۸۵ | ۱۴/۴۳ | ۱۲/۵۹ | ۱۶/۸۲ | ۱۴/۹ |

^{ns}، * و ** و به ترتیب نشان دهنده غیرمعنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

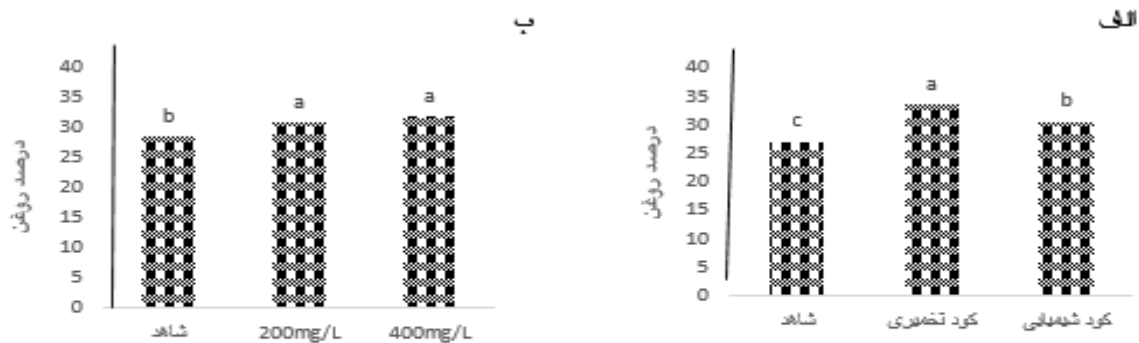


شکل ۴- مقایسه میانگین اثر انواع کود الف) و سطوح اسیدهیومیک ب) بر عملکرد دانه سیاهدانه

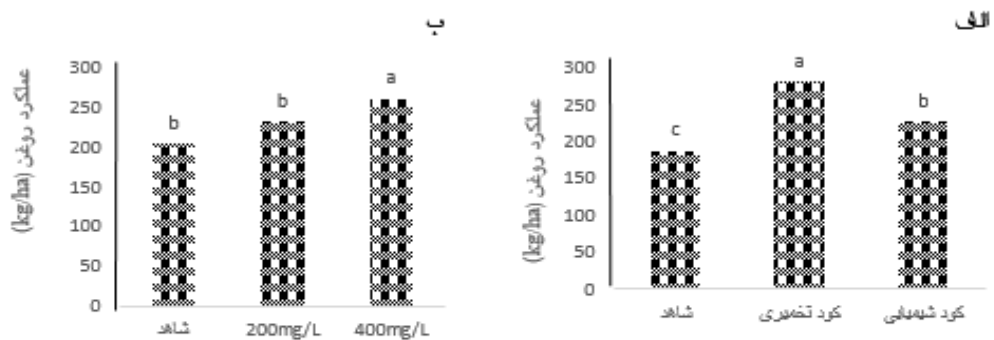
حروف متفاوت بیانگر اختلاف آماری معنی دار در سطح ۱ درصد می باشد.



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر انواع کود (الف) و سطوح اسیدهیومیک (ب) بر عملکرد بیولوژیک سیاهدانه
حروف متفاوت بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشد.



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر انواع کود (الف) و سطوح اسیدهیومیک (ب) بر درصد روغن سیاهدانه
حروف متفاوت بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشد.



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر انواع کود (الف) و سطوح اسیدهیومیک (ب) بر عملکرد روغن سیاهدانه
حروف متفاوت بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشد.

هیومیک و اثر متقابل کود و اسید هیومیک بر این صفات معنی‌دار نبود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین تاثیر کاربرد کود بر درصد اسانس نشان داد که بیشترین درصد اسانس (۰/۳۲ درصد) و کمترین مقدار آن (۰/۱۹)

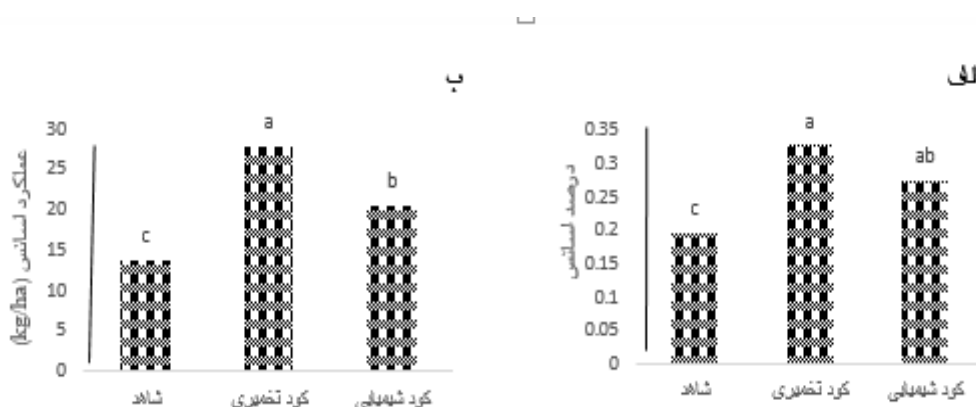
درصد و عملکرد اسانس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر انواع کود بر درصد و عملکرد اسانس سیاهدانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود اما اثر سطوح مختلف اسید

اصلی کودها و اثر متقابل محلول‌پاشی اسید هیومیک و کاربرد کود نیز بر نیتروژن و فسفر دانه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۵). بیشترین مقادیر نیتروژن (۴/۰۳ درصد) و فسفر دانه (۰/۶۷ میلی گرم در کیلوگرم) از تیمار تلفیقی کود تخمیری و اسید هیومیک با غلظت ۴۰۰ میلی گرم در لیتر حاصل شد که با تیمار تلفیقی کود تخمیری و اسید هیومیک با غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر در یک گروه آماری قرار گرفتند و کمترین مقادیر آنها به تیمار شاهد تعلق داشت (شکل‌های ۹ و ۱۰). به نظر می‌رسد کود تخمیری و اسید هیومیک به واسطه اثرات هم افزایی و تامین بیشتر عناصر در کنار یکدیگر سبب بهبود جذب نیتروژن و فسفر سیاهدانه شده‌اند. نتایج آزمایش سیدی و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان داد که کودهای آلی نقش موثری در افزایش غلظت نیتروژن دانه در گیاه سیاهدانه داشته‌اند. نتیجه تحقیقی دیگر حاکی از برتری کودهای آلی از نظر کارایی جذب و بهبود نیتروژن در مقایسه با کودهای شیمیایی می‌باشد (اسدی و همکاران ۲۰۰۶). نتایج مطالعه حیدری و مینایی (۲۰۱۴) نشان داد که محلول‌پاشی اسید هیومیک سبب افزایش غلظت عناصر پتاسیم در اندام‌های گل و برگ گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis*) گردید.

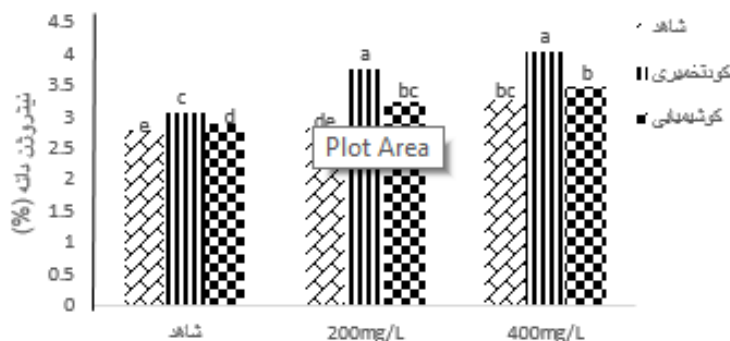
درصد) به ترتیب در تیمار کود تخمیری و تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۸ الف). در مورد عملکرد اسانس نیز کود تخمیری، تیمار برتر بود (شکل ۸ ب). بالا بودن درصد اسانس در گیاهان تحت تیمار کودهای آلی را شاید بتوان به تاثیر مثبت این کودها بر ویژگی‌های رشدی گیاه نسبت داد. بر اساس نظر پژوهشگران درصد نسبتاً بالای اسانس در گیاهان تحت تیمار کودهای آلی را می‌توان به رشد و نمو بهتر گیاه مانند تولید سطح برگ و ماده خشک بیشتر در اثر مصرف این کودها نسبت داد (تهامی زرنندی ۲۰۱۰). در تحقیقی دیگر استفاده از کود آلی سبب افزایش درصد و عملکرد اسانس در گیاه دارویی نعناع فلفلی شد که پژوهشگران علت آن را به آزادسازی تدریجی عناصر در کودهای آلی و همزمانی بیشتر نیاز گیاه در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی نسبت دادند (اسدی و همکاران ۲۰۰۶). سایر پژوهشگران نیز افزایش اسانس تحت تاثیر کود آلی در گیاه سیاهدانه را گزارش کردند (عزیزی و صفایی ۲۰۱۷).

عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه

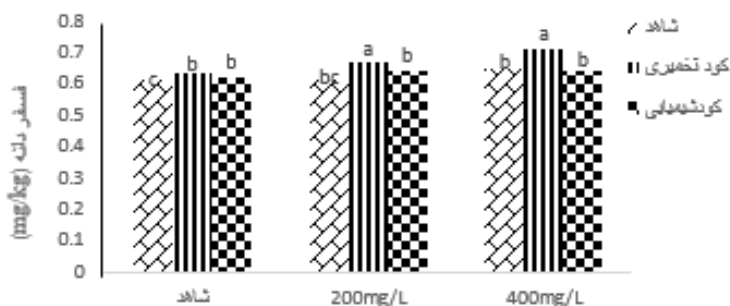
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش نشان داد که اثر اصلی سطوح اسید هیومیک بر هر سه عنصر در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر



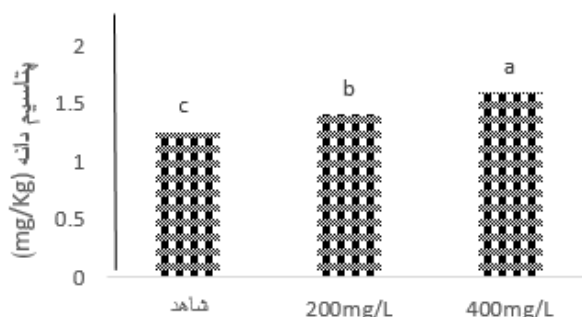
شکل ۸- مقایسه میانگین اثر انواع کود بر درصد اسانس الف) و عملکرد اسانس ب) سیاهدانه
حروف متفاوت بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۱ درصد می‌باشد.



شکل ۹- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطوح اسید هیومیک و انواع کود برای نیتروژن سیاهدانه حروف متفاوت بیانگر اختلاف آماری معنی دار در سطح ۱ درصد می باشد.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطوح اسید هیومیک و انواع کود برای فسفر سیاهدانه حروف متفاوت بیانگر اختلاف آماری معنی دار در سطح ۱ درصد می باشد.



شکل ۱۱- مقایسه میانگین پتاسیم سیاهدانه تحت تاثیر سطوح مختلف اسید هیومیک حروف متفاوت بیانگر اختلاف آماری معنی دار در سطح ۱ درصد می باشد.

نتیجه گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد کود تخمیری و محلول پاشی اسید هیومیک خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه را بهبود بخشید. کود تخمیری سبب افزایش معنی دار ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد بیولوژیک، دانه،

روغن و اسانس سیاهدانه گردید. محلول پاشی اسید هیومیک با غلظت ۴۰۰ میلی گرم در لیتر موجب بهبود عملکرد و غلظت پتاسیم دانه شد. بالاترین مقادیر عناصر غذایی نیتروژن و فسفر دانه نیز از تیمار تلفیقی کود تخمیری و محلول پاشی اسید هیومیک حاصل شد. بنابراین کودهای تولیدی با منشأ طبیعی و با استفاده از

سیاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه کردستان بابت حمایت این پژوهش که مربوط به پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آگرواکولوژی است، قدردانی می‌گردد.

ضایعات و پسماندهای کشاورزی قابلیت جایگزینی کودهای شیمیایی را داشته و ضمن سازگاری اکولوژیکی با محیط زیست و کاهش آلودگی‌ها می‌توانند اثر مطلوبی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی سیاهدانه داشته باشند.

منابع مورد استفاده

- Asadi AR, Hassandaught MR and Dashti F. 2006. Comparison of fatty acids, oxalic acid, and mineral elements of Iranian purslane (*Portulaca oleracea* L.). Iranian Journal of Food Science and Technology, 3(3): 49–55.
- Amjaz H and Hamidpoor M. 2012. Effect of phosphorus, vermicompost and natural zeolite on quantitative and qualitative characteristics of *Zinnia eleganc*. Journal of Soil and Plant Interaction, 3(2): 79- 87. (In Persian).
- Arancon N, Edwards CA, Bierman P, Welch C and Metzger JD. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology, 93: 145-153.
- Astaraei AR. 2006. Effect of municipal waste compost and vermicompost on yield components and yield of *Plantago ovate*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22(3): 180-187. (In Persian).
- Azizi M and Safaei Z. 2017. The effect of humic acid foliar application and nano fertilizer on morphological traits, yield and essential oil of black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Horticultural Science, 30(4): 671-680. (In Persian).
- Baghbani Arani A, Modarres Sanavy SAM, Mashhadi Akbar Boojar M and Mokhtassi Bidgoli A. 2017. Towards improving the agronomic performance, chlorophyll fluorescence parameters and pigments in fenugreek using zeolite and vermicompost. Industrial Crops and Products, 109: 346–357.
- Bremner JM and Keeny DR. 1996. Determination and isotope – ratio analysis for different forms of nitrogen in soil: 3. Exchangeable ammonium, nitrate, and by extraction- distillation methods. Soil Science Society of America Journal, 30: 577-624.
- Darzi MT, Haj Seyedhadi M and Rejali F. 2012. Effects of the application of vermicompost and phosphate solubilizing bacterium on the morphological traits and seed yield of anise (*Pimpinella anisum* L.). Journal of Medicinal Plants Research, 6(2): 215-219
- Foereid B, Szocs J, Patinvoh RJ and Horváth IS. 2021. Effect of anaerobic digestion of manure before application to soil-benefits for nitrogen utilization? International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 10: 89-99.
- Gryndler M, Sudova R, Püschel D, Rydlova J, Janoušková M and Vosátka M. 2008. Cultivation of high-biomass crops on mine spoil banks: can microbial inoculation compensate for high doses of organic matter? Bioresource Technology, 99(14): 6391-6399.
- Hajghani M, Ghalavand A and Modarres Sanavy SAM. 2017. Evaluation of yield, yield components and growth indices of safflower (*carthamus tinctorius* L.) in conventional and organic farming systems. Journal of Agroecology, 9(1): 15-30. (In Persian).
- Heidari M and Minaei A. 2014. Effect of drought stress and humic acid application on quantitative yield and content of macroelements in medical plant Borage (*Borago officinalis* L.). Journal of Plant Production, 21(1): 167-182. (In Persian).
- Heydar L, Bayat HW and Hamzeh J. 2020. Short-term effects of biofertilizer application on some physical and chemical properties of soil. Journal of Water and Soil Conservation, 27(1): 71-89. (In Persian).

- Jones JR, Wolf JB and Mills HA. 1991. Plant analysis: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Micro and Macro Publishing Inc., Athens, Georgia, 453 p.
- Kaur T, Brar BS and Dhillon NS. 2008. Soil organic matter dynamics as affected by long-term use of organic and inorganic fertilizers under maize-wheat cropping system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 81:59-69.
- Khandan A and Astarai AR. 2005. Effects of organic fertilizers (municipal waste compost, cow manure) and chemical on some physical properties of soil. *Desert*, 10(2): 361-368.
- Leal F, Rodrigues A, Fernandes D, Nunes FM, Cipriano J, Ramos J, Teixeira S, Vieira S, Carvalho LM and Pinto-Carnide O. 2009. In vitro multiplication of *Calendula arvensis* for secondary metabolites extraction. *Acta Horticulture*, 812: 251-256.
- Mahfouz SA and Sharaf-Eldin A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Agrophysics Journal*, 21: 361-366.
- Majnoon Hosseini N and Davazdah Emami S. 2008. Cultivation and production of certain herbs and spices. University of Tehran Press. (In Persian).
- Mashayekhi Sh, Abdali Mashhadi A, Bakhshandeh A, Lotfi Jalal-Abadi A and Seyyednejad A. 2019. Study of some morphological characteristics of German chamomile (*Matricaria camomilla* L.) under influence of salicylic and humic acid foliar spray. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 35(3): 424-436. (In Persian).
- Moradi P, Pasari B and Fayyaz F. 2017. The effects of folic acid application on grain and oil yield of safflower cultivars. *Journal of Central European Agriculture*, 18(3): 584-597.
- Nardi S, Pizzeghello DA, Muscolo A and Vianello A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biological and Biochemistry*, 34(11):1527-1536.
- Nasiri Y. 2022. Evaluation of organic manures and biofertilizers on yield, yield components and essential oil content of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Agricultural Science and Sustainable Production*, 32(2): 97-113. (In Persian)
- Rahbari A, Massoud Sinki J, Damavandi A and Rezvan S. 2019. Reflux of castor oil (*Ricinus communis* L.) to foliar application of nano-chelate on humic acid under restricted irrigation conditions. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 29(2): 153-171. (In Persian).
- Renato Y, Ferreira ME, Cruz MC and Barbosa JC. 2003. Organic matter fractions and soil fertility under influence of liming, vermicompost and cattle manure. *Bioresource Technology*, 60: 59-63.
- Tadayyon A and Beheshti S. 2016. The effect of foliar application of humic acid, iron and zinc on some characteristics of black oleander (*Guizotia abyssinica* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, 10(2): 283-296. (In Persian).
- Seyyedi SM, Rezvani Moghaddam P, Khajeh-Hossein M and Shahandeh H. 2015. Influence of phosphorus and soil amendments on black seed (*Nigella sativa* L.) oil yield and nutrient uptake. *Industrial Crops and Products*, 77: 167-174.
- Sohrabi R, Rezvani Moghadam P, Ghorbani R and Astarai A. 2021. Investigation of the effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield components, yield of black seed oil (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology*, 13(1): 23-38. (In Persian).
- Tahami Zarandi SKM, Rezvani Moghaddam P and Jahan M. 2010. Comparison of the effect of organic and chemical fertilizers on yield and percentage of essential oil of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agroecology*, 1(2): 70-82. (In Persian).
- Terzi A, Coban S, Yildiz F, Ates M, Bitiren M, Taskin A and Aksoy N. 2010. Protective effects of black cumin (*Nigella sativa* L.) on intestinal ischemia-reperfusion injury in rats. *Journal of Investigative Surgery*, 23(1): 21-27.

- Toor RK, Savage GP and Heeb A. 2006. Major antioxidant components of tomatoes. *Journal of Food Composition Analysis*, 19: 20-27.
- Toscano P, Cassacchia T, Diacono M and Montemurro F. 2013. Composted olive mill by-products: compost characterization and application on olive orchards. *Agricultural Science and Technology*, 15: 627-638.
- Tufail M, Nawaz KH and Usman M. 2014. Impact of humic acid on the morphology and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *World Applied Sciences Journal*, 30(4): 475-480.
- Yadolahi P, Bijani M, Heidari M, Asgharipoor MR and Latifi M. 2014. The effect of organic and biological fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of black cumin in Sistan region. *Journal of Applied Research in Plant Ecophysiology*, 1(4): 8-11. (In Persian).
- Yanga L, Zhaoa F, Changa Q, Li T and Li F. 2015. Effects of vermicomposts on tomato yield and quality and soil fertility in greenhouse under different soil water regimes. *Agricultural Water Management*, 160: 98-105.
- Zandi N, Khalesro SH, Badakhshan H and Heidari GH. 2021. Effect of humic acid foliar application on the yield and morphological traits of some safflower cultivars. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(4): 35-48. (In Persian).