

اثر محلولپاشی اسید هیومیک و نانوکودفارمکس بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد و میزان اسانس گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)

مجید عزیزی^۱ - زینب صفایی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۱۹

چکیده

امروزه شناخت منابع تامین کننده عناصر غذایی گیاهان زراعی در سیستم کشاورزی پایدار که سازگار با محیط زیست باشند، خصوصاً در سیستم‌های کشت گیاهان دارویی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تیمار کودی و سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۲ در دانشگاه فردوسی مشهد بر روی گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) انجام شد. تیمارها شامل نانوکود فارمکسدر دو سطح (صفر و یک میلی‌گرم در لیتر) و اسید هیومیک در چهار سطح (صفر، ۱، ۳، ۵ میلی‌گرم در لیتر) که بصورت جداگانه و ترکیبی سه مرتبه در مرحله ۸ برگ گیاه تا بعد از گلدهی هر دو هفته یکبار محلولپاشی شد. نتایج نشان داد که محلولپاشی با اسید هیومیک با غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر بر ارتفاع، شاخص سطح برگ، وزن خشک، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن دانه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، میزان و عملکرد اسانس تاثیر معنی‌داری داشت. کاربرد نانوکود فارمکس باعث افزایش رشد رویشی، عملکرد، اجزا عملکرد، میزان و عملکرد اسانس سیاهدانه شد. تیمارهای ترکیبی در سطوح مختلف تاثیر معنی‌داری بر روی وزن خشک بوته، وزن دانه در بوته و عملکرد بیولوژیکی، میزان و عملکرد اسانس داشتند و بر روی سایر صفات تاثیر معنی‌داری نداشتند. طبق نتایج این آزمایش کاربرد نانوکود فارمکس و تیمار ۶ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک در افزایش عملکرد و میزان موثره سیاهدانه نسبت به سایر تیمارها موثرتر بود.

واژه‌های کلیدی: کشت ارگانیک، کودهای آلی، گیاه دارویی، مواد موثره، نانوکود

مقدمه

سیستم کشاورزی، تامین عناصر غذایی برای گیاه یک امر ضروری و اجتناب ناپذیر است، بنابراین نحوه مدیریت حاصلخیزی خاک، کمیت و کیفیت محصول و عملکرد را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۱۵). کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی منجر به ایجاد مشکلات متعددی از قبیل تخریب ساختمان خاک و عدم توازن عناصر غذایی خاک شده است، از اینرو کاربرد کودهای آلی رو به افزایش است که می‌توانند موجب بهبود خصوصیات خاک و حاصلخیزی آن نیز گردند (۱۶). در ایران به دلیل استفاده بی‌رویه از کوه‌های شیمیایی و عدم استفاده از کودهای آلی، خاک‌های کشاورزی با کمبود مواد آلی مواجه هستند. کودهای آلیفرآورده‌های مناسب و کم خطری هستند که به طور عمده منشاء حیوانی یا گیاهی دارند و می‌توانند برای کشاورزی پایدار مناسب باشند (۱۷). بررسی‌ها نشان داده است که کودهای آلی سبب بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و عملکرد محصول را افزایش می‌دهند. یکی از ترکیبات آلی مهمی که در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته است، اسید هیومیک می‌باشد. این ترکیب از

امروزه با توجه به اثرات جانبی داروهای شیمیایی، مصرف و اهمیت گیاهان دارویی از گسترش روزافزونی برخوردار شده است (۲۶). سیاهدانه گیاهی است دولپه، علفی و یکساله با نام علمی *Nigella sativa* متعلق به خانواده آلاله (*Ranunculaceae*) می‌باشد. پراکندگی جهانی این گیاه در نواحی شمال آفریقا، جنوب اروپا، مناطق مدیترانه‌ای تا هندوستان، غرب و جنوب شرقی آسیا و استرالیا می‌باشد (۱۴). تاثیرات مصرف این گیاه در انسان شامل شیرآوری، ضدنفخ، مسهل، ضدانگل، ضدصرع، ضد باکتری، ضد تومور، مسکن و کاهش دهنده قند خون می‌باشد (۳۱). از آنجاکه در

۱ و ۲- استاد و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: azizi@um.ac.ir)

*- نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jhorts4.v0i0.41136

افزایش ۹۹ درصد عملکرد و افزایش ۳۲/۴ درصدی مقدار دانه داشت و افزایش صفات کمی و کیفی نسبت به شاهد گزارش گردید. بقایی و همکاران (۸) گزارش کردند که ارتفاع بوته، تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه در خوشه، طول خوشه، وزن خشک، عملکرد دانه برنج (*Oryza sativa*) بطور معنی داری تحت تأثیر نانو کود کلاته آهن افزایش می یابد. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر محلول پاشی اسید هیومیک و نانوکودفارمکس بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد، اجزای عملکرد، میزان و عملکرد اسانس گیاه دارویی سیاهدانه به اجرا در آمد.

مواد و روش ها

این آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با هشت تیمار و در سه تکرار انجام شد. این طرح در محل مزرعه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد در سال های ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. پیش از شروع آزمایش از خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری نمونه برداری و آنالیز انجام شد (جدول ۱). سپس زمسن مورد نظر تسطیح، آماده سازی و کرت بندی در ابعاد ۱/۵×۱/۵ متر صورت گرفت. در هر کرت ۴ ردیف کاشت به فاصله ۳۰ سانتیمتر ایجاد شد. عملیات کاشت بذر در تاریخ ۸ آبان ماه صورت گرفت. اولین آبیاری پس از کاشت و آبیاری های بعدی به فاصله هر ۷ روز یکبار با حجم مشخصی تا آخر فصل رشد انجام شد. گیاهان در مرحله ۴-۶ برگی برای حصول تراکم مناسب (۵ سانتیمتر روی ردیف) تنک شدند. تیمارهای آزمایش شامل اسید هیومیک با سطوح (۰، ۱، ۳، ۶ میلی گرم در لیتر) و نانوکودفارمکس با سطوح (۰ و ۱ میلی گرم در لیتر) بودند. محلول پاشی تیمارهای کودی در مرحله ۸ برگی گیاه تا بعد از گلدهی هر دو هفته یکبار، عملاً سه مرتبه صورت گرفت. مشخصات اسید هیومیک و نانوکودفارمکس در جداول (۲ و ۳) نشان داده شده است. اسید هیومیک مورد استفاده در این آزمایش اسید هیومیک، با نام تجاری سوپرهیومیک بود. به منظور انجام آنالیزهای رشد، نمونه برداری از گیاهان در فروردین ماه ۱۳۹۲، از دو ردیف وسط هر کرت با حذف اثرات حاشیه ای و بصورت تصادفی از هر کرت آزمایشی در ۷ بوته انجام شد. برای تعیین سطح برگ از دستگاه اندازه گیری سطح برگ مدل (LI-3000A, USA) استفاده شد. برای تعیین وزن خشک گیاه، نمونه های گیاهی در آون دمای ۷۰ درجه سانتی گراد خشک شدند. با فرارسیدن مرحله رسیدگی، تعداد ۷ گیاه از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفاتی از قبیل ارتفاع گیاه، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته اندازه گیری شد. برای تعیین عملکرد نهایی در هر کرت، دو ردیف کناری و ۳۰ سانتیمتر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان اثر حاشیه ای حذف شدند و از سطح باقیمانده عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی تعیین شد. برای استخراج اسانس از دانه های گیاه از روش

تجزیه بقایای گیاهی یا حیوانی به دست می آید (۲۲ و ۲۸). اسید هیومیک با وزن مولکولی ۳۰۰۰۰-۳۰۰۰۰۰ کیلو دالتون و اسید فولویک هم با وزن مولکولی کمتر از ۳۰۰۰۰ کیلو دالتون به ترتیب سبب تشکیل کمپلکس های پایدار و نامحلول و کمپلکس های محلول با عناصر میکرو می گردند (۱۷). از مزایای مهم اسید هیومیک می توان به کلات کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و سایر عناصر در جهت غلبه بر کمبود عناصر غذایی اشاره کرد (۱۷). همچنین اسید هیومیک موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، افزایش تهویه خاک، بهبود دانه بندی خاک، بهبود مقاومت به خشکی، افزایش تبدیل عناصر به فرم های قابل دسترس برای گیاه و افزایش درصد نیتروژن خاک می گردد (۴ و ۱۰). کاسیلیا و همکاران (۱۰) گزارش کردند که اسید هیومیک سبب کاهش عملکرد اسانس و ارتفاع گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) می گردد اما بطور معنی داری وزن تر و خشک گیاه و فعالیت آنتی اکسیدانی آنرا افزایش داد. خزاعی و همکاران (۱۹) گزارش کردند که اسید هیومیک میزان اسانس، شاخص های رشد و بیوماس گیاه زوفا (*Hyssopus officinalis*) را افزایش می دهد. فناوری نانو در زمره فناوری های جدیدی است که در مرحله آغازین رشد خود قرار دارد. فناوری نانو همی عرصه های دانش را تحت تأثیر قرار داده و علم کشاورزی نیز از این قاعده مجزا نیست (۱۲). یکی از مهم ترین کاربردهای فناوری نانو در زمینه ها و گرایش های مختلف کشاورزی در بخش آب و خاک، استفاده از نانوکودها برای تغذیه گیاهان می باشد (۲۲). استفاده از نانوکودها منجر به افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رساندن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کود و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می شود. با بکارگیری نانوکودها، زمان و سرعت رهاسازی عناصر با نیاز غذایی گیاه مطابق و هماهنگ می شود، لذا گیاه قادر به جذب بیشترین مقدار مواد غذایی بوده و در نتیجه ضمن کاهش آبتجویی عناصر، عملکرد محصول نیز افزایش می یابد (۱۳). نانوکودفارمکس یک کود تجاری می باشد که دارای طیف وسیعی از عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف است همچنین این کود دارای عنصر نانوسیلیس می باشد. کاربرد این کود پس از آزمایشات بر روی محصولات باغی نتایج امیدوار کننده داشته است و شرکت سازنده، بر اساس قوانین موجود اطلاعات زیادی را در خصوص نحوه ساخت و فرمولاسیون آن در اختیار قرار نداده است، لذا در این تحقیق به عنوان یکی از تیمارها، مورد بررسی قرار گرفت و امید است با بررسی های بیشتر و یافته های جدیدتر بتوان اطلاعات کاملتری در خصوص مکانیسم و چگونگی کارکرد آن گزارش نمود. نظران و همکاران (۲۴) اثر زمان محلول پاشی با نانو کود آلی کلات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی گندم (*Triticum aestivum*) را بررسی نمودند و عنوان داشتند که محلول پاشی با نانو کود در مرحله ساقه دهی بهترین نتیجه را با

شد. برای تجزیه واریانس داده‌های آزمایش و رسم نمودارها، به ترتیب از نرم‌افزارهای Minitab-16 و Excel استفاده شد. مقایسه کلیه میانگین‌ها در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و براساس آزمون LSD انجام شد.

تقطیر با آب استفاده شد. به این ترتیب که نمونه‌های ۲۰ گرمی آسیاب شده و بلافاصله با ۲۵۰ میلی‌لیتر آب، در بالن ۵۰۰ میلی‌لیتری مخلوط شد و ۳ ساعت بعد از جوش آمدن، میزان اسانس در کلونجر اندازه‌گیری شد و بر اساس درصد حجمی به وزنی (% V/W) گزارش شد. عملکرد اسانس براساس (عملکرد دانه × درصد اسانس) محاسبه

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش
Table 1- Physicochemical properties of soil experiment

بافت خاک Soil texture	پتاسیم (mg/kg) K	فسفر (mg/kg) P	نیتروژن کل (%) Total N	هدایت الکتریکی (dS/m) EC	اسیدیته خاک pH
لوم رسی Clay loam	334	19.7	0.3	8.35	7.9

جدول ۲- مشخصات اسید هیومیک مورد استفاده در این آزمایش
Table 2- Properties of humic acid used in this experiment

نام تجاری Commercial name	مس (mg/kg) Cu	منیزیم (mg/kg) Mg	مواد آلی Organic matter (%)	هیومیک اسید Humic acid (%)	آمینو اسید Amino acid (%)	پتاسیم (%) K	فسفر (%) P	کلسیم (%) Ca	آهن (mg/kg) Fe	نیتروژن (%) N	بور (mg/kg) B	روی (mg/kg) Zn	ویتامین (%)
سوپر هیومیک Super humic	23	12	92	37	6	12	0.05	3	2500	2	10	410	0.7

جدول ۳- مشخصات نانوکودفارمکس مورد استفاده در این آزمایش
Table 3- Properties of nanopharmax fertilizer used in this experiment

ترکیب Compound	CaO	F	SiO ₂	MgO	SO ₃	ZnO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	MoO ₃	K ₂ O	CuO	NiO	CoO	SrO	کل 100
غلظت Concentration (% w/w)	33.74	15.58	9.63	0.83	0.802	0.330	0.288	0.190	0.160	0.075	0.069	0.051	0.064	0.039	0.036	

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر نانوکودفارمکس و اسید هیومیک بر ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، شاخص سطح برگ و وزن خشک بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی حاکی از آن بود که بین غلظت‌های مختلف تیمارهای کودی نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. غلظت ۶ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر نانوکود دارای بیشترین تعداد شاخه فرعی، وزن خشک بوته، ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ بودند. سطوح مختلف اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند، در حالیکه با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و نانوکودفارمکس نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۵). اثر متقابل این دو کود بر وزن خشک بوته معنی‌دار بود بطوریکه بالاترین میزان در تیمار ۶ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک به همراه نانوکود فارمکس مشاهده شد (شکل ۱)، در حالیکه اثر متقابل نانوکود

فارمکس و اسید هیومیک بر سایر صفات مورفولوژیکی معنی‌دار نبود (جدول ۴). در این آزمایش مشخص شد که استفاده از کودهای آلی موجب افزایش رشد می‌گردند. غلظت ۶ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک و نانوکودفارمکس باعث افزایش صفات رشدی شدند در حالیکه شاهد و ۱ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک باعث کاهش این صفات شدند. خزاعی و همکاران (۱۹) گزارش کردند اسید هیومیک موجب افزایش اندام هوایی و رشد تعداد شاخه در گیاه زوفا (*Hyssopus officinalis*) می‌گردد. با کاربرد اسید هیومیک سطح برگ گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) افزایش یافت (۷). همچنین بررسی خرمدل و همکاران (۲۱) نشان داد که کودهای بیولوژیک شاخص‌های رشد در سیاهدانه (*Nigella sativa*) را نسبت به شاهد افزایش دادند. بالا کامبان و راجیامان (۶) افزایش ارتفاع گیاه سنا (*Cassia angustifolia*) در اثر کاربرد اسید هیومیک را گزارش کردند. کودهای آلی با بهبود وضعیت pH خاک، ظرفیت نگهداری آب در خاک و افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی موجب افزایش رشد گیاه می‌شوند (۱۵). استفاده از اسید هیومیک صفات

مورفولوژیک گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa*) را تحت تاثیر قرار داد و موجب بهبود این صفات گردید. اسید هیومیک از طریق اثرات هورمونی و با تاثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و همچنین با قدرت کلات کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی سبب افزایش ارتفاع گیاه می‌شود. این ترکیب آلی از طریق افزایش در میزان نیتروژن سبب افزایش رشد شاخساره و اندام‌های هوایی گیاه می‌شود. در مرحله ساقه رفتن که مرحله رشد سریع گیاه است و شرایط محیطی نیز در آن زمان مناسب می‌باشد، گیاه نیاز بیشتری به عناصر غذایی داشته و اسید هیومیک از طریق فراهمی جذب بیشتر عناصر غذایی سبب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود. اسید هیومیک با افزایش تولید مواد فتوسنتزی سبب افزایش تعداد شاخه فرعی در گیاه و تولید ماده خشک بیشتر می‌شود (۱، ۵، ۱۱ و ۳۱). بزرگی (۹) نیز نشان داد که نانوکود آلی کلاته آهن باعث افزایش ارتفاع گیاه بادمجان (*Solanum elongata*) شده است. نانوکود کلات آهن باعث افزایش سرعت رشد، سطح برگ و فتوسنتز گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) شد (۲۵). ژانگ و همکاران (۳۲) گزارش کردند نانوکود اکسید تیتانیوم موجب افزایش وزن خشک گیاه اسفناج (*Spinaciaeracealo*) می‌گردد. نانوکودها. به دلیل آزادسازی آرام و کنترل شده مواد غذایی، افزایش میزان فراهمی مواد غذایی مورد نیاز گیاهان و قابلیت در رهاسازی عناصر غذایی مطابق با نیاز گیاه، منجر به جذب حداکثری عناصر توسط گیاه و افزایش رشد می‌شوند (۱۳). در رابطه با تاثیر نانوکودفارمکس بر رشد گیاه اطلاعات قابل دسترسی وجود ندارد. به نظر می‌رسد نانو ذرات سیلیس موجود در این کود موجب افزایش مواد فتوسنتزی گیاه شده است و این مواد شرایط را برای بهبود رشد رویشی گیاه فراهم کرده است همچنین نانوکود-فارمکس دارای طیف وسیعی از عناصر غذایی پرمصرف (کلسیم، منیزیم، پتاسیم، گوگرد) و کم مصرف (آهن، روی، مس، مولیبدن، کبالت) است لذا علت افزایش رشد رویشی گیاه را در اثر کاربرد این کود را می‌توان به افزایش فراهمی عناصر غذایی، بهبود دسترسی و جذب بیشتر، توسط گیاه نسبت داد. بالا بودن کارایی جذب و سطح مخصوص نانو ذرات در مقایسه با ذرات معمول، اثر گذاری بیشتر این ذرات را می‌تواند توجیه کند (۲۲، ۲۷ و ۳۰).

عملکرد و اجزای عملکرد دانه

عملکرد دانه حاصل برآیند مجموعه‌ای از اجزاست. در این آزمایش اثر نانوکودفارمکس بر عملکرد دانه، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن دانه در بوته و عملکرد بیولوژیکی در سطح یک درصد معنی دار بود. در حالیکه اسید هیومیک بر تعداد کپسول در بوته در سطح پنج درصد و بر تعداد دانه در کپسول، وزن دانه در بوته و عملکرد بیولوژیکی در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۴). نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۵) عملکرد دانه، تعداد کپسول در بوته،

تعداد دانه در کپسول، وزن دانه در بوته و عملکرد بیولوژیکی حاکی از آن است که نانوکودفارمکس و غلظت ۶ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک دارای بالاترین عملکرد دانه، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن دانه در بوته و عملکرد بیولوژیکی بوده و اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان دادند. همچنین بین غلظت‌های ۱ و ۳ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل نانوکود فارمکس و اسید هیومیک بر عملکرد بیولوژیکی و وزن دانه در بوته معنی‌دار شد (جدول ۴) بطوری‌که بالاترین عملکرد بیولوژیکی و وزن دانه در بوته در تیمار نانوکودفارمکس به همراه غلظت ۶ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک مشاهده شد (شکل‌های ۱، ۲). کشاورز و همکاران (۲۰) افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت اثر نانوکودآلی کلاته آهن بر روی گندم (*Triticumae stivum*) را گزارش کردند. همچنین شبان و همکاران (۲۹) گزارش کردند که اسید هیومیک باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در گندم (*Triticumae stivum*) می‌گردد. تعداد کپسول در گیاه یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد است که پتانسیل عملکرد گیاه را تعیین می‌کند. زیرا کپسول، از یک طرف در برگ‌برنده تعداد دانه بوده و از طرفی تولید کننده آسیمیلات مورد نیاز دانه می‌باشد. از بین اجزای عملکرد، وزن دانه و تعداد دانه در کپسول در کنترل خصوصیات ژنتیکی بوده و کمتر تحت تاثیر عوامل زراعی و محیطی قرار می‌گیرند. تعداد دانه در کپسول در واقع ظرفیت مخزن گیاه را مشخص می‌کند. هر چه تعداد دانه بیشتر باشد گیاه دارای مخزن بزرگ‌تری برای آسیمیلات تولید شده می‌باشد و باعث افزایش عملکرد می‌شود. البته وجود شرایط مناسب از جمله تامین آب و عناصر غذایی کافی ضروری است، در غیر این صورت شرایط نامناسب منجر به پوکی و توخالی شدن کپسول‌ها می‌شود یعنی یا دانه‌ها تشکیل نمی‌شود و یا ممکن است تشکیل شود، اما پر نگردد (۱۷، ۲۱ و ۲۳). مواد هیومیکی از طریق تحرک بخشیدن یون‌ها و نیز متابولیسم فیزیولوژی گیاه، سبب بهبود جذب عناصر غذایی شده و این امر باعث افزایش رشد زایشی گیاه می‌شود (۱۷). بالا کامبان و راجامان (۶) اعلام داشتند اسید هیومیک سبب افزایش سطح برگ در گیاه شده و از این طریق باعث افزایش میزان فتوسنتز و به دنبال آن سبب افزایش عملکرد می‌گردد. اسید هیومیک با تامین عناصر غذایی گیاه سیاهدانه، با بهبود نیتروژن برگ و افزایش سرعت فتوسنتز این گیاه، سرعت رشد و بیوماس گیاه را افزایش داده است. به نظر می‌رسد نانوکودفارمکس به دلیل رهاسازی کنترل شده عناصر غذایی در تمام فصل رشد، سبب افزایش نگهداری آب و فراهمی جذب بیشتر عناصر غذایی، افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی گردیده که این مسئله در نهایت به افزایش گلدهی، افزایش رشد زایشی و بهبود عملکرد و اجزای عملکرد انجامیده است. سیلیس بیشتر بر رشد زایشی گیاه تاثیرگذار است لذا به نظر می‌رسد نانو ذرات سیلیس کودفارمکس موجب افزایش مقدار فتوسنتز، محتوای

کلروفیل، ماده خشک، افزایش رشد زایشی، بهبود عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه گردیده است (۱۵، ۲۵ و ۲۷).

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر نانو کود فارمکس و اسید هیومیک بر صفات مورفولوژیکی سیاهدانه (*Nigella sativa*)

Table 4- ANOVA of the nanopharmax fertilizer and humic acid effect on morphological traits of *Nigella sativa* L.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares					
		ارتفاع بوته Height (cm)	شاخص سطح برگ LAI	وزن خشک بوته Dry weight (g)	تعداد شاخه فرعی Number of branches	تعداد کپسول در بوته Capsule per plant	تعداد دانه در کپسول Seeds per capsule
بلوک Block	2	*4.5	0.0008*	0.002 ^{ns}	1.54*	19.04**	4.54 ^{ns}
نانو کود Nano fertilizer	1	30.37**	0.247**	1.56**	10.66**	20.16**	1.468**
اسید هیومیک Humic acid	3	37.10**	0.0019**	0.37**	4.16**	4.11*	106.7**
اثر متقابل Interaction	3	2.93 ^{ns}	0.0005 ^{ns}	0.54**	0.66 ^{ns}	0.72 ^{ns}	16.72 ^{ns}
خطای آزمایش Error	14	0.827	0.0002	0.0061	0.398	0.756	9.11
ضریب تغییرات (%) CV(%)		2.65	6.13	4.6	12.1	18.69	4.01

* و **: به ترتیب نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد^{ns}: عدم وجود اختلاف معنی دار
* Is significant at the 5% level. ** Is significant at the 1% level. ^{ns} not significant

ادامه جدول ۴- تجزیه واریانس اثر نانو کود فارمکس و اسید هیومیک بر صفات مورفولوژیکی سیاهدانه (*Nigella sativa*)

Table 4 Analysis of variance effect nanopharmax fertilizer and humic acid on morphological traits of *Nigella sativa* L.

منبع تغییرات S.o.v	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares				
		وزن دانه در بوته Seeds weight per plant (g)	عملکرد دانه Seed yield (Kg/ha)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (Kg/ha)	اسانس Essential oil (%V/W)	عملکرد اسانس Essential oil yield (Kg/ha)
بلوک Block	2	0.009 ^{ns}	32.3 ^{ns}	601**	0.0005 ^{ns}	12.94 ^{ns}
نانو کود Nano fertilizer	1	1.88**	18537**	126440**	0.21**	2121.2**
اسید هیومیک Humic acid	3	0.41**	570.4**	12372**	0.083**	806.47**
اثر متقابل Interaction	3	0.27**	395.5 ^{ns}	3320**	0.007**	80.02**
خطای آزمایش Error	14	0.0111	259.5	167	0.001	28.09
ضریب تغییرات (%) CV(%)		5.91	3.71	6.3	2.89	5.2

* و **: به ترتیب نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد^{ns}: عدم وجود اختلاف معنی دار
* Means significant at the 5% level. ** Means significant at 1% level. ^{ns} Means not significant

عملکرد و میزان اسانس

اثر نانو کود فارمکس و اسید هیومیک بر میزان و عملکرد اسانس در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۴). نتایج جدول مقایسه میانگین میزان و عملکرد اسانس حاکی از آن است که نانو کود فارمکس نسبت به شاهد اختلاف معنی داری داشت. سطوح ۳ و ۶ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک نسبت به شاهد و غلظت ۱ میلی گرم دارای بالاترین عملکرد اسانس بودند (جدول ۵). همچنین اثر متقابل نانو کود فارمکس و اسید هیومیک بر میزان و عملکرد اسانس معنی دار شد (جدول ۴). بطوریکه بالاترین میزان و عملکرد اسانس در تیمار نانو کود فارمکس به همراه غلظت ۶ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک مشاهده شد (شکل های ۳، ۴). در این آزمایش مشخص شد مقدار اسانس در دانه های سیاهدانه در اثر استفاده از هر دو نوع کود آلی افزایش یافت. اسید هیومیک میزان اسانس گیاه زوفا (*Hyssopus officinalis*) را افزایش داد (۱۹)، همچنین عموماً و همکاران (۲) افزایش میزان مواد موثره گیاه همیشه بهار (*Calendula*)

(*officinalis*) تحت تاثیر نانو کود کلات آهن گزارش کردند. به نظر می رسد فراهم بودن بیشتر عناصر غذایی برای گیاه در تیمارهای کودی باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی شده است (۲۱)، که به نوبه خود بر افزایش میزان تولید متابولیت های ثانویه نیز تاثیر گذار است. تغذیه مناسب گیاهان در غالب کودهای مختلف، سبب تقویت مسیرهای درگیر در تولید متابولیت های ثانویه می شود. به نظر می رسد که تیمارهای کودی در ساختمان آنزیم هایی که در مسیرهای بیوشیمیایی درگیر در سنتز مواد موثره گیاهی موثر هستند، دخیل است. همانطور که کمبود مواد غذایی سبب کاهش عملکرد و به دنبال آن کاهش میزان مواد موثره است، عدم توازن در کاربرد کودها نیز اثری مشابه داشته و سبب کاهش میزان اسانس تولیدی خواهد شد (۱۸). عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و عملکرد گیاه می باشد. افزایش عملکرد اسانس در تیمارهای کودی را می توان به افزایش عملکرد دانه در این تیمارها نسبت داد.

جدول ۵ - مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی، عملکرد، میزان و عملکرد اسانس سیاهدانه

Table 5- Comparison of average in morphological traits, yield, essential oil content and yield of *Nigella sativa* L.

تیمار Treatment	ارتفاع Height (cm)	شاخ ص سطح برگ LAI	وزن خشک بوته Dry weight (g)	تعداد شاخه فرعی Number of branches	تعداد کپسول بوته Capsule per plant	تعداد دانه در کپسول Seeds per capsule	وزن دانه در بوته Seeds weight per plant (g)	عملکرد دانه Seed yield (Kg/ha)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (Kg/ha)	اسانس Essential oil (% V/W)	عملکرد اسانس Essential oil yield (Kg/ha)
شاهد control	41.2 b	0.26b	1.3 b	5.4 b	8.4 b	68.4 b	1.6 b	۸۴۱ b	2285.16 b	0.25 b	21.31 b
نانو کود fertilizer	43.1 a	0.30a	1.8 a	6.8 a	9.8 a	75.5 a	2 a	908.41 a	2454.58a	0.44 a	40.11 a
اسید هیومیک Humic acid											
شاهد control	41.2 b	0.26b	1.3 c	5.2 b	8.3 b	68.8d	1.55 b	846.3 b	2351.5b	0.31 c	26.49c
1	42.8 a	0.3 a	1.3 c	5.8 b	9 b	71 c	1.6 b	854.7b	2361.66 b	0.28 d	25.38 c
3	43.7a	0.3a	1.6 a	6.2ab	9.8 b	73.3 b	2 a	876.3 b	2352.5 b	0.35 b	30.88 b
6	43.8 a	0.3 a	1.6 a	7.2 a	11.2 a	75.3a	2 a	900.8 a	2413.83 a	0.44 a	40.1 a

میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD می باشد

Similar letters in each column indicate no significant difference at $P < 0.05$ based on LSD test

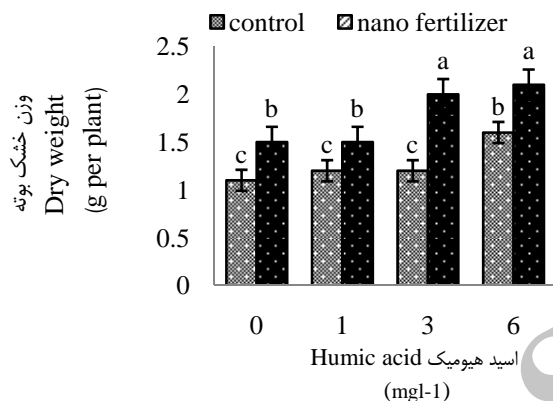
نتیجه گیری کلی

بالا عملکرد اقتصادی بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشتند این افزایش عملکرد به افزایش تعداد کپسول و تعداد دانه در بوته مربوط بود. اسید هیومیک، با بهبود نیتروژن برگ و افزایش سرعت فتوسنتز این گیاه، سرعت رشد و عملکرد گیاه را افزایش داد، همچنین نانو کود

نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد نانو کود فارمکس و غلظت ۶ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک به دلیل رشد رویشی بهتر، توسعه کانوبی و در نتیجه استفاده مناسب تر از تشعشع خورشیدی و فتوسنتز

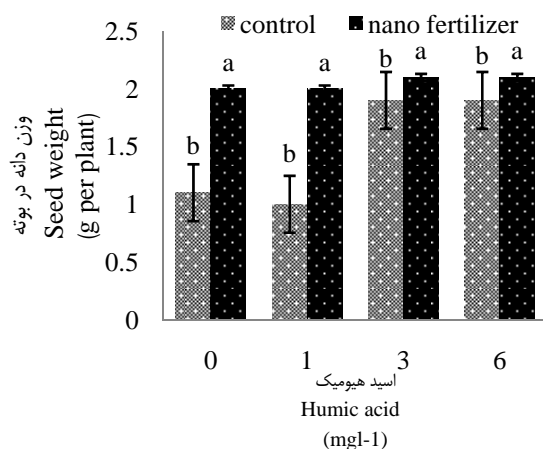
زایشی و بهبود اجزای عملکرد و افزایش میزان اسانس سیاهدانه گردید. در مجموع کاربرد نانوکود فارمکس و اسید هیومیک در سیاهدانه قابل توصیه است همچنین می‌توانند در کاهش مصرف کودهای شیمیایی و آلودگی زیست نقش مثبتی ایفا کنند.

فارمکس به دلیل دارا بودن طیف وسیعی از عناصر غذایی پرمصرف، کم مصرف و نانوذرات سیلیس موجب رهاسازی کنترل شده عناصر غذایی در تمام فصل رشد، افزایش نگهداری آب و فراهمی جذب بیشتر عناصر غذایی، افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی گردید، که این مسئله در نهایت موجب افزایش گلدهی، افزایش رشد



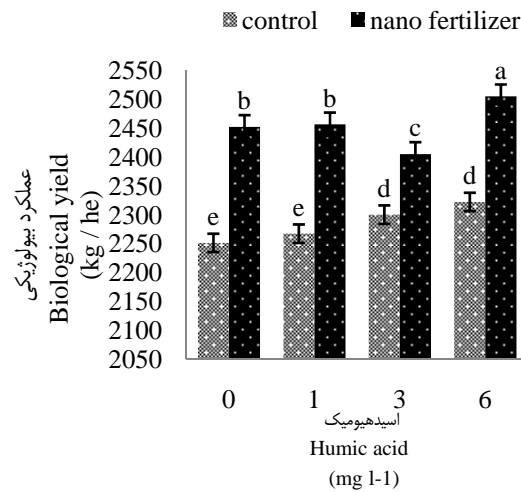
شکل ۱- اثر متقابل نانوکودفارمکس × اسید هیومیک بر وزن خشک بوته گیاه سیاهدانه

Figure 1- Interaction effect between nanopharmax fertilizer ×humic acid on dry weight of *Nigella sativa*L.



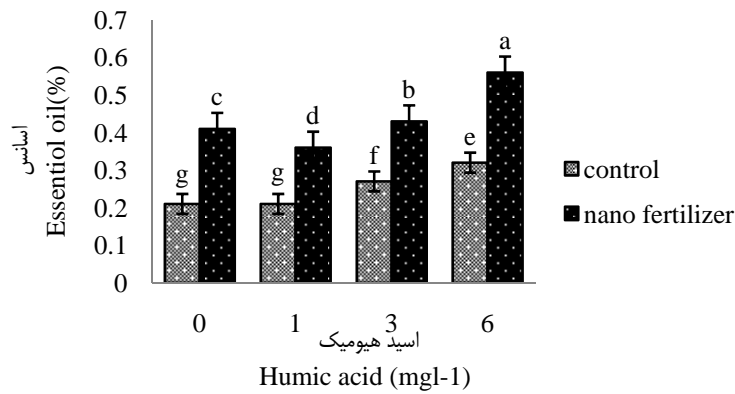
شکل ۲- اثر متقابل نانوکودفارمکس × اسید هیومیک بر وزندانه در بوته سیاهدانه

Figure2-Interaction effect between nanopharmax fertilizer ×humic acid on *Nigella sativa* L. seedweightper plant



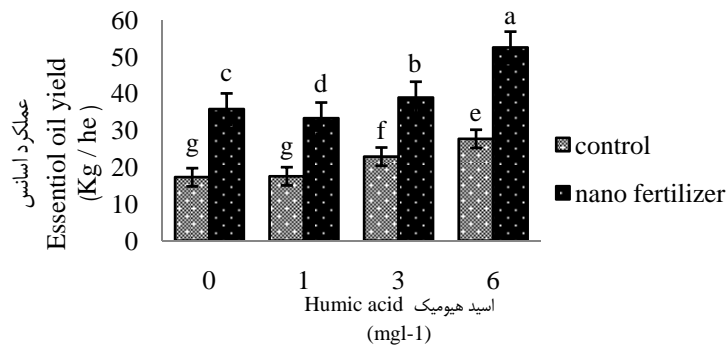
شکل ۳- اثر متقابل نانوکودفارمکس × اسید هیومیک بر عملکرد بیولوژیکی گیاه سیاهدانه

Figure 3- Interaction effect between nanopharmax fertilizer × humic acid on biological yield of *Nigella sativa* L.



شکل ۴- اثر متقابل نانوکودفارمکس × اسید هیومیک بر میزان اسانس گیاه سیاهدانه

Figure 4- Interaction effect between nanopharmax fertilizer × humic acid on essential oil content of *Nigella sativa* L.



شکل ۵- اثر متقابل نانوکودفارمکس × اسید هیومیک بر عملکرد اسانس گیاه سیاه دانه

Figure 5- Interaction effect between nanopharmax fertilizer × humic acid on essential oil yield of *Nigella sativa* L.

- 1-Albayrak S., and Camas N. 2005. Effect of different levels and application times of humic acid on root and leafy yield and yield component of Forage turnip (*Brassica rapa*L.). Journal of Agronomy, 42: 130-133.
- 2-Amuamuha L., Pirzad A., and Hadi H. 2012. Effect of varying concentrations and time of nano iron foliar application on the yield and essential oil of pot Marigold (*Calendula officinalis* L.). Journal of Applied and Basic Sciences, 3(10): 2085-2090.
- 3- Arancon Q., Edwards C.A., Lee S., and Byrne R. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. European Journal of Soil Biology, 42: 865-869.
- 4-Ayas H., and Gulser F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach (*Spinacia oleracea* L.). Journal of biological sciences, 5(6): 801- 804.
- 5-Azarpou A. 2012. Evaluation and determination of the best time of priming and priming solution levels for germination indexes of fenugreek (*Trigonella foenum-gracum* L.). Journal of Agricultural and Biological Science, 7(3): 141-146.
- 6- Balakumbahan R., and Rajamani K. 2010. Effect of bio stimulants on growth and yield of Senna (*Cassia angustifolia* L.). Journal of Horticultural Sciences, 2(1): 16-18.
- 7- Befrozfar M.R., Habibi D., Asgharzadeh A., Sadeghi- Shoaie M., and Tookaloo M.R. 2013. Vermicompost, plant growth promoting bacteria and humic acid can affect the growth and essence of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Annals of Biological Research, 4(2): 8-12.
- 8-Baghai N., Keshavarzan N., and Nazaran M.M. 2011. Effect of Khazranano-chelated iron fertilizer on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.). 1th National Conference on Modern Topics in Agriculture.
- 9-Bozorgi H.M. 2013. Study effects of nitrogen fertilizer management under nano iron chelate foliar spraying on yield components of eggplant (*Solanum melongena* L.). Journal of Food Science and Technology 5(4): 398-403.
- 10- Cacilia R., Juarez R., Craker L., and Mendoza A. 2011. Humic substances and moisture content in the production of biomass and bioactive constituents of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Articulocientifico, 34(3): 183-188.
- 11-Chen Y., Clapp C.E., and Magen H. 2004. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes. Soil Science and Plant Nutrition, 50: 1089-1095.
- 12-Cu H., Sun C., Liu Q., Jiang J., and Gu W. 2006. Applications of nanotechnology in agrochemical formulation, perspectives, challenges and strategies. P. 1-6. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture. Chinese Academy of Agricultural Sciences. Beijing. Chin.
- 13- Derosa M.R., Monreal C., Schnitzer M., Walsh R., and Sultan Y. 2010. Nanotechnology in fertilizers. Nature Nanotechnol, 5: 91.
- 14-Davazdahemami S., and Majnoonhossein N. 2008. Cultivation and production of some medicinal and spice plants. Tehran University Publication. 300 pages.
- 15- El-Ghamry A., Kamar M., El- Hai A., and Khalid G. 2009. Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance of Broad bean (*Faba vulgaris* L.) cultivated in clayey soil. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(2): 731-739.
- 16-Griffe P., Metha S., and Shankar D. 2003. Organic production of medicinal, aromatic and dye-yielding plants (MADPs): Forward, Preface and Introduction, FAO.
- 17-Ghorbani S., Khazayi H.M., Kafi M., Banayanaval M. 2010. Effect of Humic acid in irrigation water on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). Journal of Ecology, 2(1): 131-123. (In Persian with English abstract).
- 18-Hassanpouraghdam M.B., Tabatabaie S.J., Nazemiyeh H. and Aflatuni A. 2008. N and nutrition levels affect growth and essential oil content of costmary (*Tanacetum balsamita* L.). Food, Agriculture and Environment, 6(2): 150 -154.
- 19-Khazaie H.R., EyshiRezaie E., and Bannayan M. 2011. Application times and concentration of humic acid impact on above ground biomass and oil production of hyssop (*Hyssopus officinalis*). Medicinal Plants Research, 5(20): 5148-5154.
- 20- Keshavarz N., Baghai N., and Ghafari M. 2011. Effect of foliar applications of chelated iron nano-organic fertilizer on quantitative and qualitative properties of dryl and wheat (*Triticum aestivum* L.). 1th National Conference on Modern topics in Agriculture. Saveh Islamic Azad University.
- 21-Khoramdel S., kuchaki A., NasiriMahalati M., and Ghorbani R. 2008. Effect of biofertilizers on growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Agriculture Research, 6: 294-285. (In Persian with English abstract).
- 22- Monreal C.M. 2010. Nanofertilizers for Increased N and P Use Efficiencies by Crops. p. 12-13. In summary of information currently provided to MRI concerning applications for Round of the Ontario Research Fund-Research Excellence program.
- 23- Musazadeh M., Baradaran R., and Seghatoleslami M.M. 2009. Investigation of density and spraying time effects on the yield and yield components and harvest index of black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Agriculture Research, 8: 42-48. (In Persian with English abstract).
- 24- Nazaran M.H., Khalaj H., Labafi M.R., Shamsabadi M., and Razazi A. 2009. Investigation of iron chelated nano-organic fertilizer spraying time effect on quantitative and qualitative dryl and wheat (*Triticum aestivum* L.). Second

- National Conference on Application of Nanotechnology in Agriculture. Seed and Plant Improvement Institute. Karaj. 16th to 15th October.
- 25- Nazari M., Mehrafarin A., Naghdibadi H., and Khalighi-sigaroodi F. 2012. Morphological traits of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) as influenced by foliar application of methanol nano-iron chelate fertilizers. *Annals of Biological Research*, 3 (12):5511-5514.
- 26- Omidbaigi R. 2009. Production and processing of medicinal plant (3rd edition. Vol. 1). Razavi Ghods Astan Publication. 347 pp.
- 27- Prasad T.N., Sudhakar P., Sreenivasulu Y., Latha P., Munaswamy V., Raja Reddy K., Sreeprasad T.S., Sajanlal P.R., and Pradeep T. 2012. Effect of nanoscale Zinc Oxide on the germination, growth and yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 35: 905-912.
- 28- Shaalan M.N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) plants. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 83:811-828.
- 29- Shaban S.H.A., Manal F., and Afifi H.M.N. 2009. Humic acid Foliar application to Minimize soil applied fertilization of surface-irrigated Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural science*, 5(2):207-210.
- 30- Soumare M.F., Tack M.G., and Verloo M.G. 2003. Effect of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. *Bioresource Technology*, 86: 15-20.
- 31- Terzi A., Coban S., Yildiz F., Ates M., Bitiren M., Taskin A., and Aksoy N. 2010. Protective effects of black cumin (*Nigella sativa* L.) on intestinal ischemia-reperfusion injury in rats, *Journal of Investigative Surgery*, 23(1): 21-27.
- 32- Zhang L., Hong F., Lu S., and Liu C. 2005. Effect of nano TiO₂ on strength of naturally aged seeds and growth of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Biological Trace Element Research* 105: 83-9.

Archive of SID