نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۱ شماره ۳ / سال ۱۴۰۰ صفحات ۲۷۰-۲۴۹

اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک و سطوح مختلف کمپوست قارچ خوراکی (SMC) بر صفات مورفولوژیک و عملکرد کرچک (*Ricinus communis* L.)

محمد بهزاد امیری[1*]، یاسر اسماعیلیان[1]

تاریخ دریافت: ۹۹/۲/٤ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۷
۱- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی گناباد
*مسئول مکاتبه: E-mail: amiri@gonabad.ac.ir, dr.amiri.ug@gonabad.ac.ir

چکیده

اهداف: در سال‌های اخیر، تولید سالم و پایدار محصولات کشاورزی به‌ویژه گیاهان دارویی مورد توجه قرار گرفته است. این پژوهش با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک و سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در رشد و عملکرد گیاه دارویی کرچک (*Ricinus communis* L.) انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ در مزرعه‌ی تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی گناباد به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. دو سطح کاربرد و عدم‌کاربرد اسید هیومیک و کاربرد شش سطح مختلف کمپوست قارچ خوراکی مصرف شده (۰، ۲۰، ٤۰، ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ تن در هکتار) مدنظر قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج آزمایش نشان داد که اثر کلیه سطوح کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بر عملکرد دانه در شرایط محلول‌پاشی اسید هیومیک تشدید شد و مقدار عملکرد دانه در شرایط کاربرد همزمان اسید هیومیک و هر یک از سطوح ۲۰، ٤۰، ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی به‌ترتیب ٤۰، ٤٦، ۳۷، ۱۹ و ۱۷ درصد بیشتر از کاربرد جداگانه این کودها بود. بیشترین و کمترین ارتفاع پایین‌ترین و بالاترین خوشه از سطح زمین به‌ترتیب در تیمار کاربرد همزمان اسید هیومیک و ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی و تیمار بدون اسید هیومیک و بدون کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بدست آمد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی با توجه به یافته‌های این پژوهش، به‌نظر می‌رسد استفاده از نهاده‌های اکولوژیک همچون اسید هیومیک و مقادیر بهینه کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی ضمن بهبود رشد و عملکرد کرچک، می‌تواند به‌عنوان راهکاری بوم‌سازگار جهت توسعه کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: راهکار بوم‌سازگار، سلامت بوم‌نظام، کشاورزی پایدار، مخاطره زیستی، نهاده اکولوژیک

Effect of Humic Acid Spraying and Different Levels of Spend Mushroom Compost (SMC) on Morphological Characteristics and Yield of Castor Bean (R*icinus communis* L.)

Mohammad Behzad Amiri[1*], Yaser Esmaeilian[1]

Received: 23 April 2020 Accepted: 25 February 2021
1- Assist. Prof., Dept. of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Gonabad, Iran.
*Corresponding Author: amiri@gonabad.ac.ir, dr.amiri.ug@gmail.com

Abstract

Background and Objective: In recent years, healthy and sustainable production of agricultural products, especially medicinal plants, has received more attention. This research was done in order to evaluate the effect of humic acid spraying and different levels of spend mushroom compost (SMC) on growth and yield of castor bean (*Ricinus communis* L.).

Materials and Methods: In this research a split plots experiment based on RCBD design with three replications was conducted in 2015-2016 growing seasons, in University of Gonabad, Iran. The main plots included Humic acid (application and non-application) and the sub plots contained different levels of spend mushroom compost (0, 20, 40, 60, 80 and 100 $t.ha^{-1}$).

Results: The results showed that effect of humic acid spraying, different levels of SMC and their interaction effects was significant on the most of studied traits. Effect of all different levels of SMC on seed yield in conditions of humic acid spraying was exacerbated, so that seed yield in simultaneous application of humic acid and 20, 40, 60, 80 and 100 $t.ha^{-1}$ levels of SMC, 40, 46, 37, 19 and 17% was more than sole application of this fertilizer, respectively. The highest and lowest height of lowest and highest panicle from ground level, obtained in treatment of simultaneous application of humic acid and 80$t.ha^{-1}$ SMC and treatment of non application of humic acid and non application of SMC, respectively.

Conclusion: According to the results of this research, it seems application of ecological inputs such as humic acid and optimum amounts of SMC while improve growth and yield of castor medicinal plant, as an ecofriendly approach for development of sustainable agriculture and ecosystem health can be considered.

Keywords: Ecofriendly Approach; Ecological Input; Ecosystem Health; Invironmental Impact; Sustainable Agriculture

مقدمه

حفظ محیط‌زیست و دستیابی به توسعه‌ی پایدار یکی از مباحث اصلی و اساسی است که با اجرای طرح‌های جامع اقتصادی و اجتماعی سرلوحه کشورهای مختلف جهان قرارگرفته است. یکی از راهکارهای کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی و افزایش تولید پایدار، استفاده از نهاده‌های اکولوژیک است (کیزیلکایا ۲۰۰۸) که از جمله این نهاده‌های بوم‌سازگار می‌توان به اسید هیومیک و کمپوست قارچ خوراکی مصرف شده اشاره کرد. مواد هیومیکی شامل مخلوطی از ترکیبات آلی مختلف هستند که از منابع مختلفی نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده، زغال‌سنگ و غیره استخراج می‌شوند که در

اندازه‌ی مولکولی و ساختار شیمیایی متفاوت‌اند (رضازاده و همکاران ۲۰۱۲ و پوگلیسی و همکاران ۲۰۰۹). مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی از طریق بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، منجر به افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود (ناتسان و همکاران ۲۰۰۷). از دیگر مزایای اسید هیومیک می‌توان به خاصیت کلات‌کنندگی عناصر غذایی (سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و غیره) (ورلیندن و همکاران ۲۰۰۹)، افزایش ظهور ریشه‌های جانبی، افزایش رشد اندام‌های هوایی و محتوای نیتروژن (ایاز و گولسر ۲۰۰۵)، جلوگیری از فعالیت آنزیم‌هایی نظیر کربوکسی‌پپتیداز فسفاتاز (دسته‌ای از آنزیم‌های پروتئاز در گیاهان است که ممکن است منجر به تولید مواد سمی در گیاه و ایجاد مسمومیت شود)، افزایش فعالیت آنزیم‌های ریشه و بهبود فعالیت پمپ پروتونی آتِپاز (یکی از پروتئین‌های مهم موجود در غشای پلاسمایی گیاهان که نقش مهمی در فیزیولوژی مولکولی پاسخ به تنش ایفا می‌کند) (کنلاس و همکاران ۲۰۰۲)، از بین بردن کلروز برگ‌ها (مکارتی ۲۰۰۱)، بهبود جذب عناصر غذایی و سهولت جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف (پوگلیسی و همکاران ۲۰۰۹)، افزایش فعالیت‌های شبه‌هورمونی (سماوات و همکاران ۲۰۰۶) و افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی (تهیر و همکاران ۲۰۱۱) اشاره کرد. اسید هیومیک با وزن مولکولی سی هزار تا سیصد هزار دالتن سبب تشکیل کمپلکس‌های محلول با عناصر کم‌مصرف می‌گردد (کار ۲۰۰۱). در یک پژوهش، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و عملکرد پروتئین نخود (*Cicer arietinum* L.) در اثر کاربرد ۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و نانو کود آهن وروی به‌ترتیب ۷۸/۶۹، ۶۵/۵۴ و ۸۴/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (ویسی و همکاران ۲۰۱۹). محلول‌پاشی اسید هیومیک با افزایش غلظت اسمولیت‌هایی نظیر قندهای محلول و پرولین و در نتیجه کمک به حفظ فشار اسمزی در سلول‌ها، در تحمل تنش خشکی گیاه لوبیا لیما[1] (لوبیا عروس) (*Phaseolus lunatus* L.) مؤثر بود (بهشتی و تدین ۲۰۱۷). در پژوهشی دیگر، بیشترین عملکرد دانه و پروتئین دانه‌ی نخود در شرایط کاربرد اسید هیومیک بدست آمد (نخ‌زری مقدم و همکاران ۲۰۱۷). محلول‌پاشی ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در باقلا (*Vicia faba* L.)، عملکرد دانه را به میزان قابل‌توجهی نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (رودگرنژاد و همکاران ۲۰۱۸).

در کشاورزی به فرآیند تثبیت و تجزیه مواد آلی کمپسوت شدن گفته می‌شود و کمپوست قارچ خوراکی مصرف شده (SMC)[2] شامل اجزاء مختلف مانند کاه گندم، کود اسبی، کلش، کود مرغی، پوست دانه پنبه، پوست کاکائو و سنگ گچ است که پس از استفاده در کارگاه‌های تولید و پرورش قارچ خوراکی در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مقدار کمپوست پس از استفاده در جریان تولید قارچ به صورت بلااستفاده باقی مانده و عمدتاً دور ریخته می‌شود و فضای بسیار زیادی را در مزارع قارچ به خود اختصاص می‌دهد که این مهم یکی از دغدغه‌های پرورش‌دهندگان قارچ در کشور می‌باشد و ضروری است که راه‌های کاربرد آنها بررسی شود. استفاده از این کود در اصلاح و بهبود ساختمان خاک، کاهش فشردگی خاک، بهبود شرایط زهکشی خاک و افزایش فعالیت میکروبی در خاک مؤثر است (تجادا و همکاران ۲۰۰۹) و همچنین به‌دلیل دارا بودن عناصر غذایی، به‌عنوان یک منبع غذایی مهم برای گیاه محسوب شده و مهم‌ترین خصوصیت آن میزان بالای مواد آلی در این کود است (دبوز و همکاران ۲۰۰۲). کمپوست قارچ خوراکی مصرف شده همچون اکثر کودهای آلی عناصر غذایی خود را به تدریج آزاد می‌نماید و مزایای استفاده از آن حتی در کشت‌های گیاهان بعدی نیز خود را نمایان می‌سازد و با توجه به اینکه این نوع کود پس از هر دوره

1. Lima Bean
2. Spend Mushroom Compost

تولید و پرورش قارچ خوراکی از کارگاه خارج می‌شود می‌تواند هم تولیدکنندگان قارچ خوراکی را از درآمد جانبی بهره‌مند و هم با قیمت کمتری نسبت به سایر کودهای آلی در اختیار کشاورزان قرار گیرد. کمپوست قارچ خوراکی مصرف شده حدود ٦٠ درصد وزن خود آب جذب می‌کند و ٦٥ درصد از ماده خشک آن را مواد آلی تشکیل می‌دهد (لوانون و دونای ۲۰۰۱). در یک پژوهش گزارش شد که مصرف بهینه کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (۳۰ تن در هکتار)، خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک (ای سی، پی‌اچ، میزان پتاسیم، کلسیم و منیزیم) را بهبود بخشید (وهابی ماشک ۲۰۰۸). کاربرد کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در گیاه کاهو (*Lactuca sativa* L.) باعث افزایش ماده آلی، نیتروژن کل و فرآهمی فسفر، پتاسیم، کلسیم و سدیم نسبت به تیمار شاهد شد (گلی کلانپا و همکاران ۲۰۱۵). پس از بررسی اثر سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در گیاه زعفران (*Crocus sativus* L.) گزارش شد که بیشترین عملکرد کلاله در تیمار ٦٠ تن در هکتار کمپوست قارچ مشاهده شد، ضمن اینکه هر یک از سطوح ۲۰، ۸۰ و ۱۰۰ در هکتار کمپوست قارچ نیز عملکرد کلاله را به‌ترتیب ۳۰، ۳۵ و ۳۵ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (رضوانی‌مقدم و همکاران ٢٠١٤). بررسی مقادیر مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (۰، ۲۰، ۳۰، ٤٠ و ٥٠ درصد حجمی شسته شده و شسته نشده) (بدلیل املاح معدنی بالای کمپوست قارچ خوراکی مصرف شده در این پژوهش، کمپوست قارچ به دو صورت شسته شده و شسته نشده مقایسه شده است) بر شاخص‌های رشدی و گلدهی شب بو (*Matthiola incana* L.) نشان داد که کلیه سطوح مورد مطالعه منجر به تسریع گلدهی شدند و بیشترین تعداد برگ و ارتفاع بوته در بستر کاشت ۳۰ درصد حجمی شسته شده و بیشترین میزان کلروفیل برگ در بستر کاشت ٥٠ درصد حجمی شسته شده بدست آمد (شاهسون مارکده و چمنی ٢٠١٤). سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ عملکرد دانه گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) را در مقایسه با شاهد افزایش داد (رحمانیان و همکاران ۲۰۱۷ الف). بررسی اثر سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (صفر، ۱۰، ۲۰، ٤٠، ۸۰ و ١٦٠ تن در هکتار) در گندم (*Triticum aestivum* L.) نشان داد که با افزایش سطوح کمپوست قارچ وزن خشک، ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه افزایش یافت (سیدی و رضوانی‌مقدم ۲۰۱۱). بیشترین مقدار وزن تر بوته، تعداد و سطح برگ، وزن خشک برگ، تعداد ساقه‌های اصلی و کلروفیل در گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط استفاده از نسبت‌های حجمی ۳۰ و ٤٠ درصد کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بدست آمد (رحمانیان و همکاران ۲۰۱۷ ب). کاربرد ۱۰۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در گیاه سیر (*Allium sativum* L.) افزایش ٤٨ درصدی عملکرد اقتصادی را نسبت به شاهد سبب شد و بیشترین ماده خشک تولیدی و شاخص برداشت نیز در این تیمار بدست آمد (رضوانی‌مقدم و همکاران ۲۰۱۷).

کرچک (*Ricinus communis* L.)، گیاهی علفی، چندساله و متعلق به خانواده فرفیون[1] است و در بیشتر کشورهای توسعه‌یافته به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی و دانه روغنی در صنایع داروسازی و آرایشی بهداشتی کاربرد گسترده دارد (اگنیبی ٢٠٠٦). این گیاه بومی مناطق گرمسیری بوده و در بعضی مناطق ارتفاع این گیاه به ٤ متر یا بیشتر می‌رسد (رس ۲۰۰۱) و در بسیاری از کشورها به‌عنوان گیاه زینتی کشت می‌شود (دوآن ٢٠٠٤). روغن این گیاه در صنایع پتروشیمی و صنایع هوایی، کارخانه‌های لاستیک‌سازی، رنگ‌سازی و پوشش سطوح استفاده می‌شود (ویس ۲۰۰۰) و همچنین به‌عنوان قطره چشمی برای برطرف نمودن تحریکات مواد خارجی در چشم و به‌عنوان عامل ضدقارچ در بعضی داروها استفاده می‌شود (امیدبیگی ۱۹۹۷). از

1. Euphorbiaceae

سوی دیگر از این گیاه به‌عنوان یک منبع جدید برای سوخت‌های بیودیزل در بیشتر کشورهای توسعه‌یافته استفاده می‌شود (ویس ۲۰۰۰).

با توجه به اهمیت کرچک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی و دانه روغنی کشور و نیز عدم‌وجود اطلاعات مستند و جامع در خصوص واکنش‌های رشدی و عملکرد این گیاه به کاربرد همزمان اسید هیومیک و کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی، این پژوهش با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک و سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در رشد و عملکرد گیاه دارویی کرچک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ در مزرعه‌ی تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی گناباد انجام گرفت. این منطقه واقع در استان خراسان رضوی بوده و دارای عرض جغرافیایی ۳٤ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ٤۵ دقیقه شرقی، ارتفاع ۱۰٦۰ متر از سطح دریا انجام شد. اطلاعات هواشناسی منطقه مورد پژوهش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی منطقه مورد پژوهش

	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
بارندگی (میلی‌متر)	۱٤/۳	۱۰/۵	۰	۰	۰/۱	۰
متوسط دما ماهیانه (سانتی‌گراد)	۱۹	۲۷/۳	۲۹/٤	۳۱/۲	۲۷/۳	۲۷/٦
حداکثر دمای ماهیانه (سانتی‌گراد)	۳٦/۳	۳۸/۸	٤۰/۲	٤۱/۵	۳٦/۷	۳۸/۵
حداقل دمای ماهیانه (سانتی‌گراد)	۱/۷	۱٤/۱	۱۷	۲۰/۷	۱۵/۹	۱۵/۹
میزان تبخیر و تعرق (میلی‌متر)	۷۲/۵۲	۱۷۰/٤۰	۱۸۹/۷۲	۲۰٦/۱۸	۱٦٤/۷۲	۱٤۸/۸۳

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. دو سطح کاربرد و عدم‌کاربرد اسید هیومیک و کاربرد شش سطح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (۰، ۲۰، ٤۰، ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ تن در هکتار) به‌عنوان فاکتورهای آزمایشی مدنظر قرار گرفتند. برای تعیین بهترین مقدار کمپوست قارچ خوراکی مصرف شده در این پژوهش سعی شد تأثیر مقادیر کم تا زیاد این کود در رشد و عملکرد گیاه دارویی کرچک مورد بررسی قرار گیرد.

قبل از شروع آزمایشات مزرعه‌ای، به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام شد و اندازه‌گیری‌های مربوط به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در آزمایشگاه آب و خاک جهاد کشاورزی شهرستان گناباد و توسط کارشناسان آن بخش و بر اساس روش‌های استاندارد (بابائیان و اسیلان ۲۰۱۰) انجام شد (جدول ۲).

جدول ۲-خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل دسترس ($g.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل دسترس ($g.kg^{-1}$)	آهن قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	روی قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی (٪)	pH
لوم سیلتی	۰/۰۷٦	۱۱/۹	٤۷۲	۱/۳	۰/۹	۲/۳	۰/۵۸	۷/۲٦

برای آماده‌سازی زمین با تأکید بر عملیات زراعی اکولوژیک، خاکورزی حداقل انجام شد، به این ترتیب که پس از انجام دیسک سبک، کرت‌های اصلی با ابعاد ۳×۱۸ متر و کرت‌های فرعی با ابعاد ۳×۳ متر ایجاد شد. پس از آماده‌سازی زمین، سطوح مختلف کمپوست قارچ مصرف شده برای هر یک از کرت‌های مربوطه محاسبه و به‌طور یکنواخت در سطح کرت‌های مورد نظر پخش و تا عمق ۳۰ سانتی‌متری کاملاً با خاک مخلوط شد. خصوصیات مربوط به کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی مورد استفاده در آزمایشگاه اندازه‌گیری و در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. خصوصیات شیمیایی کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی مورد استفاده در آزمایش

نیتروژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	کلسیم (%)	منیزیم (%)	آهن ($g.kg^{-1}$)	مس ($g.kg^{-1}$)	روی ($g.kg^{-1}$)	منگنز ($g.kg^{-1}$)	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی (%)	pH
۱/۳۱	۰/۷۲	۱/۲۶	۸/۲۰	۷/۰۹	۲۱۱۵۳	۱۰۸	۸۱۳	۱۹۱	۵/۳۸	۱۹/۲۴	۷/۱۵

به‌دلیل کودی بودن ماهیت تیمارها و جلوگیری از اختلاط تیمارها با هم، برای هر بلوک آزمایشی یک لوله‌ی آبیاری جداگانه در نظر گرفته شد. بذرهای کرچک از مزرعه دانشگاه فردوسی مشهد تهیه و ۲۰ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۵ در ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و با فاصله‌ی روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر ۷ روز یک‌بار تا آخر فصل رشد به روش نشتی انجام شد (در هر نوبت آبیاری ۳۰۰ مترمکعب در هکتار). اعمال سطوح مختلف اسید هیومیک در دو نوبت به‌صورت محلول‌پاشی روی برگ‌ها در مراحل ٦ تا ٧ برگی و قبل از گلدهی در کرت‌های مربوطه انجام گرفت. خصوصیات اسید هیومیک مورد استفاده در آزمایشگاه اندازه‌گیری و در جدول ٤ آورده شده است.

جدول ۴. خصوصیات اسید هیومیک مورد استفاده در آزمایش

نام تجاری	اسید هیومیک (%)	اکسید پتاسیم (%)	آهن (%)	نیتروژن آلی (%)	اسیدیته
پوهوموس ۸۵ درصد	۸۵	۱۲	۱	۰/۸	۹-۱۰

برای کنترل علف‌های هرز سه نوبت وجین دستی به‌ترتیب ۳۰، ٤٥ و ٦٠ روز پس از کاشت انجام شد. در زمان آماده‌سازی زمین و در طول دوره‌ی رشد هیچ‌گونه علف‌کش، آفت‌کش و قارچ‌کش شیمیایی استفاده نشد.

در انتهای فصل رشد، پس از زرد شدن برگ‌ها و رسیدن بذرها، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، الباقی سطح کرت‌های آزمایشی برداشت و عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص برداشت آن‌ها تعیین شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک ضربدر صد بدست آمد. قبل از برداشت، تعداد ۵ بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، ارتفاع پایین‌ترین خوشه از سطح زمین، ارتفاع بالاترین خوشه از سطح زمین، تعداد شاخه جانبی، تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. ارتفاع بوته با استفاده از خط‌کش و وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم اندازه‌گیری شدند. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات مورفولوژیک و عملکرد گیاه دارویی کرچک بود.

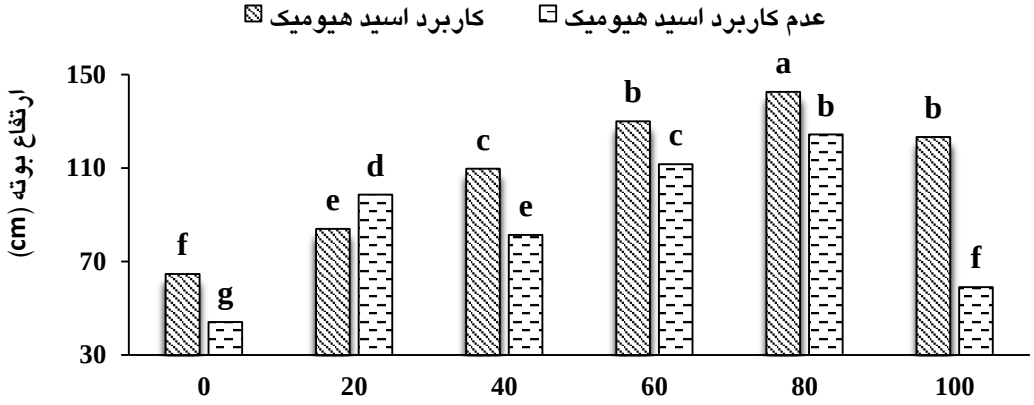
تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها (ANOVA) با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver. 9.4 و ترسیم نمودارها با کمک نرم‌افزار MS. Excel Ver. 14 و برای مقایسه‌ی

میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و ارتفاع پایین‌ترین و بالاترین خوشه تا سطح زمین

اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک، کاربرد سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی و اثرات متقابل آنها بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۵). ارتفاع بوته تحت‌تأثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک ۲۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (جدول ٦). تمامی سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی منجر به افزایش ارتفاع بوته در مقایسه با تیمار شاهد شدند، ولی بیشترین مقدار ارتفاع بوته (۱۳۳/۵۰ سانتی‌متر) در شرایط کاربرد ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بدست آمد (جدول ٦). ارتفاع بوته در هر یک از سطوح ۲۰، ٤۰، ٦۰ و ۱۰۰ تن در هکتار نیز به‌ترتیب ٤۱، ٤۳، ۵۵ و ٤۰ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ٦). همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در هر دو شرایط کاربرد و عدم‌کاربرد اسید هیومیک، کلیه مقادیر مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته را نسبت به تیمار شاهد سبب شدند، ولی بیشترین ارتفاع بوته (۱٤۲/٦٦ سانتی‌متر) در تیمار محلول‌پاشی اسید هیومیک و کاربرد ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی حاصل شد.



شکل ۱-ترکیبات تیماری محلول‌پاشی اسید هیومیک و سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی برای ارتفاع بوته گیاه دارویی کرچک

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی خصوصیات کمی گیاه دارویی کرچک تحت‌تأثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک و کاربرد سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی

	درجه آزادی	ارتفاع بوته	ارتفاع پایین‌ترین خوشه تا سطح زمین	ارتفاع بالاترین خوشه تا سطح زمین	تعداد شاخه جانبی	تعداد خوشه در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن دانه در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
بلوک	۲	۵۲/۷۷ns	۲۰۱**	۳۴۲**	۰/۰۸ns	۰/۰۹ns	۲۳۷۰**	۲۵۲**	۳۵۵**	۲۳۶۷۶ns	۴۷۲۰۴۳ns	۲/۷۷ns
اسید هیومیک	۱	۴۵۷۸**	۲۰۱۹**	۵۹۸۰**	۰/۶۵*	۱/۶۸**	۹۶۵۲**	۱۷۶۴**	۵۲۷۹**	۱۴۳۴۰۰۶**	۱۸۰۸۹۴۲۶**	۱۴/۴۲*
کمپوست قارچ	۵	۴۵۴۲**	۳۳۹۵**	۴۰۵۱**	۱/۹۶**	۲/۴۵**	۱۱۰۹۷**	۱۸۴۳**	۳۰۰۵**	۱۰۹۶۳۱۰**	۱۶۹۶۰۹۹۸**	۹/۴۹*
اسید هیومیک×کمپوست قارچ	۵	۹۶۱**	۱۰۶**	۴۷۹**	۰/۵۲**	۰/۱۶*	۶۵۸۴**	۱۸۷**	۴۳۹**	۱۳۰۸۷۰**	۱۹۸۹۱۲۸**	۷/۷۲ns
خطای آزمایشی	۲۲	۳۸/۱۷	۱۰/۲۳	۳۰/۳۴	۰/۰۸	۰/۰۵	۲۶۹/۸۹	۱۹/۷۵	۳۱/۳۹	۸۴۵۵	۲۰۱۶۵۱	۳/۳۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۶/۳۱	۷/۱۰	۶/۸۰	۱۱/۷۳	۹/۳۴	۷/۰۷	۹/۰۵	۲/۰۰	۷/۳۰	۷/۷۳	۸/۵۰

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم‌تفاوت معنی‌دار می باشد.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات ساده‌ی کاربرد سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بر برخی خصوصیات کمی گیاه دارویی کرچک

	ارتفاع بوته (cm)	ارتفاع پایین‌ترین خوشه تا سطح زمین (cm)	ارتفاع بالاترین خوشه تا سطح زمین (cm)	تعداد شاخه جانبی	تعداد خوشه در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن دانه در بوته (g)	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (%)
اسید هیومیک											
کاربرد	۱۰۹/۰۵a	۵۲/۵۲a	۹۳/۸۳a	۲/۶۷a	۲/۶۷a	۲۴۸/۶۸a	۵۶/۱۱a	۲۹۱/۸۶a	۱۴۵۷/۷۲a	۶۵۱۳a	۲۲/۰۴a
عدم‌کاربرد	۸۶/۵۰b	۳۷/۵۴b	۶۸/۰۵b	۲/۴۰b	۲/۲۳b	۲۱۵/۹۳b	۴۲/۱۱b	۲۶۷/۶۴b	۱۰۵۸/۵۶b	۵۰۹۵b	۲۰/۷۷b
کمپوست قارچ ($t.ha^{-1}$)											
۰	۵۴/۳۳d	۱۶/۸۳f	۴۱/۵۰e	۱/۷۸b	۱/۷۷d	۲۰۲/۴۶d	۲۳/۱۶e	۲۶۲/۱۴d	۷۷۹/۶۷e	۳۸۶۰d	۲۰/۲۷b
۲۰	۹۱/۳۳c	۲۵/۸۳e	۷۰/۵۰d	۲/۷۳a	۱/۹۶d	۱۹۸/۰۵d	۴۱/۶۶d	۲۵۵/۶۰d	۸۶۰/۰۰e	۴۰۴۷d	۲۱/۱۸ab
۴۰	۹۵/۵۰c	۳۲/۵۳d	۸۲/۳۳c	۲/۹۲a	۲/۵۹c	۱۹۰/۳۵d	۴۶/۳۳cd	۲۸۷/۸۰b	۱۱۷۹/۰۰d	۵۹۱۱c	۱۹/۷۹b
۶۰	۱۲۰/۸۳b	۶۴/۴۰b	۱۰۶/۵۰b	۳/۰۷a	۲/۹۷b	۲۶۷/۰۲b	۵۸/۸۳b	۲۸۱/۸۰b	۱۴۵۴/۳۳b	۶۵۵۰b	۲۲/۲۱ab
۸۰	۱۳۳/۵۰a	۷۷/۸۰a	۱۱۲/۳۳a	۲/۸۷a	۳/۳۸a	۲۹۶/۹۰a	۷۵/۶۶a	۳۱۸/۴۰a	۱۹۴۸/۵۰a	۸۳۷۸a	۲۳/۱۸a
۱۰۰	۹۱/۱۶c	۵۲/۸۰c	۷۲/۵۰d	۱/۸۴b	۲/۰۳d	۲۳۹/۰۳c	۴۹/۰۰cd	۲۷۲/۸۰c	۱۳۲۷/۳۳c	۶۰۷۹bc	۲۱/۷۹ab

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند

جدول ۷- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری محلول‌پاشی اسید هیومیک و کاربرد سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بر برخی خصوصیات کمی گیاه دارویی کرچک

		ارتفاع پایین‌ترین خوشه تا سطح زمین (cm)	ارتفاع بالاترین خوشه تا سطح زمین (cm)	تعداد شاخه جانبی	تعداد خوشه در بوته	وزن هزار دانه (g)	شاخص برداشت (%)
کاربرد اسید هیومیک							
کمپوست قارچ ($t.ha^{-1}$)	۰	۲۱/۱۳e	۵۵/۶۶e	۱/۷۷e	۱/۹۹de	۲۶۶/۸۰e	۱۹/۶۳bc
	۲۰	۳۳/۲۰d	۷۲/۰۰d	۲/۳۸cd	۲/۱۷cd	۲۶۶/۴۰e	۲۱/۳۷ab
	۴۰	۴۷/۲۰c	۱۰۴/۳۳bc	۳/۲۹a	۲/۷۸b	۲۹۴/۰۰cd	۲۲/۴۴ab
	۶۰	۷۲/۴۰b	۱۱۲/۶۶ab	۳/۰۵a	۳/۲۳a	۳۱۰/۴۰b	۲۲/۱۶ab
	۸۰	۸۶/۰۰a	۱۲۱/۶۶a	۳/۰۵ab	۳/۳۳a	۳۳۰/۰۰a	۲۳/۹۷a
	۱۰۰	۵۵/۲۰c	۹۶/۶۶c	۱/۹۷de	۲/۵۰bc	۲۸۳/۶۰d	۲۲/۶۶ab
عدم‌کاربرد اسید هیومیک							
کمپوست قارچ ($t.ha^{-1}$)	۰	۱۲/۵۳e	۲۷/۳۳f	۱/۸۰e	۱/۵۵f	۲۵۷/۴۸ef	۲۰/۹۱ab
	۲۰	۱۸/۴۶e	۶۹/۰۰d	۳/۰۸ab	۱/۷۴ef	۲۴۴/۸۰f	۲۰/۹۹ab
	۴۰	۱۷/۸۶e	۶۰/۳۳de	۲/۵۵bc	۲/۴۱bcd	۲۸۱/۶۰d	۱۷/۱۴c
	۶۰	۵۶/۴۰c	۱۰۰/۳۳bc	۲/۵۸bc	۲/۷۱b	۲۵۳/۲۰ef	۲۲/۲۶ab
	۸۰	۶۹/۶۰b	۱۰۳/۰۰bc	۲/۶۸bc	۳/۴۴a	۳۰۶/۸۰bc	۲۲/۴۰ab
	۱۰۰	۵۰/۴۰c	۴۸/۳۳e	۱/۷۰e	۱/۵۶f	۲۶۲/۰۰e	۲۰/۹۲ab

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند

در شرایط کاربرد اسید هیومیک، با افزایش مقدار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی تا سطح ۸۰ تن در هکتار ارتفاع بوته افزایش یافت، ولی افزایش بی‌شتر کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی منجر به کاهش ارتفاع بوته شد (شکل ۱). در شرایط عدم‌کاربرد اسید هیومیک، استفاده از سطوح ۶۰ و ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی نسبت به سایر تیمارها در بهبود ارتفاع بوته مؤثرتر بود (شکل ۱).

ارتفاع پایین‌ترین و بالاتری‌ن خوشه از سطح زمین به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک، کاربرد سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی و اثرات متقابل آنها قرار گرفت (جدول ۵). کاربرد اسید هیومیک ارتفاع پایین‌ترین و بالاترین خوشه از سطح زمین را به‌ترتیب ۲۹ و ۲۷ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۶). بیشترین و کمترین ارتفاع پایین‌ترین و بالاترین خوشه از سطح زمین به‌ترتیب در تیمارهای ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (پایین‌ترین و بالاترین خوشه از سطح زمین به‌ترتیب ۷۷/۸۰ و ۱۱۲/۳۳ سانتی‌متر) و شاهد (پایین‌ترین و بالاترین خوشه از سطح زمین به‌ترتیب ۱۶/۸۳ و ۴۱/۵۰ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۶). کاربرد ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی نیز به‌ترتیب منجر به افزایش ۳۵، ۴۸، ۷۴ و ۶۸ درصدی ارتفاع پایین‌ترین خوشه از سطح زمین و ۴۱، ۵۰، ۶۱ و ۴۳ درصدی ارتفاع بالاترین خوشه از سطح زمی‌ن در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۶).

در هر دو شرایط کاربرد و عدم‌کاربرد اسید هیومیک، کلیه سطوح کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی منجر به افزایش ارتفاع پایین‌ترین و بالاترین خوشه از سطح زمین نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ۷). بیشترین و

کمترین ارتفاع پایین‌ترین و بالاترین خوشه از سطح زمین به‌ترتیب در تیمارهای کاربرد همزمان اسید هیومیک و ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (پایین‌ترین و بالاترین خوشه از سطح زمین به‌ترتیب ۸٦ و ۱۲۱/٦٦ سانتی‌متر) و تیمار بدون اسید هیومیک و بدون کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (پای‌ین‌ترین و بالاترین خوشه از سطح زمین به‌ترتیب ۱۲/۵۳ و ۲۷/۳۳ سانتی‌متر) بدست آمد (جدول ۷). ارتفاع پایین‌ترین خوشه از سطح زمین تحت‌تأثیر مقادیر ۲۰، ٤۰، ٦۰ و ۱۰۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی به‌ترتیب ۳٦، ۵۲، ۷۱ و ٦۲ درصد در شرایط کاربرد اسید هیومیک و به‌ترتیب ۳۲، ۳۰، ۷۹ و ۷۵ درصد در شرایط عدم‌کاربرد اسید هیومیک در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول ۷). در شرایط محلول‌پاشی اسید هیومیک، کاربرد ۲۰، ٤۰، ٦۰ و ۱۰۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی ارتفاع پایین‌ترین خوشه از سطح زمین را به‌ترتیب ۳٦، ۵۵، ۷۱ و ٦۲ درصد و ارتفاع بالاترین خوشه از سطح زمین را به‌ترتیب ۲۳، ٤۷، ۵۱ و ٤۲ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند و کاربرد جداگانه مقادیر ۲۰، ٤۰، ٦۰ و ۱۰۰ تن در هکتار نیز به‌ترتیب منجر به افزایش ۳۳، ۳۰، ۷۸ و ۷۵ درصدی ارتفاع پایین‌ترین خوشه از سطح زمین و ٦۰، ۵۵، ۷۳ و ٤۳ درصدی ارتفاع بالاترین خوشه از سطح زمین نسبت به شاهد شد (جدول ۷).

به‌نظر می‌رسد اسید هیومیک احتمالاً از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت نگهداری آب در خاک (ناتسان و همکاران ۲۰۰۷) و همچنین فعال کردن چرخه تنفس، فتوسنتز و تولید آمینواسید و آدنوزین‌تری فسفات (کنلاس و همکاران ۲۰۰۲) منجر به بهبود خصوصیات کمی گیاه از جمله ارتفاع بوته و ارتفاع پایین‌ترین و بالاترین خوشه از سطح زمین شد. بررسی سطوح مختلف اسید هیومیک (صفر، ۲۰۰، ٤۰۰ و ٦۰۰ می‌لی‌گرم در لیتر) در گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) نشان داد که ارتفاع بوته تحت‌تأثیر سطوح ٤۰۰ و ٦۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت (مشایخی و همکاران ۲۰۱۹). کاربرد ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) منجر به تولید بیشترین ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد چترک در چتر و عملکرد دانه شد (کیانی و همکاران ۲۰۱۸). بیشترین ارتفاع بوته ذرت (*Zea mays* L.) در شرایط تنش خشکی زمانی حاصل شد که از ٦ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک استفاده گردید (جهان و امیری ۲۰۱۸). محلول‌پاشی اسید هیومیک در گیاه دارویی و دانه روغنی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، عملکرد دانه و عملکرد روغن شد (کریمی و تدین ۲۰۱۸). به‌نظر می‌رسد کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی احتمالاً از طریق افزایش محتوای ماده آلی خاک، افزایش دسترسی عناصر غذایی و جذب آب و با بهبود خصوصیات فیزیکی خاک (تجادا و همکاران ۲۰۰۹) منجر به بهبود خصوصیات کمی گیاه شده است. در یک پژوهش، بیشترین ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم در شرایط کاربرد ۵۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بدست آمد (یعقوبیان و همکاران ۲۰۱٦). کاربرد ۱۰ درصد کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ و وزن تر و خشک سویا (*Glycine max* L.) را افزایش داد (جاناتان و همکاران ۲۰۱۱). بررسی اثر سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (صفر، ۱۰، ۲۰، ٤۰، ۸۰ و ۱٦۰ تن در هکتار) در گندم نشان داد که با افزایش سطوح کمپوست قارچ وزن خشک، ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه افزایش یافت (سیدی و رضوانی‌مقدم ۲۰۱۱). بررسی مقادیر مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (۰، ۲۰، ۳۰، ٤۰ و ۵۰ درصد حجمی شسته شده و شسته نشده) بر شاخص‌های رشدی و گلدهی شب بو (*Matthiola incana* L.) نشان داد که کلیه سطوح مورد مطالعه منجر به تسریع گلدهی شدند و بیشترین تعداد

برگ و ارتفاع بوته در بستر کاشت ۳۰ درصد حجمی شسته شده و بیشترین میزان کلروفیل برگ در بستر کاشت ۵۰ درصد حجمی شسته شده بدست آمد (شاهسون مارکده و چمنی ۲۰۱٤).

تعداد شاخه جانبی و تعداد خوشه در بوته

محلول‌پاشی اسید هیومیک و کاربرد سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی و اثرات متقابل آنها به‌طور معنی‌داری بر تعداد شاخه جانبی و تعداد خوشه در بوته تأثیر داشت (جدول ٥). تعداد شاخه جانبی و تعداد خوشه در بوته در شرایط محلول‌پاشی اسید هیومیک به‌ترتیب ۱۰ و ۱٦ درصد بیشتر از شاهد بود (جدول ٤). کاربرد ۲۰، ٤۰، ٦۰ و ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی به‌ترتیب افزایش ۳۵، ۳۹، ٤۲ و ۳۸ درصدی تعداد شاخه جانبی را نسبت به تیمار شاهد سبب شد، ولی از این نظر اختلاف بین تیمار ۱۰۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی و شاهد معنی‌دار نبود (جدول ٤). بیشترین تعداد خوشه در بوته (۳/۳۸ خوشه در بوته) در تیمار کاربرد ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بدست آمد و کاربرد ٤۰ و ٦۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوارکی نیز به‌ترتیب منجر به افزایش ۳۲ و ٤۰ درصدی تعداد خوشه در بوته در مقایسه با تیمار شاهد شدند (جدول ٤).

همانطور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، در هر دو شرایط کاربرد و عدم‌کاربرد اسید هیومیک، مقادیر ۲۰، ٤۰، ٦۰ و ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی منجر به افزایش تعداد شاخه جانبی نسبت به شاهد شد و کاربرد مقادیر بیشتر از ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی دارای اثر منفی بر تعداد شاخه جانبی بود، به‌طوری که کمترین تعداد شاخه جانبی (۱/۷۰ شاخه جانبی) در تیمار بدون اسید هیومیک و کاربرد ۱۰۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بدست آمد. بیشترین تأثیر اسید هیومیک در افزایش تعداد خوشه در بوته زمانی محقق شد که همزمان از مقادیر ٦۰ و ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی استفاده شد و در شرایط عدم‌کاربرد اسید هیومیک بیشترین تعداد خوشه در بوته (۳/٤٤ خوشه در بوته) مربوط به تیمار ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بود (جدول ۷). کاربرد جداگانه ۱۰۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی اثر معنی‌داری بر تعداد خوشه در بوته نداشت، ولی زمانی که در کرت‌های مربوط به این تیمار محلول‌پاشی اسید هیومیک انجام گرفت، تعداد خوشه در بوته ٦ درصد نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد (جدول ۷).

به‌نظر می‌رسد که اسید هیومیک احتمالاً از طریق جلوگیری از فعالیت آنزیم‌هایی نظیر کربوکسی‌پپتیداز فسفاتاز، افزایش فعالیت آنزیم‌های ریشه و بهبود فعالیت آنزیم آتِپاز (کنلاس و همکاران ۲۰۰۲)، از بین بردن کلروز برگ‌ها (مکاراتی ۲۰۰۱)، بهبود جذب عناصر غذایی و سهولت جذب عناصر ماکرو و میکرو (پوگلیسی و همکاران ۲۰۰۹) و افزایش فعالیت‌های شبه‌هورمونی (سماوات و همکاران ۲۰۰٦) منجر به بهبود خصوصیات کمی گیاه از جمله تعداد شاخه جانبی و تعداد خوشه در بوته شد. در یک پژوهش، بیشترین تعداد شاخه جانبی در گیاه دارویی رازیانه در شرایط محلول‌پاشی ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بدست آمد (کیانی و همکاران ۲۰۱۸). کاربرد ٤ و ٦ لیتر در هکتار اسید هیومیک، تعداد چتر در بوته و عملکرد دانه گیاه دارویی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) را به طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (نصیری دهسرخی و همکاران ۲۰۱۸).

به‌نظر می‌رسد کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی احتمالاً با بهبود تهویه و افزایش ظرفیت نگهداری آب و افزایش فعالیت می‌کروارگانیسم‌های خاک و افزایش عناصر غذایی (آریشا و همکاران ۲۰۰۳)، توانسته به بهبود خصوصیات کمی گیاه کمک کند. کاربرد کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در گیاه کاهو باعث افزایش

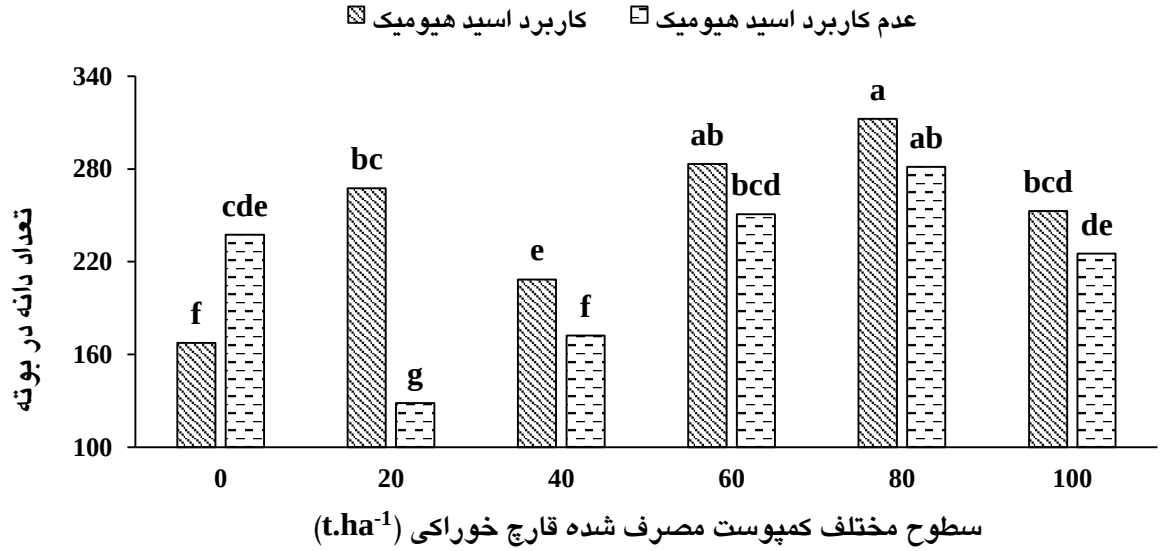
ماده آلی، نیتروژن کل و زیست فرآهمی فسفر، پتاسیم، کلسیم و سدیم نسبت به تیمار شاهد شد (گلی کلانپا و همکاران ۲۰۱۵). اثر کاربرد کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی تعداد شاخه جانبی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) را در مقایسه با شاهد افزایش داد (الفتی و همکاران ۲۰۱۲). بیشترین مقدار وزن تر بوته، تعداد و سطح برگ، وزن خشک برگ، تعداد ساقه‌های اصلی و کلروفیل در گیاه دارویی ریحان در شرایط استفاده از نسبت‌های حجمی ۳۰ و ٤٠ درصد کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بدست آمد (رحمانیان و همکاران ۲۰۱۷ ب). بررسی مقادیر مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (۰، ۲۰، ۳۰، ٤٠ و ٥٠ درصد حجمی شسته شده و شسته نشده) بر شاخص‌های رشدی و گلدهی شب بو نشان داد که کلیه سطوح مورد مطالعه منجر به تسریع گلدهی شدند و بیشترین تعداد برگ و ارتفاع بوته در بستر کاشت ۳۰ درصد حجمی شسته شده بدست آمد (شاهسون مارکده و چمنی ۲۰۱٤).

تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه

تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک، کاربرد سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی و اثرات متقابل آنها قرار گرفت (جدول ٥). کاربرد اسید هیومیک به‌ترتیب موجب افزایش ۱۳، ۲٥ و ۸ درصدی تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ٦). افزایش سطوح کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی تا سطح ٦٠ تن در هکتار، تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در بوته نداشت، ولی کاربرد ٦٠، ۸٠ و ۱٠٠ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی به‌ترتیب افزایش ۲٤، ۳۲ و ۱٥ درصدی تعداد دانه در بوته را در مقایسه با تیمار شاهد در پی داشت (جدول ٦). بیشترین (۷٥/٦٦ گرم) و کمترین (۲۳/۱٦ گرم) وزن دانه در بوته به‌ترتیب در تیمارهای کاربرد ۸٠ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی و شاهد مشاهده شد (جدول ٦). همچنین، وزن دانه در بوته در شرایط کاربرد ۲٠، ٤٠، ٦٠ و ۱٠٠ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی به‌ترتیب ٤٤، ٥٠، ٦۱ و ٥۳ درصد بیشتر از شاهد بود (جدول ٦). کاربرد تنها ۲٠ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی اثر چندانی در بهبود وزن هزار دانه نداشت، ولی کاربرد مقادیر بیشتر این کود، منجر به افزایش وزن هزار دانه شد، به این ترتیب که هر یک از سطوح ٤٠، ٦٠، ۸٠ و ۱٠٠ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی به‌ترتیب افزایش ۹، ۷، ۱۸ و ٤ درصدی وزن هزار دانه را نسبت به شاهد سبب شدند (جدول ٦). همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، در کلیه سطوح کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی، اسید هیومیک منجر به تشدید اثر کود بر تعداد دانه در بوته شد و محلول‌پاشی این اسید در کرت‌های عاری از کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی دارای اثر منفی بر صفت مذکور بود. بیشترین تعداد دانه در بوته (۳۱۲/۳۹ دانه در بوته) در شرایط محلول‌پاشی اسید هیومیک و کاربرد ۸٠ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بدست آمد و در هر دو شرایط کاربرد و عدم‌کاربرد اسید هیومیک، با افزایش مقادیر بیشتر از ۸٠ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی تعداد دانه در بوته کاهش یافت (شکل ۲).

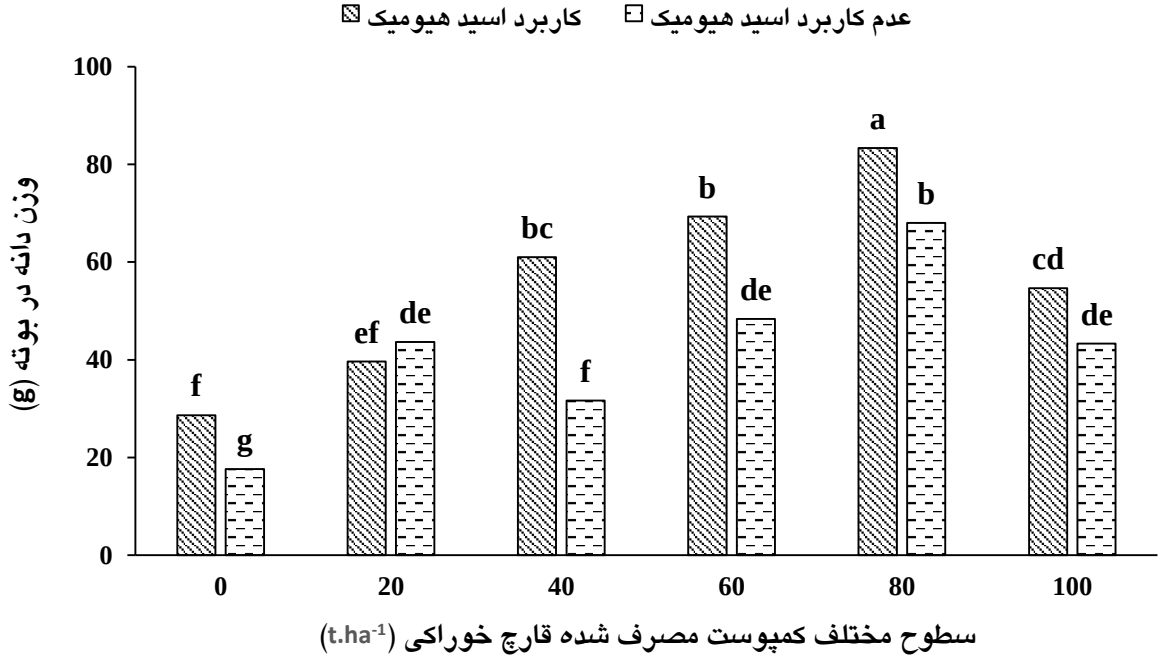
کاربرد همزمان اسید هیومیک و هر یک از سطوح ۲٠، ٤٠، ٦٠، ۸٠ و ۱٠٠ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی به‌ترتیب افزایش ۲۸، ٥۳، ٥۹، ٦٦ و ٤۸ درصدی وزن دانه در بوته را نسبت به شاهد سبب شد، ضمن اینکه کاربرد جداگانه مقادیر ۲٠، ٤٠، ٦٠، ۸٠ و ۱٠٠ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی نیز به‌ترتیب افزایش ٦٠، ٤٤، ٦۳، ۷٤ و ٥۹ درصدی وزن دانه در بوته را در مقایسه با تیمار شاهد در پی داشت (شکل ۳). اگر چه در شرایط عدم‌کاربرد اسید هیومیک، کلیه مقادیر کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در افزایش وزن دانه در بوته مؤثر بودند، ولی از این نظر بین سطوح

۲۰، ۶۰ و ۱۰۰ تن در هکتار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، تیمار ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بیشترین مقدار وزن دانه در بوته (۶۸ گرم) را به خود اختصاص داد (شکل ۳).



شکل ۲-ترکیبات تیماری محلول‌پاشی اسید هیومیک و سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی برای تعداد دانه در بوته گیاه دارویی کرچک

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند



شکل۳-ترکیبات تیماری محلول‌پاشی اسید هیومیک و سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی برای وزن دانه در بوته گیاه دارویی کرچک

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

در هر دو شرایط کاربرد (۳۳۰ گرم) و عدم‌کاربرد (۳۰۶/۸۰ گرم) اسید هیومیک بیشترین وزن هزار دانه زمانی بدست آمد که از ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی استفاده شد (جدول ۷). کاربرد جداگانه ٦۰ و ۱۰۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشت، ولی کاربرد همزمان آنها با اسید هیومیک به‌ترتیب منجر به افزایش ١٤ و ٦ درصدی وزن هزار دانه در مقایسه با شاهد شد (جدول ۷). استفاده ٤۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی وزن هزار دانه را ۹ درصد در شرایط کاربرد اسید هیومیک و ۹ درصد در شرایط عدم‌کاربرد اسید هیومیک نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۷).

به‌نظر می‌رسد که اسید هیومیک احتمالاً از طریق آماده‌سازی مواد معدنی (ورلیندن و همکاران ۲۰۰۹)، گسترش جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، جذب و انتقال عناصر غذایی (پوگلیسی و همکاران ۲۰۰۹) و افزایش میزان مواد تنظیم‌کننده رشد (کنلاس و همکاران ۲۰۰۲) موجبات بهبود خصوصیات کمی گیاه از جمله تعداد و وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه را فراهم کرده است. در یک پژوهش، تعداد خوشه در بوته و وزن صد دانه کرچک در شرایط کاربرد اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود (دادنیا ۲۰۱۷). بیشترین وزن دانه در بوته ذرت در شرایط کاربرد ٦ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک بدست آمد (جهان و امیری ۲۰۱۸). در پژوهشی دیگر، کاربرد اسید هیومیک تعداد و وزن دانه در بوته گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch & Mey.) را به‌ترتیب ۱۹ و ۳۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (امیری و همکاران ۲۰۱۸). وزن هزار دانه ذرت تحت‌تأثیر کاربرد اسید هیومیک ۲۲/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (راغ‌آرا و موسوی ۲۰۱۸).

کودهای آلی می‌توانند نوع و فراوانی میکرو-ارگانیسم‌های خاک را تحت‌تأثیر قرار دهند و با تحریک فعالیت زیستی آنها منجر به آزادسازی هورمون‌های گیاهی و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نظیر اکسین، جیبرلین، سیتوکینین و اتیلن شده (آریشا و همکاران ۲۰۰۳) و از این طریق بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد گیاه را سبب شوند، ضمن اینکه کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی دارای عناصر غذایی بوده و احتمالاً با بهبود حاصلخیزی خاک (تجادا و همکاران ۲۰۰۹) و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت (کوتیس و کلاسن ۲۰۰۵) بهبود خصوصیات کمی گیاه را به همراه داشته است. در یک پژوهش گزارش شد که مصرف بهینه کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (۳۰ تن در هکتار)، خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک را بهبود بخشید (وهابی ماشک ۲۰۰۸). بررسی اثر سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (صفر، ۱۰، ۲۰، ٤۰، ۸۰ و ١٦۰ تن در هکتار) در گندم نشان داد که با افزایش سطوح کمپوست قارچ وزن خشک، ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه افزایش یافت (سیدی و رضوانی‌مقدم ۲۰۱۱). در پژوهشی دیگر، کود کمپوست تعداد غلاف در بوته را در لوبیا به طورمعنی‌داری افزایش داد (امین الاسلام و همکاران ۲۰۱٦). کاربرد ٤۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی افزایش ارتفاع بوته، تعداد برگ، طول خوشه، تعداد دانه در بوته و ماده خشک تولیدی گندم را در پی داشت (احیایی و همکاران ۲۰۱۰).

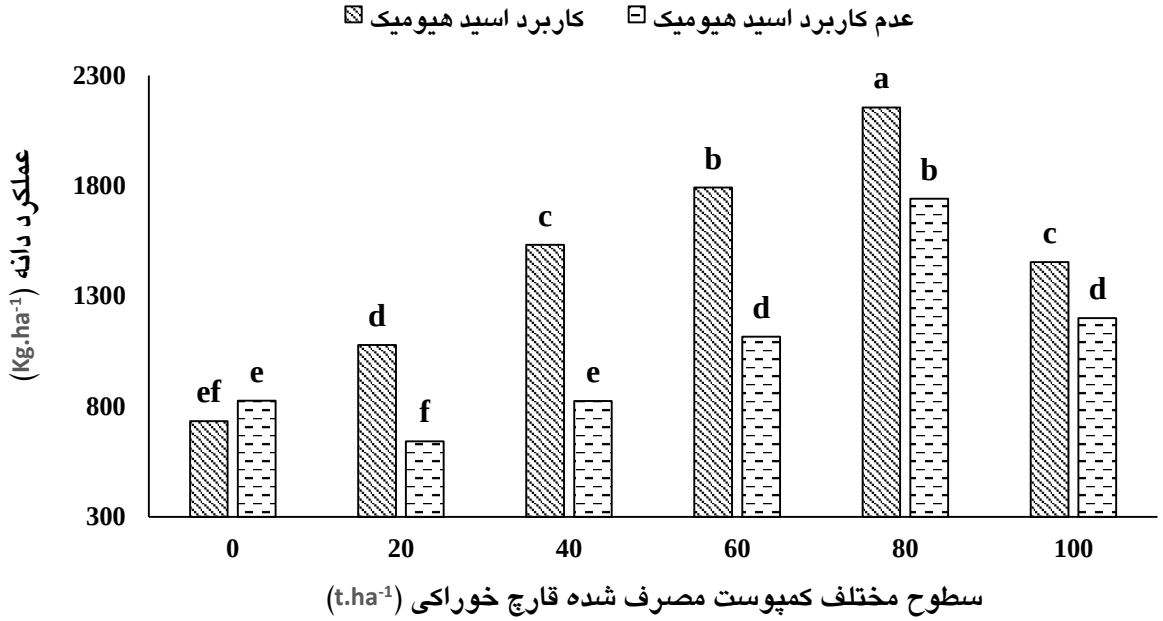
عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک، سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی و اثرات متقابل آنها بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ٥). در بوته‌های محلول‌پاشی شده با اسید هیومیک عملکرد دانه ۲۷ درصد بیشتر از شاهد بود و عملکرد

بیولوژیک نیز تحت‌تأثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک ۲۲ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول ٦). بیشترین (۱۹٤۸/۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۷۷۹/٦۷ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه به‌ترتیب متعلق به تیمارهای کاربرد ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی و شاهد بود (جدول ٦). کاربرد تنها ۲۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی تأثیر چندانی در بهبود عملکرد دانه نداشت، ولی استفاده از مقادیر ٤۰، ٦۰ و ۱۰۰ تن در هکتار از این کود به‌ترتیب افزایش ۳٤، ٤٦ و ٤۱ درصدی عملکرد دانه را نسبت به شاهد سبب شد (جدول ٦). کاربرد هر یک از سطوح ٤۰، ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی به‌ترتیب منجر به افزایش ۳۵، ٤۱، ۵٤ و ۳۷ درصدی عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد شد، از این نظر بین تیمار ۲۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی و شاهد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٦). شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک و کاربرد سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی قرار گرفت (جدول ۵). محلول‌پاشی اسید هیومیک موجب افزایش ٦ درصدی شاخص برداشت نسبت به شاهد شد و بیشترین شاخص برداشت در تیمار ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بدست آمد و از این نظر تفاوت سایر تیمارها با شاهد معنی‌دار نبود (جدول ٦).

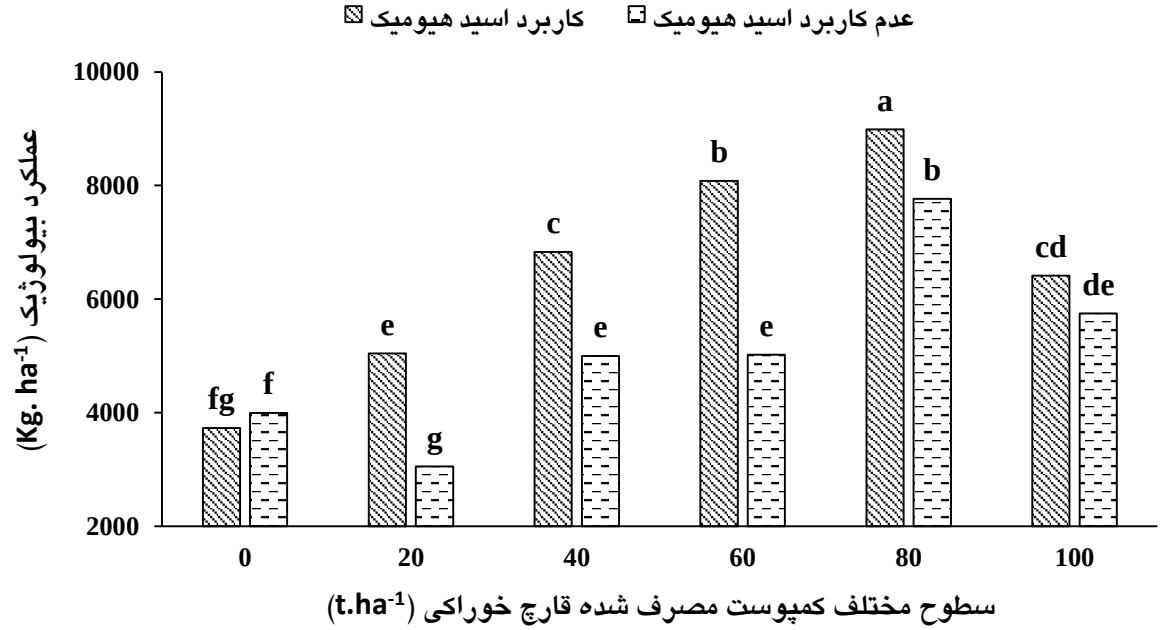
همانطور که در شکل ٤ مشاهده می‌شود، اثر کلیه سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بر عملکرد دانه در شرایط محلول‌پاشی اسید هیومیک تشدید شد، به این ترتیب که مقدار عملکرد دانه در شرایط کاربرد همزمان اسید هیومیک و هر یک از سطوح ۲۰، ٤۰، ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی به‌ترتیب ٤۰، ٤٦، ۳۷، ۱۹ و ۱۷ درصد بیشتر از زمانی بود که هر یک از این کودها جداگانه استفاده شدند. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب در تیمارهای کاربرد همزمان اسید هیومیک و ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (۲۱۱۵ کیلوگرم در هکتار) و عدم‌کاربرد اسید هیومیک و ۲۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی (٦٤۲ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد (شکل ٤). در هر دو شرایط کاربرد و عدم‌کاربرد اسید هیومیک، با افزایش کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی تا سطح ۸۰ تن در هکتار روند تغییرات عملکرد دانه افزایشی بود، ولی افزایش بیشتر کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی کاهش عملکرد دانه را در پی داشت (شکل ٤).

محلول‌پاشی اسید هیومیک در کرت‌های عاری از کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی نتوانست عملکرد بیولوژیک را تحت‌تأثیر قرار دهد، ولی کاربرد آن در کرت‌های حاوی ۲۰، ٤۰، ٦۰ و ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی، عملکرد بیولوژیک را به‌ترتیب ۳۹، ۲۷، ۳۸ و ۱٤ درصد در مقایسه با کاربرد جداگانه این کودها بهبود بخشید (شکل ۵). در هر دو شرایط کاربرد (۸۹۸۹ کیلوگرم در هکتار) و عدم‌کاربرد (۷۷٦۸ کیلوگرم در هکتار) اسید هیومیک بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی مشاهده شد (شکل ۵). علی‌رغم تأثیر مثبت مقادیر ٤۰، ٦۰ و ۱۰۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در شرایط عدم‌کاربرد اسید هیومیک بر عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد، از این نظر بین این سطوح تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۵). کاربرد جداگانه ۲۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی دارای اثر منفی بر عملکرد بیولوژیک بود، ولی عملکرد بیولوژیک در کاربرد همزمان این کود با اسید هیومیک افزایش یافت (شکل ۵).



شکل ۴-ترکیبات تیماری محلول‌پاشی اسید هیومیک و سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی برای عملکرد دانه گیاه دارویی کرچک

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند



شکل ۵-ترکیبات تیماری محلول‌پاشی اسید هیومیک و سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی برای عملکرد بیولوژیک گیاه دارویی کرچک

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند

همان‌طور که در جدول ۸ مشاهده می‌شود، عملکرد دانه با ارتفاع بوته (r= ۰/۷٦**)، ارتفاع پایین‌ترین خوشه از سطح زمین (r= ۰/۹۱**)، ارتفاع بالاترین خوشه از سطح زمین (r= ۰/۸۰**)، تعداد شاخه جانبی (۰/٤٥** =r)، تعداد خوشه در بوته (r= ۰/۷۹**)، تعداد دانه در بوته (r= ۰/۷۸**)، وزن دانه در بوته (r= ۰/۸۹**)، وزن هزار دانه (r= ۰/۸۷**) و شاخص برداشت (r= ۰/٦۰**) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت و همچنین دارای بیشترین همبستگی مثبت (r= ۰/۹٦**) با عملکرد بیولوژیک بود، بنابراین از آنجاییکه صفات مذکور تحت‌تأثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک و کاربرد سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بهبود یافتند (جدول ٦ و ۷ و شکل ۱، ۲، ۳ و ۵)، افزایش عملکرد دانه در شرایط استفاده از این نهاده‌های بوم‌سازگار منطقی به‌نظر می‌رسد.

به‌نظر می‌رسد که اسید هیومیک احتمالاً از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (ورلیندن و همکاران ۲۰۰۹)، ظرفیت نگهداری آب در خاک (ناتسان و همکاران ۲۰۰۷) و همچنین فعال کردن چرخه‌ی تنفس، فتوسنتز و تولید آمینواسید و آدنوزین‌تری فسفات (کنلاس و همکاران ۲۰۰۲)، افزایش طول و وزن ریشه، تعداد ریشه‌های جانبی (ایاز و گولسر ۲۰۰۵) و همچنین افزایش جریان شیره‌ی گیاهی در آوندها، افزایش تقسیم سلولی در ریشه، افزایش فتوسنتز و بهبود جذب مواد غذایی (پوگلیسی و همکاران ۲۰۰۹) باعث افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت شده است. انجام سه نوبت محلول‌پاشی اسید هیومیک در زراعت کرچک در شرایط تنش خشکی، عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (دادنیا ۲۰۱۷). در یک پژوهش، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و عملکرد پروتئین نخود در اثر کاربرد ۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و نانو کود آهن وروی به‌ترتیب ۷۸/٦۹، ٦۵/۵٤ و ۸٤/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (ویسی و همکاران ۲۰۱۹).

کاربرد ٤۰۰ و ٦۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک منجر به تولید بیشترین عملکرد در بابونه آلمانی شد (مشایخی و همکاران ۲۰۱۹). عملکرد دانه ذرت تحت‌تأثیر کاربرد اسید هیومیک از افزایش ۲٦/۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد برخوردار شد (راغ‌آرا و موسوی ۲۰۱۸). در پژوهشی دیگر، بیشترین عملکرد دانه و پروتئین دانه‌ی نخود در شرایط کاربرد اسید هیومیک بدست آمد (نخ‌زری مقدم و همکاران ۲۰۱۷). محلول‌پاشی ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در باقلا، عملکرد دانه را به میزان قابل‌توجهی نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (رودگرنژاد و همکاران ۲۰۱۸). پس از بررسی تیمارهای تغذیه‌ای مختلف در گیاه دارویی گاوزبان ایرانی گزارش شد که بیشترین عملکرد در شرایط کاربرد اسید هیومیک حاصل شد (امیری و همکاران ۲۰۱۸). کاربرد همزمان ٤ لیتر در هکتار اسید هیومیک و مقادیر ۵ و ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست عملکرد بیولوژیک زیره سبز را به‌ترتیب ۱٤/۲ و ۹/۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (نصیری دهسرخی و همکاران ۲۰۱۸).

به‌نظر می‌رسد کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی احتمالاً از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و فراهم کردن شرایط مناسب رشد ریشه، افزایش میزان هوموس و ظرفیت بافری خاک و افزایش برخی آنزیم‌ها و افزایش جذب و انتقال مواد غذایی (کورتیس و کلاسن ۲۰۰۵) توانسته عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت را افزایش دهد. همچنین احتمالاً این کود نفوذپذیری و تخلخل خاک را افزایش داده (تجادا و همکاران ۲۰۰۹) و در نتیجه مصرف آن احتمالاً عمق ریشه توسعه یافته است و از هدرروی آب جلوگیری شده و رطوبت بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته و این امر منجر به بهبود خصوصیات کمی گیاه شده است. کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی حدود ٦۰ درصد وزن خود آب جذب می‌کند و ٦۵ درصد از ماده خشک آن را مواد آلی تشکیل می‌دهد (لوانون و دونای ۲۰۰۱).

کاربرد ۱۰۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در گیاه سیر افزایش ۴۸ درصدی عملکرد اقتصادی را نسبت به شاهد سبب شد و بیشترین ماده خشک تولیدی و شاخص برداشت نیز در این تیمار بدست آمد (رضوانی‌مقدم و همکاران ۲۰۱۷). بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک گندم در شرایط کاربرد ۵۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بدست آمد (یعقوبیان و همکاران ۲۰۱۶). سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ عملکرد دانه گیاه مرزه را در مقایسه با شاهد افزایش داد (رحمانیان و همکاران ۲۰۱۷ الف). پس از بررسی اثر سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در گیاه زعفران گزارش شد که بیشترین عملکرد کلاله در تیمار ۶۰ تن در هکتار کمپوست قارچ مشاهده شد، ضمن اینکه هر یک از سطوح ۲۰، ۸۰ و ۱۰۰ در هکتار کمپوست قارچ نیز عملکرد کلاله را به‌ترتیب ۳۰، ۳۵ و ۳۵ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (رضوانی‌مقدم و همکاران ۲۰۱۴). وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) و فلفل (*Capsicum annuum* L.) به تبع آن عملکرد بیولوژیک این گیاهان تحت‌تأثیر کاربرد کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی افزایش یافت (مدینا و همکاران ۲۰۰۸).

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در گیاه دارویی کرچک تحت‌تأثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک و کاربرد سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی

شماره صفت	ارتفاع بوته (۱)	ارتفاع پایین‌ترین خوشه تا سطح زمین (۲)	ارتفاع بالاترین خوشه تا سطح زمین (۳)	تعداد شاخه جانبی (٤)	تعداد خوشه در بوته (٥)	تعداد دانه در بوته (٦)	وزن دانه در بوته (۷)	وزن هزار دانه (۸)	عملکرد دانه (۹)	عملکرد بیولوژیک (۱۰)	شاخص برداشت (۱۱)
۱	۱										
۲	۰/۷۹**	۱									
۳	۰/۹٤**	۰/۸۳**	۱								
٤	۰/٦٤**	۰/٤۱*	۰/٦٦**	۱							
٥	۰/۸٤**	۰/۷۷**	۰/۸٦**	۰/٥۸**	۱						
٦	۰/٤۷**	۰/۷٥**	۰/٥٤**	۰/۱۷	۰/٥۸**	۱					
۷	۰/۸۷**	۰/۸۹**	۰/۹۰**	۰/٦۲**	۰/۷۹**	/٦۰** ۰	۱				
۸	۰/٦۸**	۰/۷٤**	۰/۷۱**	۰/٤٦**	۰/۷۸**	/٦۰** ۰	۰/۷۹**	۱			
۹	۰/۷٦**	۰/۹۱**	۰/۸۰**	۰/٤٥**	۰/۷۹**	/۷۸** ۰	۰/۸۹**	۰/۸۷**	۱		
۱۰	۰/۷۲**	۰/۸۷**	۰/۷٦**	۰/٤٥**	۰/۷۸**	/۷٥** ۰	۰/۸٥**	۰/۸۹**	۰/۹٦**	۱	
۱۱	۰/٤۹**	۰/٥۹**	۰/٥۲**	۰/۲۲	۰/٤۳**	/٥۰** ۰	۰/٥٦**	۰/۳٤*	۰/٦۰**	۰/۳۸*	۱

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی اسید هیومیک دارای اثر مثبت روی کلیه صفات مورد مطالعه بود. اگر چه سطوح مختلف کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی در بهبود اکثر صفات مورد مطالعه مؤثر بودند، ولی بیشترین مقدار ارتفاع بوته (۱۳۳/۵۰ سانتی‌متر)، ارتفاع پایین‌ترین خوشه از سطح زمین (۷۷/۸۰ سانتی‌متر)، ارتفاع بالاترین خوشه از سطح زمین (۱۱۲/۳۳ سانتی‌متر)، تعداد خوشه در بوته (۳/۳۸ خوشه در بوته)، تعداد دانه در بوته (۲۹۶/۹۰ دانه در بوته)، وزن دانه در بوته (۷۵/٦٦ گرم)، وزن هزار دانه (۳۱۸/٤۰ گرم)، عملکرد دانه (۱۹٤۸ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (۸۳۷۸ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (۲۳/۱۸ درصد) در تیمار کاربرد ۸۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بدست آمد و کاربرد ٦۰ تن در هکتار کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی نیز از برتری محسوسی نسبت به سایر مقادیر مصرفی کمپوست قارچ در صفات ارتفاع بوته، ارتفاع پایین‌ترین خوشه از سطح زمین، ارتفاع بالاترین خوشه از سطح زمین، تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و عملکرد دانه برخوردار بود. به‌طور کلی با توجه به یافته‌های این پژوهش، به‌نظر می‌رسد با استفاده از نهاده‌های بوم‌سازگاری همچون اسید هیومیک و مقادیر بهینه کمپوست مصرف شده قارچ خوراکی بتوان ضمن بهبود رشد و عملکرد گیاه دارویی کرچک، خسارات ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی را کاهش داده و پایداری تولید را در درازمدت تضمین نمود و بر اساس نتایج این پژوهش محلول‌پاشی اسید هیومیک همزمان با کاربرد ۸۰ تن در هکتار کمپوست قارچ خوراکی مصرف شده در کشت و کار گیاه دارویی کرچک توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح (مصوب ۹۵/۰۷/۱۵ به شماره ۱۸-۹۵) از محل اعتبار پژوهه معاونت محترم پژوهشی مجتمع آموزش عالی گناباد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

Aminul Islam M, Boyce AN, Rahman MM, Azirun MS and Ashraf MA, 2016. Effects of organic fertilizers on the growth and yield of bush bean, winged bean and yard long bean. Brazilian Archives of Biology and Technology, 59: 1-9.

Amiri MB, Rezvani Moghaddam P and Jahan M, 2018. Application of eco-friendly inputs on cultivation of Iranian Ox-Tongue in conditions of Mashhad. Agroecology. 10(3): 679-698, (In Persian).

Arisha HME, Gad AA and Younes SE, 2003. Response of some pepper cultivars to organic and mineral nitrogen fertilizer under sandy soil conditions. Zagazig Journal of Agriculture Research, 30: 1875-1899.

Ayas H and Gulser F, 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Sciences, 5: 801-804.

Babaeian E and Asilan KS, 2010. Methods of soil physical and chemical characteristics analysis. Sabz zeitoon Press. pp: 92.

Beheshti S and Tadayyon A, 2017. Effects of drought stress and humic acid on some physiological parameters of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.). Journal of Plant Process and Function, 6(19): 1-14. (In Persian).

Canellas LP, Facanha AQ, Olivares FL and Facanha AR, 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H^+-ATPase activity in maize roots. Plant Physiology, 130: 1951-1957.

Curtis MJ and Claassen VP, 2005. Compost incorporation increases plant available water in a drastically disturbed serpentine soil. Soil Science, 170: 939-953.

Dadnia MR, 2017. Effect of humic acid on activity of antioxidant enzymes and yield of castor bean under water deficit condition. Journal of Crop Ecophysiology, 11(4): 85-98. (In Persian).

Doan LG, 2004. Ricin: mechanism of toxicity, clinical manifestations, and vaccine development. A Review Journal of Topical, 42: 201-208.

Debosz K, Petersen SO, Kure LK and Ambus P, 2002. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. Applied Soil Ecology, 19: 237-248.

Ehyaee HR, Rezvani Moghaddam P, Ghaemi M and Motamedi MR, 2010. Evaluate effect of spend mushroom compost on some morphological characteristics of wheat. The First National Symposium on Agriculture and Sustainable Development, 10 and 11 March, Islamic Azad University of Shiraz. (In Persian).

Goli Kalanpa E, Amani N and Esmaielpour B, 2015. Effect of spent mushroom compost application on growth parameters and macroelement uptake in lettuce. Electronic Journal of Soil Management and Sustainable Production, 5(2): 113-129. (In Persian).

Jahan M and Amiri MB, 2018. Determining the effective factors in water use efficiency of common bean, sesame and maize in response to humic acid application and deficit irrigation. Journal of Water and Soil Science, 22(3): 373-394. (In Persian).

Jonathan S, Oyetunji O, Olawuyi O and Uwukhor P, 2013. Application of pleurotus ostreatus SMC as soil conditioner for the growth of soybean (*Glycine max*). Academia Arena, 5(1): 54-61.

Karimi A and Tadayyon A, 2018. Effect of humic acid on the yield and some morphological characteristic of safflower under drought stress conditions. Applied Field Crops Research, 31(1): 19-38. (In Persian).

Karr M, 2001. Oxidized lignites and extracts from oxidizwd lignites in agriculture. Soil Science, 1-23.

Kiani S, Siadat SA, Moradi Telavat MR and Poshtdar A, 2018. Respond of yield, yield components and water use efficiency of some fennel ecotypes in irrigation regimes and foliar application of humic acid. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 34(1): 166-181. (In Persian).

Kızılkaya R, 2008. Yield response and nitrogen concentrations of springwheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering, 33:150–156.

Levanon D and Danai O, 2001. Chemical, physical and microbiological considerations in recycling spent mushroom substrate. Compost Science Utilazation, 3(1): 72-73.

Maccarthy P, 2001. The principles of humic substances. Soil Science, 166: 738-751.

Mashayekhi S, Abdali Mashhadi A, Bakhshandeh A, Lotfi Jalal Abadi A and Seyyed Nejad SM, 2019. Rwlationship of salicylic acid and humic acid foliar spray and harvesting times with yield and quality of german chamomile. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 29(1): 209-222. (In Persian).

Medina E, Paredes C, Pérez-Murcia MD, Bustamante MA and Moral R, 2009. Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants. Bioresource Technology, 100: 4227-4232.

Nakhzari Moghaddam A, Parsa N, Sabouri H and Bakhtiari S, 2017. The effect of humic acid, density and supplementary irrigation on quantity and quality of local chickpea of Neishabur. Environmental Stresses in Crop Sciences, 10(2): 183-192. (In Persian).

Nasiri Dehsorkhi A, Makarian H, Varnaseri Ghandali V and Salari N, 2018. Investigation of effect of humic acid and vermicompost application on yield and yield components of cumin. Applied Research in Field Crops, 31(1): 93-113. (In Persian with English Summary).

Natesan R, Kandasamy S, Thiyageshwari S and Boopathy PM, 2007. Influence of lignite humic acid on the micronutrient availability and yield of blackgram in an alfisol. Science World Journal, 7: 1198-1206.

Ogunniyi DS, 2006. Castor oil: A vital industrial raw material. Bioresource Technology, 97: 1086-1091.

Olfati JA, Khasmakhi-Sabet SA, Shabani H and Peyvast G, 2012. Alternative organic fertilizer to cow manure for French dwarf bean production. International Journal of Vegetable Science, 18(2): 190-198.

Omidbeigi R, 1997. Medicinal plant production and processing approaches. Behnashr Press, Tehran. (In Persian).

Puglisi E, Fragoulis G, Ricciuti P, Cappa F, Spaccini R, Piccolo A, Trevisan M and Crecchio C, 2009. Effects of a humic acid and its size-fractions on the bacterial community of soil rhizsphere under maize (*Zea mays* L.). Chemosphere, 77: 829-837.

Raghara H and Moosavi S, 2018. Effect of water deficit stress and application of humic and salicylic acid on physiological traits, yield and yield components of corn. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research, 13(50): 87-101. (In Persian).

Rahmanian M, Esmaielpour B, Hadian J and Shahriari MH, 2017a. Effect of vermicompost and spent mushroom compost on growth and micronutrients content in summer savory. Journal of Agroecology, 7(2): 61-78. (In Persian).

Rahmanian M, Esmaielpour B, Hadian J, Shahriari MH and Fatemi H, 2017b. The effect of organic fertilizers on morphological traits, essential oil content and components of basil. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 27(3): 103-118. (In Persian).

Rezazadeh H, Khrasani SK and Haghighi RSA, 2012. Effects of humic acid on decrease of phosphorus usage in forage maize var. KSC704 (*Zea mays* L.). Australian Jurnal of Agricultural Engineering, 3: 34-38.

Rezvani Moghaddam P, Amiri MB and Ehyaee HR, 2014. Effect of different levels of biological fertilizers and mushroom compost on flower yield and characteristics of saffron corms in an organic farming system. Journal of Horticulture Science, 28(2): 199.208. (In Persian).

Rezvani Moghaddam P, Ehyaee HR and Amiri MB, 2017. Application of spent mushroom compost and mycorrhiza on yield and yield components of garlic in the low input cropping system. Agroecology, 9(2): 490-504. (In Persian).

Ross IA, 2001. Medicinal plants of the whorld. Humana Press. 375 pp.

Roudgarnezhad S, Sam Deliri M, Mousavi Mirkalaei AA and Neshaee Moghaddam M, 2018. The effect of spraying humic acid on some morphological and physiological traits of bean. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research, 13(49): 33-44. (In Persian).

Samavat S, Malakuti M, Samavat S and Malakooti M, 2006. Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. Water and Soil Researchers Technical, 463: 1-13.

Seyedi SM and Rezvani Moghaddam P, 2011. Evaluation of yield, yield components and nitrogen use efficiency of wheat in mushroom compost, biological fertilizer and urea application. Agroecology, 3(3): 309-319. (In Persian).

Shahsavan Markadeh M and Chamani E, 2015. Effect of varios mixtures of substrate with spent mushroom compost residue on growth and flowering characteristics of cut "Hanza" stock flower. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 24(4.1): 123-139. (In Persian).

Tahir MM, Khurshid M, Khan MZ, Abbasi MK and Kazmi MH, 2011. Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. Pedosphere, 21: 124-131.

Tejada M, Hernandez MT and Garcia C, 2009. Soil restoration using composted plant residues: Effects on soil properties. Soil and Tillage Research, 102: 109-117.

Vahabi Mashak F, Mirseyed Hosseini H, Shovafa M and Hatami S, 2008. Investigation of the effects of spent mushroom compost (SMC) application on some chemical properties of soil and leachate. Journal of Water and Soil, 22(2): 394-406. (In Persian).

Veisi A, Parsai B and Rokhzadi A, 2019. Investigating the effect of humic acid and micronutrient nano fertilizers on the response of rainfed chickpea in autumn cultivation. Crop Physiology Journal, 10(40): 93-110. (In Persian).

Verlinden G, Pycke B, Mertens J, Debersaques F, Verheyen K, Baert G, Bries J and Haesaert G, 2009. Application of humic substances results in consistent increases in crop yield and nutrient uptake. Journal of Plant Nutrition, 32: 1407-1426.

Weiss EA, 2000. Oil seed crops. Blackwell Science, 364 pp.

Yaghoubian Y, Pirdashti H, Yaghoubian I, Mohammadi Goltapeh E, Esfandiari E and Feiziasl V, 2016. Response of wheat to spent mushroom compost under different moisture conditions. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 26(3): 85-100. (In Persian).