

تأثیر کاربرد ورمی کمپوست و اسید هیومیک بر جذب عناصر پرمصرف، عملکرد دانه و اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)

ویدا ورناصری قندعلی^{۱*}، عباس نصیری دهرسخی^۲، حسن مکاریان^۳ و پرویز حقیقتجو^۴

*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکترای آگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
پست الکترونیک: vidavarnaseri@gmail.com

۲- دانشجوی دکترای آگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

۴- استادیار، گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۷

تاریخ اصلاح نهایی: مهر ۱۳۹۸

تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۸

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح ورمی کمپوست و اسید هیومیک بر جذب عناصر پرمصرف، عملکرد دانه و اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)، آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان مبارکه انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ورمی کمپوست در سه سطح (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و محلول‌پاشی اسید هیومیک روی شاخ و برگ در چهار سطح (صفر، ۲، ۴ و ۶ لیتر در هکتار) بود. نتایج نشان داد که کاربرد ورمی کمپوست به میزان ۱۰ تن در هکتار باعث افزایش عملکرد اسانس و محتوای فسفر دانه به ترتیب به میزان ۸۶/۷٪ و ۳۳٪ نسبت به شاهد گردید. محلول‌پاشی ۴ لیتر در هکتار اسید هیومیک در شرایط کاربرد صفر، ۵ و ۱۰ تن ورمی کمپوست، باعث افزایش محتوای پتاسیم دانه به ترتیب به میزان ۲۷/۸، ۹/۶ و ۹/۲ درصد نسبت به شاهد شد. بالاترین درصد نیتروژن دانه در کاربرد توأم اسید هیومیک به میزان ۴ لیتر در هکتار و ۱۰ تن ورمی کمپوست مشاهده شد که در مقایسه با شاهد، ۱۱/۷٪ افزایش نشان داد. محلول‌پاشی ۴ و ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک در شرایط کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست، باعث افزایش عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۱۱/۱٪ و ۹/۹٪ نسبت به شاهد گردید. مصرف ترکیبی اسید هیومیک و ورمی کمپوست می‌تواند نیازهای غذایی زیره سبز را فراهم نموده و ضمن افزایش عملکرد کمی و کیفی، گامی مؤثر در جهت تحقق اهداف کشاورزی پایدار تلقی گردد.

واژه‌های کلیدی: کود آلی، گیاهان دارویی، محلول‌پاشی، نیتروژن.

مقدمه

گیاهان دارویی از دیرباز یکی از منابع غنی در ایران بوده که علاوه بر تأمین مصارف داخلی، در افزایش درآمدزایی نیز مورد توجه بوده‌اند (Sadeghi et al., 2017). زیره سبز با نام علمی *Cuminum cyminum* L.

گیاهی علفی از خانواده چتریان (Apiaceae) است که به دلیل رایحه خاص، خواص دارویی، درمانی و خوراکی دارای ارزش اقتصادی زیادی می‌باشد (Sowbhagya et al., 2008). خواص و مصارف دارویی متعددی برای زیره سبز عنوان شده است که از جمله مدر، معرق، محرک

سطح ۱٪ اسید هیومیک بدست آمد و کمترین میزان آن نیز از عدم مصرف ورمی کمپوست و عدم مصرف اسید هیومیک حاصل شد (Khalero & Malekian, 2017). در پژوهشی که به منظور بررسی اثر کاربرد ورمی کمپوست (صفر، پنج، ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی) و اسید هیومیک (صفر، ۱۵۰ و ۲۵۰ گرم در مترمربع) بر چمن فرش انجام شد، نتایج نشان داد که تیمار ۱۵٪ حجمی ورمی کمپوست و ۲۵۰ گرم در مترمربع اسید هیومیک باعث افزایش نیتروژن (۲۵/۴٪) و فسفر (۳۹/۶٪) نسبت به شاهد گردید (Khosravi et al., 2016). در بررسی تأثیر کاربرد هیومیک اسید (صفر، ۲/۵، ۵ و ۱۰ لیتر در هکتار) و ورمی کمپوست (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ کیلوگرم در مترمربع) بر گیاه دارویی نعنای فلفلی، نتایج نشان داد که بالاترین میزان عملکرد اسانس و عملکرد بیولوژیک از تیمار کاربرد ۲ کیلوگرم در مترمربع ورمی کمپوست و کاربرد هیومیک اسید به مقدار ۱۰ لیتر در هکتار حاصل شد و کمترین میزان نیز از تیمار عدم کاربرد ورمی کمپوست و عدم محلول پاشی هیومیک اسید بدست آمد (Ramazani, 2016). محلول پاشی اسید هیومیک همراه با ورمی کمپوست در سطوح بالا به دلیل داشتن اثرهای هورمونی محرک رشد باعث بهبود شاخص‌های رشد و تحریک رشد سیستم ریشه‌ای گیاه شد و به‌عنوان مکمل اثرهای ورمی کمپوست، منجر به افزایش عملکرد دانه و اجزای عملکرد گردید (Hajghani et al., 2017).

اهمیت زیره سبز در صنایع دارویی، بهداشتی و غذایی از یک‌سو، همچنین ارزش اقتصادی بالا و صادراتی بودن آن از سویی دیگر، ضرورت توجه به این محصول و بهبود عملکرد آن را بیشتر کرده است. یکی از راه‌های افزایش عملکرد، فراهم کردن مقدار کافی و بهینه عناصر مغذی مورد نیاز گیاه می‌باشد. کودهای شیمیایی اگرچه نقش بسزایی در افزایش عملکرد دارند اما مصرف این نوع کودها در درازمدت، مشکلات و خسارتهای جبران‌ناپذیری را به محیط‌زیست و همچنین سلامت انسان وارد می‌کند. با توجه به اینکه کودهای آلی دارای منشأ طبیعی بوده و برخلاف کودهای شیمیایی

اشتها، تقویت معده، کرم‌کش، ضد نفخ و ضد اسهال را می‌توان نام برد (Salami et al., 2006).

ورمی کمپوست نوعی کود آلی است که در نتیجه فعالیت گونه‌ای از کرم‌های خاکی (*Eisenia fetida*) بر روی ضایعات شهری، صنعتی و کشاورزی تولید می‌شود (Sangwan et al., 2008). ورمی کمپوست‌ها دارای تخلخل، تهویه، زهکشی و ظرفیت نگهداری آب زیاد هستند و شامل مواد مغذی می‌باشند که به سهولت توسط گیاه جذب می‌شوند (Adamipour et al., 2016). از ویژگی‌های دیگر ورمی کمپوست مواد هومیکی است که از مدفوع کرم خاکی در حال تجزیه شدن ناشی می‌شود. این مواد دارای اثرهای مشابه تنظیم‌کننده‌های رشد و هورمون‌هاست (Bowden et al., 2010).

اسید هیومیک نیز نوعی کود آلی می‌باشد که در اثر تجزیه مواد آلی، به‌ویژه مواد با منشأ گیاهی بوجود می‌آید و در خاک، زغال‌سنگ و پیت یافت می‌شود. اسید هیومیک با وزن مولکولی ۳۰ تا ۳۰۰ هزار دالتون باعث تشکیل کمپلکس پایدار و نامحلول با عناصر کم مصرف می‌شود (Mackowiak et al., 2001). اسید هیومیک با اسیدی کردن خاک سبب تسهیل در حل شدن پتاسیم شده و قابلیت دسترسی به آن را افزایش می‌دهد (Khoram Ghahfarokhi et al., 2015). مواد هیومیکی با وزن مولکولی پایین با قرار گرفتن در غشاهای سلولی نه تنها موجب پایداری غشاء می‌شوند، بلکه جذب یکسری از عناصر غذایی را نیز بهبود می‌بخشند (Nardi et al., 2002). اسید هیومیک با قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسبتر در اختیار گیاه می‌تواند میزان ساخت رنگیزه‌ها را افزایش دهد و انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه راحت‌تر نماید و موجب افزایش عملکرد دانه گردد (Khoram Ghahfarokhi et al., 2015).

در ارزیابی کاربرد ورمی کمپوست (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و اسید هیومیک (صفر، ۰/۵٪ و ۱٪) بر زنیان (*Trachyspermum ammi* L.)، بیشترین درصد اسانس در اثر کاربرد تلفیقی ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست و

بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان مبارکه (با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۶۹۰ متر از سطح دریا) استان اصفهان اجرا گردید. براساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه، شهرستان مبارکه دارای اقلیم خشک سرد و براساس روش آماری تحلیل‌های چند متغیره دارای اقلیم نیمه‌سرد و خشک می‌باشد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است.

آلودگی زیست‌محیطی ندارند، از این رو به نظر می‌رسد مصرف این نوع کودها به‌ویژه تلفیقی از آنها ضمن بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی زیره سبز، می‌تواند گامی مؤثر در جهت تحقق اهداف کشاورزی پایدار تلقی گردد. بنابراین در همین راستا، این پژوهش به‌منظور بررسی اثر کاربرد کودهای آلی ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک بر خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار انجام گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق	قابلیت هدایت الکتریکی	فسفر		اسیدیته	نیتروژن کل	سیلت	شن	رس	بافت
		پتاسیم قابل استفاده	قابل استفاده						
cm	dS.m ⁻¹	ppm			ماده آلی	%			
۰-۳۰	۲/۴	۷۷	۸	۷/۴	۰/۸۹	۲۶	۵۹	۱۵	لوم شنی

اواسط آذرماه و در عمق ۲ سانتی‌متری انجام شد. بذر مورد استفاده، توده محلی زیره سبز بود که از شهرستان مبارکه تهیه گردید. هر کرت آزمایشی از چهار خط کاشت به‌طول ۴ متر تشکیل شده بود. فاصله بین و روی ردیف کاشت، به‌ترتیب ۲۰ و ۶ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در طول فصل رشد عملیات وجین علف‌های هرز بر حسب نیاز و به‌صورت دستی انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب (Relative water content)، نمونه برگ زیره سبز از هر کرت به‌طور جداگانه گرفته شد و بعد توزین گردید (وزن تر برگ). سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار داده شد و دوباره وزن برگ (وزن آماس برگ) اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد، برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آن قرار گرفت و وزن خشک برگ نیز اندازه‌گیری شد. در نهایت محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Bian & Jiang, 2008).

تیمارهای آزمایش شامل ورمی‌کمپوست در سه سطح: عدم مصرف، مصرف ۵ و ۱۰ تن در هکتار و محلول‌پاشی اسید هیومیک در چهار سطح: صفر، ۲، ۴ و ۶ لیتر در هکتار بود. ترکیب بکار رفته برای محلول‌پاشی حاوی ۱۲٪ اسید هیومیک، ۳/۵٪ اسید فولیک و ۴٪ پتاسیم (K₂O) و ساخت کشور مالزی بود. غلظت‌های مورد نیاز (۲، ۴ و ۶ لیتر در هکتار) برای هر کرت محاسبه و طی دو مرحله رشد رویشی (اواسط اسفند) و گلدهی (اواسط اردیبهشت)، به‌صورت محلول‌پاشی در کرت‌های مربوطه اعمال شد. به‌دلیل احتمال اثرگذاری بیشتر و مؤثرتر محلول‌پاشی به‌علت تبخیر کمتر آب بکار رفته برای انحلال اسید هیومیک و ماندگاری بیشتر آن (پرهیز از خشک شدن سریع و از دست دادن رطوبت)، در ساعات پایانی روز و نزدیک به غروب آفتاب، توسط محلول‌پاش دستی انجام شد (Karimi et al., 2016). همچنین در شاهد (عدم مصرف اسید هیومیک)، محلول‌پاشی با آب معمولی انجام گردید. کشت در

$$RWC = (FW-DW/TW-DW) \times 100 \quad (۱)$$

در این رابطه، RWC: محتوای نسبی آب، FW: وزن تر برگ، DW: وزن خشک برگ و TW: وزن آماس برگ است. برای اندازه‌گیری نیتروژن دانه از دستگاه کج‌دال استفاده شد (Page et al., 1982) و میزان پتاسیم نیز به روش شعله‌سنجی و همچنین به منظور اندازه‌گیری اسانس، دانه‌های زیره سبز پودر گردید و ۲۵ گرم از پودر حاصل در یک لیتر آب مخلوط و در دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت در حالت جوش قرار داده شد تا اسانس آن به روش تقطیر با آب از دانه جدا گردد (Eikani et al., 2007). عملکرد اسانس از حاصلضرب درصد وزنی اسانس در عملکرد دانه در واحد سطح بدست آمد (Pirzad et al., 2017). اندازه‌گیری عملکرد دانه بوسیله ظهور علائم رسیدگی گیاه که زرد شدن برگ‌ها و قهوه‌ای شدن بذرها بود، انجام شد (Afshari et al., 2008). به منظور محاسبه عملکرد دانه مساحت نیم مترمربع از وسط هر کرت با حذف اثر حاشیه‌ای برداشت و مقادیر آن برآورد گردید. آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD (حداقل اختلاف معنی‌دار) و در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. برآورد ضرایب همبستگی بین صفات نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) انجام گردید.

نتایج

تعداد شاخه فرعی

نتایج نشان داد که مصرف ورمی‌کمپوست به طور معنی‌داری (سطح احتمال ۱٪) تعداد شاخه فرعی را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن بود که بین سطوح ورمی‌کمپوست اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد شاخه فرعی

وجود داشت، به طوری که در تیمار ۱۰ تن ورمی‌کمپوست، در مقایسه با تیمارهای ۵ تن ورمی‌کمپوست و شاهد به ترتیب به میزان ۱۲/۲٪ و ۳۹/۱٪ افزایش تعداد شاخه فرعی مشاهده گردید (جدول ۳). مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، تأثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک بر تعداد شاخه فرعی گیاه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. بیشترین تعداد شاخه فرعی از محلول‌پاشی ۴ و ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک بدست آمد که به ترتیب افزایش ۹/۶٪ و ۱۳/۴ درصدی صفت مذکور را به همراه داشت. کمترین تعداد شاخه فرعی نیز در تیمار عدم محلول‌پاشی اسید هیومیک بدست آمد. گرچه همانطور که در جدول ۳ نیز مشهود است اختلاف معنی‌داری با تیمار ۲ لیتر در هکتار نشان نداد و از نظر معنی‌داری در یک گروه آماری قرار گرفتند.

نیتروژن دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که علاوه بر اثر ساده ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک ($P \leq 0.01$)، برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک نیز بر محتوای نیتروژن دانه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). برهم‌کنش عوامل مورد بررسی نشان داد که محلول‌پاشی اسید هیومیک تأثیر مثبت و معنی‌داری بر درصد نیتروژن دانه داشت. به طوری که بالاترین درصد نیتروژن دانه در کاربرد توأم اسید هیومیک به میزان ۴ لیتر در هکتار و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با کلیه تیمارها نشان داد و در مقایسه با شاهد (عدم محلول‌پاشی) باعث افزایش ۱۱/۷ درصدی صفت مذکور گردید (شکل ۱). در شرایط عدم کاربرد ورمی‌کمپوست، گرچه محلول‌پاشی اسید هیومیک باعث افزایش درصد نیتروژن دانه گردید اما این افزایش معنی‌دار نبود. با افزایش سطوح ورمی‌کمپوست، درصد نیتروژن دانه نیز افزایش یافت، به طوری که کمترین درصد نیتروژن دانه در تیمارهایی مشاهده شد که در آنها ورمی‌کمپوست استفاده نشده بود (شکل ۱).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سطوح ورمی کمپوست و اسید هیومیک بر برخی خصوصیات کمی و کیفی و محتوای عناصر غذایی ماکرو در بذر زیره سبز

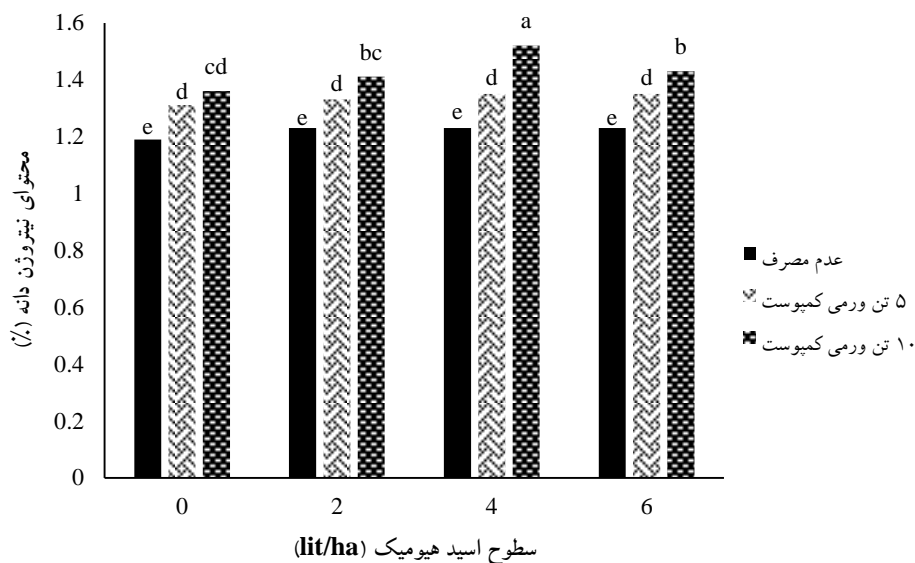
میانگین مربعات											
منبع تغییر	درجه آزادی	تعداد شاخه فرعی	تعداد برگ	نیتروژن دانه	فسفر دانه	پتاسیم دانه	درصد خاکستر	محتوای نسبی آب برگ	عملکرد دانه	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	۲	۵/۳۴**	۷/۷۴ ^{ns}	۰/۰۱**	۰/۰۰۴**	۰/۵۸**	۰/۰۴ ^{ns}	۳۸/۸۶**	۶۳۲۰/۸**	۰/۴۹۱**	۴۲/۲۲**
ورمی کمپوست	۲	۱۰/۰۶**	۳/۲۱ ^{ns}	۰/۱۳**	۰/۰۱۴**	۱/۱۷**	۰/۶۷ ^{ns}	۱۳۲/۳**	۳۱۹۴۹۳/۳**	۰/۵۹۵**	۳۲۶/۰۷**
اسید هیومیک	۳	۰/۹۵*	۱/۰۱ ^{ns}	۰/۰۱**	۰/۰۰۲**	۰/۲**	۰/۴۳ ^{ns}	۸۱/۲۴**	۹۶۶۶/۰۱**	۰/۱۶۱**	۲۲/۶۴**
ورمی کمپوست × اسید هیومیک	۶	۰/۱۱ ^{ns}	۳/۵۷ ^{ns}	۰/۰۰۳*	۰/۰ ^{ns}	۰/۰۳*	۰/۲۶ ^{ns}	۱۱/۷۵*	۱۹۳۹/۴۵*	۰/۰۲۹*	۱/۱۷ ^{ns}
خطا	۲۲	۰/۲۵	۲/۲۷	۰/۰۰۱	۰/۰	۰/۰۱	۰/۳۲	۴/۶	۶۸۹/۸۷	۰/۰۱	۱/۲۳
CV(%)	-	۸/۹	۱۳/۶	۲/۵	۵/۸	۴/۱	۱۲/۴	۲/۷	۳/۳	۴/۶	۶/۳

ns, * و **: به ترتیب بیانگر عدم معنی داری و معنی داری در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ساده ورمی کمپوست و اسید هیومیک بر تعداد شاخه فرعی، فسفر دانه و عملکرد اسانس زیره سبز

عملکرد اسانس (kg/ha)	فسفر دانه (%)	تعداد شاخه فرعی	تیمارها
			سطوح ورمی کمپوست (t.ha ⁻¹)
۱۱/۹c	۰/۲۱c	۴/۶c	۰
۱۸/۲b	۰/۲۵b	۵/۷b	۵
۲۲/۲a	۰/۲۸a	۶/۴a	۱۰
سطوح اسید هیومیک (l.ha ⁻¹)			
۱۵/۱b	۰/۲۳d	۵/۲c	۰
۱۷/۹a	۰/۲۴c	۵/۴bc	۲
۱۸/۷a	۰/۲۶a	۵/۷ab	۴
۱۸/۰a	۰/۲۵b	۵/۹a	۶

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۱- برهم‌کنش ورمی کمپوست و اسید هیومیک بر محتوای نیتروژن دانه زیره سبز

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون LSD در سطح ۵٪ دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در زیره سبز

۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
									۱	۱- تعداد شاخه فرعی
								۱	۰/۰۶ ^{ns}	۲- تعداد برگ
							۱	۰/۳۲ ^{ns}	۰/۵۳ ^{**}	۳- نیتروژن دانه
						۱	۰/۶۹ ^{**}	۰/۲۶ ^{ns}	۰/۶۹ ^{**}	۴- فسفر دانه
					۱	۰/۷۴ ^{**}	۰/۵۵ ^{**}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۸۱ ^{**}	۵- پتاسیم دانه
				۱	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	. ^{ns}	۶- درصد خاکستر
			۱	۰/۱۴ ^{ns}	۰/۵۹ ^{**}	۰/۵۰ ^{**}	۰/۷۰ ^{**}	۰/۲۵ ^{ns}	۰/۴۳ ^{**}	۷- محتوای نسبی آب برگ
		۱	۰/۶۷ ^{**}	۰/۰۹ ^{ns}	۰/۷۹ ^{**}	۰/۸۰ ^{**}	۰/۸۱ ^{**}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۷۴ ^{**}	۸- عملکرد دانه
	۱	۰/۶۵ ^{**}	۰/۵۱ ^{**}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۸۴ ^{**}	۰/۶۹ ^{**}	۰/۴۵ ^{**}	۰/۱۷ ^{ns}	۰/۷۴ ^{**}	۹- درصد اسانس
۱	۰/۸۶ ^{**}	۰/۹۴ ^{**}	۰/۶۶ ^{**}	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۸۸ ^{**}	۰/۸۴ ^{**}	۰/۷۲ ^{**}	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۸۱ ^{**}	۱۰- عملکرد اسانس

**، بیانگر معنی‌داری ضرایب همبستگی در سطح احتمال ۱٪ و ns، عدم معنی‌داری می‌باشد.

فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که مصرف ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری (سطح احتمال ۱٪) میزان فسفر دانه را تحت تأثیر قرار داد. مقایسه میانگین‌ها حکایت از آن داشت که بین سطوح ورمی‌کمپوست، اختلاف معنی‌داری از نظر فسفر دانه وجود داشت، به‌طوری‌که کاربرد ورمی‌کمپوست به میزان ۱۰ تن در هکتار در مقایسه با ۵ تن ورمی‌کمپوست و شاهد (عدم مصرف ورمی‌کمپوست) باعث افزایش معنی‌دار فسفر دانه به ترتیب به میزان ۱۲٪ و ۳۳٪ گردید (جدول ۳). همچنین نتایج این پژوهش حکایت از تأثیر معنی‌دار (سطح احتمال ۱٪) محلول‌پاشی اسید هیومیک بر محتوای فسفر دانه داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که کاربرد کلیه سطوح اسید هیومیک در مقایسه با شاهد (عدم مصرف) باعث افزایش فسفر دانه گردید، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین درصد فسفر دانه به ترتیب در تیمارهای ۴ لیتر در هکتار اسید هیومیک و شاهد مشاهده شد. محلول‌پاشی ۲، ۴ و ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک، باعث افزایش معنی‌دار فسفر دانه به ترتیب به میزان ۳/۴، ۱۳ و ۸/۶ درصد نسبت به شاهد گردید (جدول ۳). همچنین نتایج همبستگی صفات حکایت از آن داشت که در بین صفات مورد بررسی، فسفر دانه بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار (به میزان ۸۴٪) را با عملکرد اسانس داشت (جدول ۴).

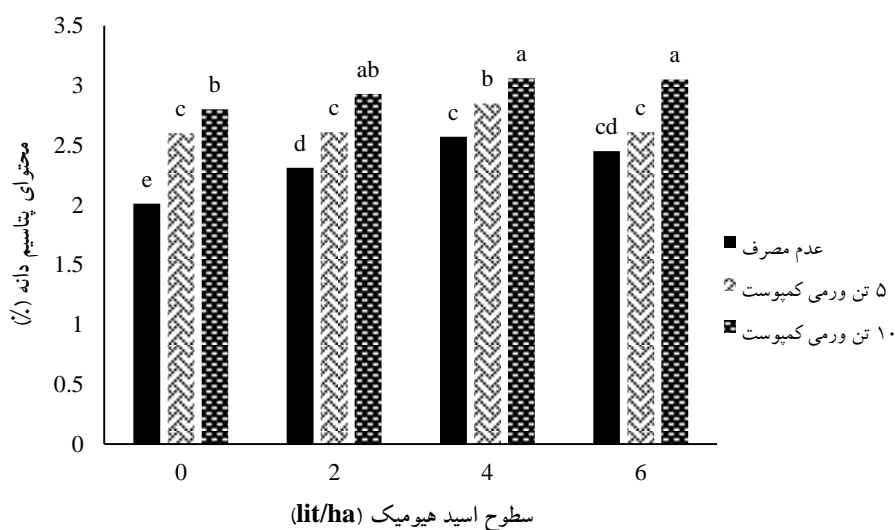
پتاسیم دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که علاوه بر اثر ساده ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک ($P \leq 0.01$)، تأثیر برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک نیز بر درصد پتاسیم دانه معنی‌دار گردید (سطح احتمال ۵٪). نتایج برهم‌کنش عوامل مورد بررسی نشان داد که بیشترین درصد پتاسیم دانه از محلول‌پاشی ۲، ۴ و ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک در شرایط کاربرد ۱۰ تن

ورمی‌کمپوست بدست آمد (شکل ۲). در کلیه سطوح ورمی‌کمپوست، محلول‌پاشی ۴ لیتر در هکتار در مقایسه با سایر سطوح اسید هیومیک، کارآمدتر بود و به‌میزان بیشتری درصد پتاسیم دانه را افزایش داد. محلول‌پاشی ۴ لیتر در هکتار اسید هیومیک در شرایط کاربرد صفر، ۵ و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست، باعث افزایش معنی‌دار درصد پتاسیم دانه به ترتیب به میزان ۲۷/۸، ۹/۶ و ۹/۲ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف اسید هیومیک) گردید. کمترین میزان پتاسیم دانه (۲/۰۱٪) در تیمار شاهد (عدم مصرف ورمی‌کمپوست و عدم کاربرد اسید هیومیک) مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری را با کلیه تیمارها نشان داد (شکل ۲).

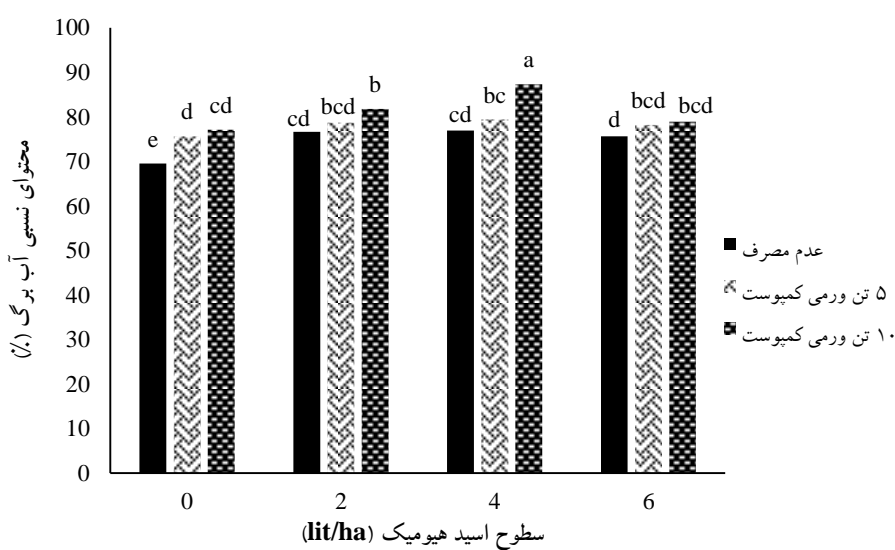
محتوای نسبی آب برگ

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر سطوح ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک (در سطح احتمال ۱٪) و برهم‌کنش آنها (در سطح احتمال ۵٪) بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود. نتایج برهم‌کنش عوامل مورد بررسی نشان داد در بین سطوح اسید هیومیک، کاربرد ۴ لیتر در هکتار کارآمدتر بود، به‌طوری‌که در کلیه سطوح ورمی‌کمپوست، محلول‌پاشی ۴ لیتر در هکتار اختلاف معنی‌داری را با شاهد (عدم محلول‌پاشی) نشان داد. محلول‌پاشی ۴ لیتر در هکتار اسید هیومیک در شرایط کاربرد صفر، ۵ و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ به ترتیب به میزان ۷/۴، ۳/۸ و ۱۰/۲ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف اسید هیومیک) گردید. به موازات افزایش سطوح ورمی‌کمپوست، محتوای نسبی آب برگ گیاه نیز افزایش یافت، به‌طوری‌که کمترین میزان صفت مذکور در تیمار عدم مصرف ورمی‌کمپوست و عدم مصرف اسید هیومیک مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با کلیه تیمارها داشت (شکل ۳).



شکل ۲- برهم کنش ورمی کمپوست و اسید هیومیک بر محتوای پتاسیم دانه زیره سبز

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون LSD در سطح ۵٪ دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.



شکل ۳- برهم کنش ورمی کمپوست و اسید هیومیک بر نسبت آب برگ زیره سبز

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

عملکرد دانه

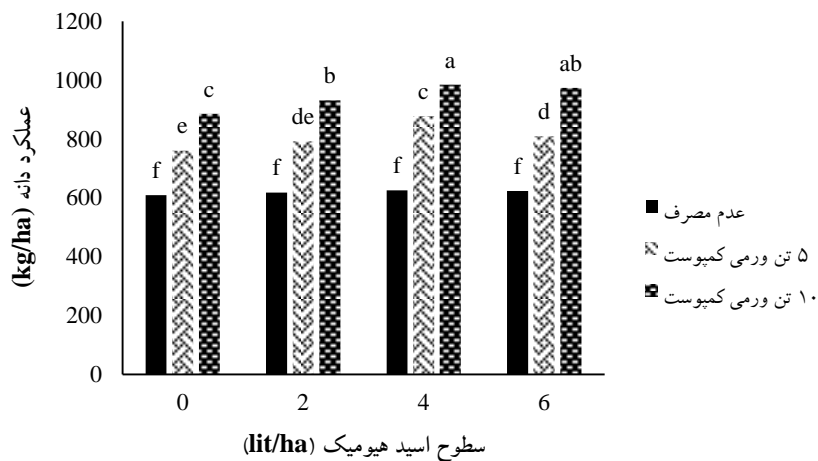
عملکرد دانه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج برهم‌کنش عوامل مورد بررسی حکایت از آن داشت که به‌موازات افزایش سطوح کودهای آلی، عملکرد دانه نیز افزایش یافت، به‌طوری که بالاترین

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که علاوه بر اثر ساده ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک (سطح احتمال ۱٪)، تأثیر برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک نیز بر

درصد اسانس

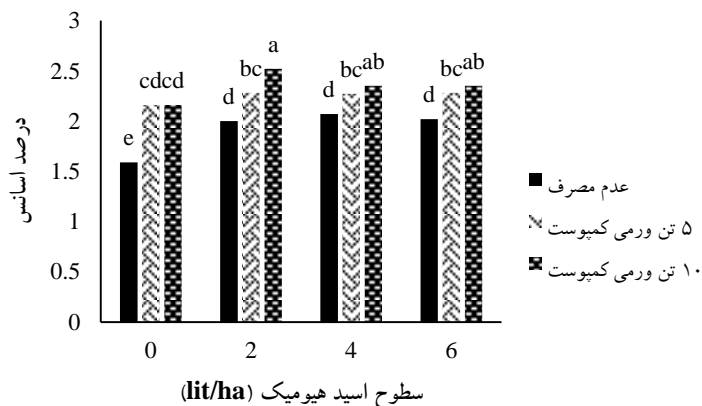
مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، اثرهای اصلی ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک در سطح احتمال ۱٪ و برهم‌کنش آنها در سطح احتمال ۵٪ بر میزان اسانس معنی‌دار گردید. نتایج برهم‌کنش عوامل مورد بررسی نشان داد که بیشترین درصد اسانس در تیمارهای ۲، ۴ و ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک در شرایط مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست بدست آمد. به طوری که کمترین میزان اسانس (۱/۵۹٪) در تیمار عدم مصرف ورمی‌کمپوست و عدم مصرف اسید هیومیک مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری را با کلیه تیمارها نشان داد (شکل ۵).

میانگین عملکرد دانه با محلول‌پاشی ۴ و ۶ لیتر اسید هیومیک در شرایط کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست بدست آمد. محلول‌پاشی ۴ و ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک در شرایط کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۱۱/۱ و ۹/۹٪ نسبت به شاهد (عدم محلول‌پاشی) گردید. همچنین نتایج برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک بر عملکرد دانه بیانگر آن بود که با افزایش مقدار ورمی‌کمپوست در سطوح مختلف محلول‌پاشی، میانگین عملکرد دانه به طور معنی‌داری افزایش یافت، به طوری که کمترین مقادیر صفت مذکور در تیمارهای عدم کاربرد ورمی‌کمپوست بدست آمد (شکل ۴).



شکل ۴- برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک بر عملکرد دانه زیره سبز

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون LSD در سطح ۵٪ دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.



شکل ۵- برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک بر درصد اسانس زیره سبز

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک براساس آزمون LSD در سطح ۵٪ دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

عملکرد اسانس

نتایج نشان داد که کاربرد ورمی کمپوست به طور معنی داری در سطح احتمال ۱٪ عملکرد اسانس را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها حکایت از آن داشت که بین سطوح مختلف ورمی کمپوست از نظر عملکرد اسانس اختلاف معنی داری وجود داشت، به طوری که بالاترین سطح ورمی کمپوست موجب تولید بیشترین عملکرد اسانس گردید. عملکرد اسانس در تیمار ۱۰ تن ورمی کمپوست، در مقایسه با مصرف ۵ تن ورمی کمپوست و شاهد به ترتیب افزایش ۲۱/۷ و ۸۶/۷ درصدی را نشان داد (جدول ۳). نتایج این پژوهش، حکایت از تأثیر معنی دار ($P \leq 0.01$) محلول پاشی اسید هیومیک بر عملکرد اسانس داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف اسید هیومیک بر عملکرد اسانس (جدول ۳) نشان داد که محلول پاشی اسید هیومیک باعث افزایش معنی دار عملکرد اسانس در مقایسه با شاهد (عدم محلول پاشی) شد، اما بین سطوح اسید هیومیک اختلاف معنی داری از نظر صفت مذکور وجود نداشت و در یک گروه آماری قرار گرفتند. محلول پاشی ۲، ۴ و ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک باعث افزایش معنی دار عملکرد اسانس به ترتیب به میزان ۱۸/۶، ۲۳/۶ و ۱۹/۲ درصد نسبت به شاهد گردید (جدول ۳).

بحث

طبق مطالعات انجام شده مقدار ترکیب‌های هوموسی در ورمی کمپوست بیشتر از کمپوست و کود دامی می باشد، همچنین عناصر غذایی قابل تبادل بیشتری نسبت به سایر کودهای آلی دارد که این موارد احتمالاً یکی از عوامل مؤثر در افزایش رشد رویشی و تعداد شاخه فرعی تحت تأثیر مصرف ورمی کمپوست در گیاه است (Mir Arab *et al.*, 2016). بهبود بستر رشد گیاه و افزایش رشد رویشی گیاه، به ویژه تا پیش از مرحله گلدهی می تواند منجر به ظهور تعداد ساقه های فرعی بیشتر در گیاه شود (Seid Jamali *et al.*, 2015). با توجه به اینکه بسترهای حاوی ورمی کمپوست سرشار از عناصر غذایی بوده و آزادسازی

این عناصر نیز به تدریج انجام می شود، از این رو گیاه به طور کارآمدتری تغذیه شده که در چنین شرایطی افزایش رشد و متعاقباً افزایش انشعابات جانبی گیاه به دور از انتظار نمی باشد. افزایش انشعابات جانبی گیاه در اثر مصرف اسید هیومیک در گلرنگ (Karimi & Tadayyon, 2018) و گیاه دارویی خرفه (Mozaffari *et al.*, 2016) نیز گزارش شده است که هم راستا با نتایج این پژوهش می باشد. نیتروژن یکی از عناصری است که نقش مهمی را در تقسیم سلولی و افزایش رشد رویشی ایفاء می کند. بنابراین به نظر می رسد فراهمی مطلوب تر این عنصر در اثر کاربرد کودهای آلی، افزایش انشعابات جانبی در گیاه را به همراه داشته است. همبستگی مثبت و معنی دار ($**0.53$) میان تعداد شاخه فرعی و درصد نیتروژن، مؤید این نتیجه می باشد.

نتایج نشان داد در شرایط عدم مصرف ورمی کمپوست، محلول پاشی اسید هیومیک تأثیر معنی داری بر افزایش نیتروژن دانه نداشت. اما این در حالی بود که در شرایط مصرف توأم ورمی کمپوست و اسید هیومیک، نیتروژن دانه به طور معنی داری در مقایسه با شاهد افزایش یافت. علت این امر را می توان به اثر مشارکتی و هم افزایی که در کاربرد ترکیبی کودهای آلی وجود دارد، نسبت داد. به طوری که کاربرد توأم کودهای آلی در مقایسه با مصرف جداگانه آنها مؤثرتر می باشد. کودهای آلی از یک سو دارای مقادیری نیتروژن هستند که گیاه می تواند از آنها استفاده کند. از سوی دیگر این نوع ترکیب های آلی با تأثیر مثبتی که بر رشد ریشه دارند، شرایط را برای جذب بهتر عناصر غذایی مانند نیتروژن فراهم می کنند. در همین راستا، Khosravi و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که با افزایش سطوح اسید هیومیک و ورمی کمپوست، غلظت نیتروژن در اندام هوایی چمن اسپرت افزایش یافت، به طوری که بیشترین درصد نیتروژن در تیمار ۱۵٪ حجمی ورمی کمپوست و ۲۵۰ گرم در مترمربع اسید هیومیک با ۲۵/۴٪ افزایش نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. پسماند و مواد دفعی گرم های کمپوست کننده اغلب دارای نیتروژن و فسفر به میزان ۵ تا ۱۱ برابر بیش از خاک می باشد و ترشحات درون سیستم

بین صفات مورد بررسی، فسفر دانه بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار (به میزان ۸۴٪) را با عملکرد اسانس داشت. حضور اسید هیومیک در بستر کشت حاوی ورمی‌کمپوست، می‌تواند سبب بهبود فعالیت میکروارگانیسم‌ها شود و شرایط لازم را برای حلالیت فسفر از منبع ورمی‌کمپوست فراهم نماید و متعاقب آن دسترسی گیاه را به فسفر افزایش دهد و از آنجا که فسفر یکی از اجزاء اصلی تشکیل‌دهنده اسانس می‌باشد، بنابراین مشارکت این دو کود می‌تواند منجر به بهبود بیشتر میزان اسانس نیز بشود (Khalero & Malekian, 2017).

در مورد برهم‌کنش تیمارهای این پژوهش بر درصد پتاسیم دانه، به‌نظر می‌رسد که یک اثر هم‌افزایی و مشارکتی در کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک در صفت مذکور در زیره وجود داشته باشد. یکی از دلایل افزایش میزان پتاسیم دانه در اثر مصرف کودهای آلی را می‌توان به همبستگی مثبتی که بین جذب عناصر مغذی وجود دارد، نسبت داد. بنابراین به‌نظر می‌رسد در شرایط فراهمی مطلوب عنصر نیتروژن، رشد ریشه افزایش یافته که این امر در نهایت موجب افزایش جذب سایر عناصر غذایی مانند پتاسیم می‌گردد. همبستگی مثبت و معنی‌دار نیتروژن دانه با پتاسیم دانه ($0/55^{***}$) مؤید این نتیجه می‌باشد. نتایج پژوهشی نشان داد که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست تفاوت آماری معنی‌داری از نظر غلظت پتاسیم دانه انیسون وجود داشت و با افزایش سطوح آن میزان پتاسیم نیز افزایش یافته و به ۱/۸۸٪ رسید (Khalero et al., 2012). نتایج پژوهشی نشان داد که یک روند افزایشی منظمی در بین غلظت‌های مختلف هیومیک اسید در جذب پتاسیم وجود دارد، به‌طوری که بیشترین جذب پتاسیم مربوط به تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید بود (Talebi et al., 2017). به‌نظر می‌رسد که اسید هیومیک با اسیدی کردن خاک سبب تسهیل در حل شدن پتاسیم شده و قابلیت دسترسی به آن را افزایش می‌دهد (Khoram Ghahfarokhi et al., 2015).

هاضمه کرم‌ها، عناصر غذایی را به عناصر با قابلیت دسترسی بیشتر تبدیل می‌کند (Bachman & Metzger, 1998). همچنین ورمی‌کمپوست‌ها دارای نمک محلول کمتر، ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر و میزان هیومیک اسید بیشتری می‌باشند که به دلیل وجود خاصیت کلات‌کنندگی عناصر موجب جذب بیشتر عناصر غذایی می‌شود (Atiyeh et al., 2001). از این رو افزودن ورمی‌کمپوست از طریق قدرت زیاد جذب آب و فراهمی مطلوب عناصر غذایی پرمصرف بر روی میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده تأثیر مثبت گذاشته و موجب بهبود جذب نیتروژن در گیاه شده، همچنین باعث بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه سبب افزایش رشد، تسریع واکنش‌های متابولیسمی، افزایش سنتز و تجمع متابولیت‌ها می‌شود (Salehi et al., 2011). بنابراین به‌نظر می‌رسد که خواص موجود در هیومیک اسید و ورمی‌کمپوست از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد و همچنین افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در خاک باعث افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه می‌شود (Aghamirzaei, 2016).

نتایج این پژوهش، بیانگر افزایش فسفر دانه در اثر مصرف کودهای آلی بود. از این رو به‌نظر می‌رسد کود آلی بخوبی با کاهش اسیدیته خاک و حل نمودن برخی عناصر غذایی پوشیده شده توسط کلسیت، شرایط مناسبی را برای جذب فسفر فراهم نموده است (Bardel et al., 2014). استفاده از مواد آلی در خاک، فسفر قابل دسترس در گیاهان را افزایش می‌دهد و به‌طور غیرمستقیم از رسوب فسفات به‌صورت فسفات آهن و آلومینیوم و فسفات کلسیم که به‌شکل غیرقابل جذب برای گیاهان است، جلوگیری می‌کند (Tester, 1990). بنابراین به‌نظر می‌رسد مواد هیومیکی با وزن مولکولی پایین با قرار گرفتن در غشاهای سلولی نه تنها موجب پایداری غشاء می‌شوند، بلکه جذب یکسری از عناصر غذایی را نیز بهبود می‌بخشند (Nardi et al., 2002). همچنین نتایج همبستگی صفات حکایت از آن داشت که در

کاربرد توأم ورمی کمپوست و اسید هیومیک در مقایسه با کاربرد جداگانه این کودها، تأثیر بیشتری بر محتوای نسبی آب برگ به همراه داشت که این نتیجه بیانگر اثر سینرژیستی و تشدیدکننده کودهای آلی می باشد. کاربرد کودهای آلی، باعث تجمع K^+ و برخی از یون های آلی در سلول می شود و متعاقب آن، فعالیت اسمزی را افزایش می دهد و سبب کاهش پتانسیل آب و حرکت آن از سلول های اطراف به داخل سلول می گردد. بنابراین به نظر می رسد که ورمی کمپوست با دارا بودن املاح زیاد و قابل دسترس بودن این مواد برای گیاهان، همچنین داشتن ساختار متخلخل و ظرفیت نگهداری بالای آب، می تواند پتانسیل آب برگ را بهبود ببخشد (Beyk Khurmizi et al., 2013). از سوی دیگر، مولکول های اسید هیومیک نیز با پیوند با مولکول های آب، تا حدود زیادی مانع از تبخیر آب می گردند. همچنین مولکول های اسید فولیک (بخش ریز مولکول اسید هیومیک) به درون بافت های گیاهی نفوذ می کند و با پیوستن به مولکول های آب تعریق و تفرق گیاه را کاهش داده و به حفظ آب درون گیاه کمک می کند (Bronick & Lai, 2005). بنابراین با توجه به پتانسیل بالایی که کودهای آلی در حفظ و نگهداری رطوبت دارند، می توان بیان کرد که با مصرف کودهای آلی به ویژه کاربرد ترکیبی آنها، افزایش محتوای نسبی آب برگ گیاه به دور از انتظار نمی باشد.

همچنین نتایج این پژوهش حکایت از آن داشت که به موازات افزایش سطوح کودهای آلی، عملکرد دانه نیز افزایش یافت. کودهای آلی نه تنها خود منبعی غنی از عناصر پرمصرف و کم مصرف می باشند، بلکه با بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک مانند کاهش فشردگی و افزایش تخلخل خاک، تشکیل و پایداری خاکدانه ها، افزایش سرعت نفوذ و ظرفیت نگهداری آب در خاک، افزایش فعالیت میکروارگانیسم های مفید خاک و همچنین بهبود جذب سایر عناصر غذایی توسط گیاه موجب افزایش رشد و عملکرد محصول می گردند (Varnaseri et al., 2016). عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی داری را با عناصر نیتروژن (** $0/81$)، فسفر (** $0/80$) و پتاسیم دانه

(** $0/79$) داشت. بنابراین با توجه به همبستگی مثبت بین عملکرد و درصد عناصر غذایی دانه، می توان بیان کرد که کاربرد کودهای آلی با فراهمی مطلوب عناصر غذایی برای گیاه، بر روی میزان فتوسنتز و تولید مواد پرورده در منابع تأثیر مثبت گذاشته که این امر در نهایت افزایش عملکرد دانه را به همراه داشته است. در همین راستا، Akbari و Gholami (2016) بیان کردند که ورمی کمپوست از طریق تأثیر بر قدرت جذب و نگهداری رطوبت و عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاس بر اجزای عملکرد رازیانه تأثیر گذاشته و موجب بهبود عملکرد دانه شده است. Behzadi و Salehi (2017) نیز بیان کردند که ورمی کمپوست به مراتب شرایط مناسب تری را برای بهبود فعالیت میکروارگانیسم های مفید در خاک فراهم کرده و از طریق جذب مطلوب عناصر معدنی ماکرو توسط ریشه، موجب بهبود رشد و به دنبال آن افزایش عملکرد دانه و عملکرد اسانس می گردد. محلول پاشی اسید هیومیک همراه با ورمی کمپوست در سطوح بالا به دلیل داشتن اثرهای هورمونی محرک رشد باعث بهبود شاخص های رشد و تحریک رشد سیستم ریشه ای گیاه شده و به عنوان مکمل اثرهای ورمی کمپوست منجر به افزایش عملکرد دانه و اجزای عملکرد می گردد (Hajghani et al., 2017). محلول پاشی هیومیک اسید و کاربرد ورمی کمپوست عملکرد و اجزای عملکرد را در ارقام گندم نسبت به تیمار شاهد بهبود بخشید (Shahbazi et al., 2015). کاربرد ورمی کمپوست و اسید هیومیک باعث افزایش عملکرد دانه زنیان گردید، به طوری که با افزایش سطوح تیمارها میزان این صفت نیز افزایش یافت (Khalesro & Malekian, 2017). در پژوهشی که به منظور بررسی تأثیر کودهای ورمی کمپوست و هیومیک اسید بر دو رقم عدس انجام شد، محققان بیان کردند که توان و کارایی تیمارهای کودی در مقایسه با تیمار شاهد به مراتب شرایط مناسب تری را برای فراهمی عناصر غذایی در خاک مهیا کرده و از طریق جذب مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف توسط ریشه، موجب افزایش رشد و عملکرد می شوند (Aghamirzaei, 2016). نتایج این پژوهش نشان

2017). در پژوهش دیگری، بیشترین میزان اسانس گیاه نعناع فلفلی از تیمار کاربرد ۲ کیلوگرم در مترمربع ورمی کمپوست به همراه کاربرد ۱۰ لیتر در هکتار هیومیک اسید بدست آمد و کمترین میزان اسانس نیز از تیمار عدم کاربرد ورمی کمپوست و هیومیک اسید حاصل شد (Ramazani, 2016). نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد اسانس رابطه مثبت و معنی داری (۹۴ درصد) با عملکرد دانه داشت. عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و عملکرد دانه می باشد. از این رو در این پژوهش با توجه به اینکه کاربرد کودهای آلی باعث افزایش معنی دار عملکرد دانه گردید، در نتیجه عملکرد اسانس نیز با کاربرد کودهای آلی افزایش معنی داری را نشان داده است.

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد به موازات افزایش سطوح ورمی کمپوست، خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز نیز افزایش یافت، به طوری که بالاترین مقادیر صفات مورد بررسی در شرایط کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست بدست آمد. محلول پاشی اسید هیومیک بر گیاهان رشد کرده در بستر حاوی ورمی کمپوست، نتیجه هم افزایی معنی دار داشت و باعث افزایش نیتروژن دانه، پتاسیم دانه، محتوای نسبی آب برگ، عملکرد دانه و درصد اسانس گردید. با توجه به پایین بودن ماده آلی خاک در مناطق خشک و نیمه خشک کشورمان، به نظر می رسد با کاربرد کودهای آلی به تنهایی و یا در تلفیق با یکدیگر بتوان ضمن افزایش عملکرد، شاخص های کمی و کیفی گیاه را نیز بهبود بخشید. بنابراین به نظر می رسد مصرف کودهای آلی ورمی کمپوست و اسید هیومیک از طریق تأثیر بر توانایی جذب و حفظ رطوبت و عناصر غذایی مانند نیتروژن، پتاسیم و فسفر بر خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز تأثیر گذاشته و در نهایت موجب بهبود عملکرد دانه شده است. در مجموع می توان بیان کرد در شرایط آب و هوایی مشابه شهرستان مبارکه، کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست به همراه ۴ لیتر در هکتار اسید هیومیک، مناسب ترین تیمار برای افزایش جذب عناصر ماکرو، عملکرد دانه و عملکرد اسانس در زیره سبز می باشد.

داد که کاربرد تلفیقی کودهای آلی ورمی کمپوست و اسید هیومیک در مقایسه با مصرف جداگانه آنها، مؤثرتر واقع گردید و به طور معنی داری عملکرد دانه را افزایش داد. بنابراین به نظر می رسد در سیستم تغذیه تلفیقی، مهیا بودن مطلوب تر عناصر غذایی برای گیاه، موجب بهبود رشد، افزایش تولید مواد پرورده در منابع و در نهایت باعث افزایش عملکرد می گردد.

بررسی های انجام شده نشان داده که اسانس ها ترکیب های ترینوئیدی بوده و واحدهای سازنده آنها نیاز ضروری به عناصری مانند نیتروژن و فسفر دارد (Gholami & Salehi, 2015). با توجه به اینکه عناصر نیتروژن و فسفر از اجزای تشکیل دهنده اسانس گیاه می باشند و همانطور که نتایج این پژوهش نیز نشان داد میزان این عناصر در اثر مصرف کودهای آلی افزایش یافت، بنابراین افزایش میزان اسانس نیز دور از انتظار نیست. البته همبستگی مثبت و معنی داری که میزان اسانس با عناصر نیتروژن (**۰/۴۵) و فسفر (**۰/۶۹) دانه داشت مؤید این نتیجه می باشد. در همین راستا، محققان بیان کردند که کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست با تأثیر بر افزایش جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم و میزان کلروفیل کل، سبب افزایش عملکرد دانه و عملکرد اسانس در گیاه دارویی انیسون گردید (Behzadi & Salehi, 2017). همچنین ورمی کمپوست با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، باعث افزایش تولید ماده خشک، عملکرد گل و درصد اسانس می گردد که در نهایت بهبود عملکرد اسانس را نیز به همراه خواهد داشت (Gholami Ganjeh & Salehi, 2015). در پژوهشی که به منظور ارزیابی کاربرد ورمی کمپوست (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و اسید هیومیک (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد) بر گیاه دارویی زنیان انجام شد، نتایج نشان داد که بیشترین درصد اسانس در اثر کاربرد تلفیقی ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست و اسید هیومیک ۱٪ بدست آمد و کمترین میزان آن نیز از عدم مصرف ورمی کمپوست و عدم مصرف اسید هیومیک حاصل شد (Khalasro & Malekian,)

amendments. *Compost Science and Utilization*, 18: 162-173.

- Bronick, E.J. and Lai, R., 2005. Soil structure and management: A review. *Geoderma*, 124: 3-22.
- Tester, C.F., 1990. Organic amendment effects on physical and chemical properties of a sandy soil. *Soil Science Society American Journal*, 54(3): 827-831.
- Eikani, M.H., Golmohammad, F., Mirza, M. and Rowshanzamir, S., 2007. Extraction of volatile oil from cumin (*Cuminum cyminum*) with superheated water. *Journal of Food Process Engineering*, 30(2): 255-266.
- Gholami Ganjeh, S. and Salehi, A., 2015. Effects of different levels of vermicompost and biofertilizers on essential oil content and uptake of some elements in cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 31(5): 822-830.
- Hajghani, M., Ghalavand, A. and Modarres Sanavy, S.A.M., 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.
- Karimi, E., Tadayyon, A. and Tadayon, M.R., 2016. The effect of humic acid on some yield characteristics and leaf proline content of safflower under different irrigation regimes. *Journal of Crops Improvement*, 18(3): 609-623.
- Karimi, E. and Tadayyon, A., 2018. Effect of humic acid spraying on yield and some morphological characteristic of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress conditions. *Applied Research in Field Crops*, 31(1): 19-38.
- Khalesro, S., Ghalavand, A., Sefidkon, F. and Asgharzadeh, A. 2012., The effect of biological and organic inputs on quantity and quality of essential oil and some elements content of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 27(4): 551-560.
- Khalesro, S. and Malekian, M., 2017. Effects of vermicompost and humic acid on morphological traits, yield, essential oil content and component in organic farming of Ajwan (*Trachyspermum ammi* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 32(6): 968-980.
- Khoram Ghahfarokhi, A., Rahimi, A., Torabi, B. and Maddah Hosseini, S., 2015. Effect of humic acid application and foliar spraying of compost tea and vermiwash on nutrient absorption and chlorophyll content of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Oil Plants Production*, 2(1): 71-84.
- Khosravi, M., Rizi, S., Barzegar, R. and Rabiei, G.R., 2016. Improving of quantitative and qualitative traits

منابع مورد استفاده

- Adamipour, N., Heiderianpour, M.B. and Zarei, M., 2016. Application of vermicompost for reducing the destructive effects of salinity stress on tall fescue turfgrass (*Festuca arundinacea* Schreb. 'Queen'). *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 7(1): 35-47.
- Afshari, M.A., Valadabadi, M., Daneshian, J. and Akbarinia, A., 2008. Study of agronomical properties of local population of *cuminum cyminum* L. in different nitrogen fertilizing levels. *New Finding in Agriculture*, 2(3): 213-223.
- Aghamirzaei, Z., 2016. The effect vermicompost and humic acid organic fertilizers on quantity traits of two cultivars of lentil. M.Sc. Thesis in Agronomy, Faculty of Agriculture, Lorestan University.
- Akbari, I. and Gholami, A., 2016. Evaluation of mycorrhizal fungi, vermicompost and humic acid on essence yield and root colonization of fennel. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(4): 840-853.
- Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S. and Metzger, J.D., 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effect on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, 78: 11-20.
- Bachman, G.R. and Metzger, J.D., 1998. The use of vermicompost as a media amendment, growth of tomatoes. *Plant Nutrition*, 27(6): 1107-1123.
- Bardel, J., Ghanbari, A. and Khajeh, M., 2014. The effects of salinity stress and type of applied fertilizer on some agronomic and quality characteristics of *Cuminum cyminum* L. in Sistan condition. *Electronic Journal of Crop Production*, 7(3): 183-201.
- Behzadi, Y. and Salehi, A., 2017. Effects of biological, organic, and chemical fertilizers on uptake of N, P, K, grain yield, and essential oil yield in anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 32(6): 1026-1036.
- Beyk Khurmizi, A., Ganjeali, A., Abrishamchi, P. and Parsa, M., 2013. Interactions of vermicompost and salinity on some morphological, physiological and biochemical traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. *Iranian Journal of Pulses Research*, 4(1): 81-98.
- Bian, Sh. and Jiang, Y., 2008. Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. *Scientia Horticulturae*, 120: 264-270.
- Bowden, C.L., Evanylo, G.K., Zhang, X., Ervin, E.H. and Seiler, J.R., 2010. Soil carbon and physiological responses of corn and soybean to organic

- Salami, M.R., Safarnejad, A. and Hamidi, H., 2006. Effect of salinity stress on morphological characters of *Cuminum cyminum* and *Valeriana officinalis*. *Pajouhesh & Sazandegi*, 72: 77-83.
- Salehi, A., Ghalavand, A., Sefidkon, F. and Asgharzade, A., 2011. The effect of zeolite, PGPR and vermicompost application on N, P, K concentration, essential oil content and yield in organic cultivation of German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Reseach*, 27(2): 188-201.
- Sangwan, P., Kaushik, C.P. and Garg, V.K., 2008. Feasibility of utilization of horse dung spiked filter cake in vermicomposters using exotic earthworm *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology*, 99: 2442-2448.
- Seid Jamali, Z., Astaraei, A.R. and Emami, H., 2015. Effects of humic acid, compost and phosphorus on growth characteristics of basil herb and concentration of micro elements in plant and soil. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 6(2): 187-205.
- Shahbazi, Sh., Fateh, E. and Aynehband, A. 2015., Evaluation of the effect of humic acid and vermicompos on yield and yield components of three wheat cultivars in tropical regions. *Journal of Plant Production*, 38(2): 99-110.
- Sowbhagya, H.B., Sathyendra Rao, B.V. and Krishnamurthy, N., 2008. Evaluation of size reduction and expansion on yield and quality of cumin (*Cuminum cyminum*) seed oil. *Journal of Food Engineering*, 84(4): 595-600.
- Talebi, P., Jabbarzadeh, Z. and Rasouli Sadaghiani, M.H., 2017. Effects of application mode and different concentrations of humic acid on yield and content of nutrients uptake of *Rosa chinensis* var. *minima* 'Baby Masquerade'. *Journal of Crops Improvement*, 18(4): 789-804.
- Varnaseri Ghandali, V., Rezvani Moghaddam, P. and Khoramdel, S., 2016. Investigation of yield and yield components of canary seed forage (*Phalaris canariensis* L.) in response to different levels of irrigation, organic and chemical fertilizers and their integration. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14(3): 526-538.
- of sport turf by humic acid and vemicompost application. *Journal of Crops Improvement*, 18(3): 727-741.
- Knudsen, D., Peterson, G.E. and Pratt, P.E., 1982. Lithium, sodium and potassium: 225-246. In: Page, A.L., (Ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy, Medison, WI, 1159p.
- Mackowiak, C.L., Grossl, P.R. and Bugbee, B.G., 2001. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. *Soil Science*, 65: 1744-1750.
- Mir Arab, T., Piri, E., Tavassoli, A. and Babaeiyan, M., 2016. The effect organic fertilizer on quantitative and qualitative characters of basil (*Ocimum basilicum*) in Sistan region. *Journal of Crop Ecophysiology*, 10(2): 327-338.
- Mozaffari, S., Khorasaninejad, S. and Gorgini Shabankareh, H., 2016. Effects of Irrigation content based on field capacity percent and hiuic acid on morph-physiological traits on medicinal plant (*Portulaca oleracea* L.). *Electronic Journal of Crop Production*, 9(3): 153-175.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A., 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(11): 1527-1536.
- Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R., 1982. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy, 1159p.
- Pirzad, A., Darvishzadeh, R. and Hassani, A., 2017. Seed yield and essential oil responses of Cumin to different irrigation regimes and super absorbent levels in Urmia climatic conditions. *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, 1(1): 1-12.
- Ramazani, E., 2016. Effects of humic acid and vermicompost on growth parameters and essence of *Mentha piperita* L. M.Sc. Thesis in agronomy, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan.
- Sadeghi, A.A., Hajmohammadnia Ghalibaf, K. and Seyyedi, S.M., 2017. The effects of vermicompost and urea fertilizers on nitrogen, phosphorus and potassium uptake in marshmallow (*Altheae officinalis* L.) organs. *Journal of Plant Ecophysiology*, 9(28): 123-132.

Effects of vermicompost and humic acid application on the uptake of macro-elements, seed, and essential oil yield of cumin (*Cuminum cyminum* L.)

V. Varnaseri Ghandali^{1*}, A. Nasiri Dehsorkhi², H. Makarian³ and P. Haghghat jou⁴

1*- Corresponding author, Ph.D. student of Agroecology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
E-mail: vidavarnaseri@gmail.com

2- Ph.D. student of Agroecology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

3- Department of Agronomy and Plant Breeding, Shahrood University, Shahrood, Iran

4- Department of Water, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

Received: February 2019

Revised: October 2019

Accepted: October 2019

Abstract

To study the effects of different levels of vermicompost and humic acid on the seed macro-elements uptake, seed yield, and essential oil of cumin (*Cuminum cyminum* L.), an experiment was conducted in a field located in Mobarakeh city as factorial based on a randomized complete block design with three replications during the growing season 2016-2017. Experimental treatments included vermicompost at three levels (0, 5 and 10 ton ha⁻¹) and foliar application of humic acid at four levels (0, 2, 4 and 6 lit ha⁻¹). The results showed that the application of 10 ton ha⁻¹vermicompost increased the essential oil yield and seed phosphorus content by 86.7 and 33% as compared to control, respectively. The foliar application of 4 lit ha⁻¹ humic acid along with 0, 5, and 10 ton ha⁻¹vermicompost application increased the seed potassium content by 27.8, 9.6, and 9.2% as compared to control, respectively. The highest percentage of seed nitrogen was observed in the combined application of humic acid at 4 lit ha⁻¹ and vermicompost at 10 ton ha⁻¹, which was 11.7% more than control. The foliar spray of 4 and 6 lit ha⁻¹ humic acid at 10 ton ha⁻¹ vermicompost increased seed yield by 11.1 and 9.9% as compared to control, respectively. The combined use of humic acid and vermicompost could meet the nutritional needs of cumin and could be considered as an effective step towards achieving sustainable agriculture goals while increasing quantitative and qualitative performance.

Keywords: Organic fertilizer, medicinal plants, foliar spraying, nitrogen.