روابط خاک و گیاه / سال سیزدهم / شماره دوم / تابستان ۱۴۰۱ / صفحات ۵۱-۳۵ مقاله پژوهشی

تأثیر مصرف ورمی‌کمپوست تهیه شده از باگاس نیشکر و محلول‌پاشی عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بر برخی از صفات رشدی و عملکرد کلزا

سید هادی حسینی جعفری[1] و محمد جواد زارع*

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۸)

چکیده

مدیریت صحیح تغذیه اکوسیستم‌های زراعی یکی از راه‌های مهم در موفقیت سیستم‌های تولید گیاهان زراعی و مدیریت پایدار خاک است. در این گران برای بررسی آثار ورمی‌کمپوست و عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بر برخی صفات رشدی و عملکردی کلزا آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل محلول‌پاشی با عصاره ریزجلبک اسپیرولینا در ۴ سطح (۰، ۲، ۴، و ۶ درصد) و ۵ سطح مخلوط ورمی‌کمپوست بر اساس درصد وزنی (شاهد، ۷۵٪ باگاس نیشکر + ۲۵٪ فضولات گاومیش، ۵۰٪ باگاس نیشکر + ۵۰٪ فضولات گاومیش، ۲۵٪ باگاس نیشکر + ۷۵٪ فضولات گاومیش و ۱۰۰٪ فضولات گاومیش) بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر برهم‌کنش کود ورمی‌کمپوست و عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بر صفات طول ریشه، وزن ریشه، سطح برگ، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، روغن دانه و پروتئین دانه کلزا معنی‌دار بود. همچنین کاربرد کود ورمی‌کمپوست و عصاره ریزجلبک اسپیرولینا منجر به بهبود صفات رشدی و عملکردی کلزا شد و بیش‌ترین میزان روغن دانه (با ۴۳/۳۵ درصد) و پروتئین دانه (۳۶/۸۵ درصد) در شرایط مصرف ۶ درصد عصاره جلبک اسپیرولینا به‌دست آمد. همچنین کاربرد ورمی‌کپوست حاصل از ۱۰۰ درصد فضولات گاومیش منجر به افزایش میزان روغن دانه و عملکرد دانه شد که در شرایط مصرف ۶ درصد عصاره جلبک اسپیرولینا به‌دست آمد. به‌طور کلی یافته‌های این پژوهش نشان داد با افزایش درصد کاربرد ورمی‌کمپوست حاصل از فضولات گاومیش در ترکیب باگاس نیشکر در تمامی سطوح عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بر افزایش عملکرد کلزا و درصد روغن اثر مثبت داشت.

واژه‌های کلیدی: کلزا، روغن دانه، پروتئین دانه ، صفات رشدی و عملکردی.

مقدمه

یکی از برنامه‌های کشورهای مختلف از جمله کشور ما، حفظ محیط زیست و دستیابی به توسعه پایدار است. کشاورزان معمولاً برای تولید حداکثر عملکرد محصولات زراعی، نهاده‌های شیمیایی را بیش از مقدار توصیه شده به‌کار می‌برند که علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید و آلودگی محیط زیست، سلامتی انسان را نیز به خطر انداخته و از این‌رو نگرانی‌های جدی را به وجود آورده است. با توجه به آثار

۱- گروه زراعت اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mj.zarea@ilam.ac.ir

نامطلوب مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، یافتن روشی که بتواند مصرف این کودها را کاهش دهد، ضروری به نظر می‌رسد. لذا مدیریت صحیح تغذیه اکوسیستم‌های زراعی یکی از راه‌های مهم در موفقیت سیستم‌های تولید گیاه زراعی و مدیریت پایدار خاک است. در این راستا لزوم توجه به کودهای زیستی و آلی برای تأمین بخشی از نیازهای کودی گیاهان زراعی و کاهش استفاده از کودهای شیمیایی، بیش از پیش احساس می‌شود (۴۹). کاربرد کودهای شیمیایی به‌عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک گسترش یافته است که این امر منجر به بروز مشکلات زیست-محیطی متعدد و کاهش کیفیت محصولات کشاورزی شده است. کشاورزی پایدار با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی راه‌حلی مناسب برای غلبه بر این مشکلات است (۳۹).

استفاده از جلبک‌های دریایی به‌عنوان کود برای اولین بار توسط ساحل‌نشینان در قرن نوزدهم مورد استفاده قرار گرفت. از مزایای کاربرد جلبک‌های دریایی می‌توان به کاهش اختلالات فیزیولوژیک ناشی از کمبود عناصر معدنی، افزایش تولید دانه و افزایش مقاومت نسبت به سرما و آفات را نام برد (۵۷). اسپیرولینا نام تجاری آرتروسپیرا است که *اسپیرولینا پلاتنسیس* (*SPirulina platensis*) از مهم‌ترین گونه‌های آن است (۴۷). ریزجلبک اسپیرولینا یک سیانوباکتر سبز-آبی رشته‌ای و مارپیچی است (۱۲). اسپیرولینا دارای مقدار زیادی پروتئین با کیفیت زیاد، شامل اسیدهای آمینه ضروری با ضریب هضم زیاد، رنگدانه‌هایی مانند کارتنوئیدها و فیکوسیانین، ویتامین‌ها و مواد معدنی مانند کلسیم و آهن است (۲۴). این ریزجلبک از نظر تجاری به‌عنوان منبع غذایی، خوراک دام و کود زیستی با ارزش غذایی زیاد است (۵۰). ریزجلبک‌ها منبعی از ریزمغذی‌ها و فیتوهورمون‌ها (جیبرلین‌ها، اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها) و فیلترها و هموژنه‌هایی هستند که رشد و کیفیت تغذیه‌ای را در گیاهان تربچه بهبود می‌بخشند (۲۲). یاسن و همکاران (۶۲) بیان کرد اسپری برگی جلبک اسپیرولینا در افزایش عملکرد کاهو مؤثر بود. جلبک اسپیرولینا به تنهایی یا همراه با کودهای آلی دیگر، به‌عنوان کود بیولوژیک برای بسیاری از محصولات مختلف استفاده می‌شود (۴). زیست‌توده اسپیرولینا شامل ۶۲٪ اسیدهای آمینه، کاروتن طبیعی و فیتوپیگمانت‌های گزانتوفیل است که به‌عنوان منبع طبیعی غنی از ویتامین B-12 و آنتی‌اکسیدان‌ها در نظر گرفته می‌شوند (۳۴). علیل و مصطفی‌شائو (۳) بیان کردند کاربرد عصاره جلبک دریایی به‌صورت اسپری روی گیاه کنجد منجر به افزایش تعداد شاخه و افزایش وزن هزار دانه شد. جریش و همکاران (۲۰) نشان دادند کاربرد عصاره جلبک سبز *Ulva lactuca* روی گیاه لوبیا منجر به افزایش عملکرد گیاه شد. ورمی‌کمپوست به‌عنوان یک کود آلی شناخته می‌شود که سرشار از مواد مغذی ضروری است و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود می‌بخشد. اثر برخی از گونه‌های کرم خاکی (مانند *Eiseniafetida*، *Lumbricusrubellus* و *Eudriluseugenae*) بر بسیاری از مواد آلی و بقایای مواد آلی باعث تولید ماده‌ای می‌شود که می‌تواند رشد گیاه را به میزان قابل توجهی افزایش دهد. استفاده از ورمی‌کمپوست در کشاورزی می‌تواند عملکرد، ارتفاع، تعداد گل و برگ و سلامت گیاه را افزایش دهد. غنی-سازی ورمی‌کمپوست تکنیکی برای بهبود کمّیت و کیفیت ورمی‌کمپوست است که می‌تواند با تلقیح زباله‌های زیستی، کودهای شیمیایی و ریزجانداران مفید مانند ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاهان و ریزجانداران حل‌کننده فسفات انجام شود. ورمی‌کمپوست غنی‌شده با سطوح مواد مغذی بیش‌تر را می‌توان با نرخ کم‌تر برای محصولات کشاورزی و برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها استفاده کرد (۱۷). کود حیوانی، ضایعات کاغذ و نیشکر یا پنبه، پسماندها، زباله‌های آشپزخانه و کشاورزی و همچنین زباله‌های شهری از جمله مواد آلی هستند که می‌توان برای تهیه ورمی‌کمپوست استفاده کرد (۳۳). ارزش غذایی ورمی‌کمپوست به منشأ آن بستگی دارد. گلچین و همکاران (۲۱) گزارش کردند که کودهای حیوانی ورمی‌کمپوست شده در مقایسه با کودهایی که از زباله‌های آلی شهری به‌دست می‌آیند ارزش تغذیه‌ای بیش‌تری دارند. مشخص شده است که ورمی‌کمپوست تولید شده از کود گاوی و خوکی

جدول ۱. میزان عناصر عصاره ریزجلبک *اسپیرولینا*.

Table 1. Nutrition analysis of *Spirulina* sp.

پروتئین خالص (٪)	چربی (٪)	رطوبت (٪)	کربوهیدرات (٪)	فیبر خالص (٪)	نیتروژن (g/kg)	پتاسیم (g/kg)	فسفر (g/kg)
57	8	5	24	3/6	71	19	11

پروتئین (٪): Protein (٪)، چربی (٪): Lipid (٪)، رطوبت (٪): Moisture (٪)، کربوهیدرات (٪): Carbohydrate (٪)، فیبر (٪): Fiber (٪)، نیتروژن: (g/kg) Nitrogen، پتاسیم: Potassium (g/kg)، فسفر: Phosphorus (g/kg)

و همچنین ضایعات غذایی سرعت جوانه‌زنی، رشد و گل‌دهی طیف وسیعی از گیاهان زینتی را افزایش داد (۸). کومار و همکاران (۳۶) تغییر نیتروژن، پتاسیم، فسفر در کاه گندم و مخلوط کود گاوی طی ۶۰ روز ورمی کمپوست مورد بررسی قرار داد و نشان داد که میزان نیتروژن، پتاسیم و فسفر به‌ترتیب از ۰/۸۴٪ به ۱/۳۴٪، ۰/۸۴٪ به ۱/۳۴٪ و ۱/۲۷٪ به ۱/۸۳٪ افزایش یافت. همچنین فیض‌آبادی و همکاران (۱۹) بیان کردند در اثر کاربرد کود ورمی‌کمپوست تعداد خورجین در بوته افزایش یافت. ۸۰ درصد تقاضای جهانی شکر از طریق کشت نیشکر برآورده می‌شود، پس از فرآوری صنعتی نیشکر، محصول جانبی عمده باگاس نیشکر به مقدار زیاد تولید می‌شود که پس از تمیز کردن و استخراج آب از نیشکر ایجاد می‌شود. کلزا با نام علمی *Brassica napus* متعلق به خانواده Brassicaceae است. با توجه به اهمیت زیاد کلزا، در برنامه خودکفایی کشور در راستای استحصال روغن، یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی در تأمین روغن خوراکی محسوب می‌شود (۴۴). با توجه به اهمیت تحقق اهداف کشاورزی پایدار و گیاه کلزا هدف از این پژوهش بررسی آثار کود ورمی‌کمپوست و عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بر برخی صفات رشدی و عملکردی گیاه کلزا است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر ورمی‌کمپوست و عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بر برخی از ویژگی‌های رشدی و عملکردی کلزا، در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان با طول شرقی ۴۰ ° و ۴۸ ° و عرض شمالی ۲۰ ° و ۳۱ ° و ارتفاع از سطح دریا ۱۸ متر اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل محلول‌پاشی عصاره ریزجلبک اسپیرولینا در ۴ سطح (۰، ۲، ۴ و ۶ درصد) و کود ورمی‌کمپوست در ۵ سطح (شاهد، ۷۵٪ باگاس نیشکر + ۲۵٪ کود گاومیش، ۵۰٪ باگاس نیشکر + ۵۰٪ کود گاومیش، ۲۵٪ باگاس نیشکر + ۷۵٪ کود گاومیش و ۱۰۰٪ کود گاومیش) بودند (۲۵).

پودر ریزجلبک اسپیرولینا از شرکت دانش‌بنیان ریزجلبکی پارسیان تهیه شد و گونه ریزجلبک مورد استفاده *Spirulina platensis* بود. پیش از استفاده از این زیست‌توده، اجزای تشکیل‌دهنده آن براساس دستورالعمل AOAC (Association of official Analytical chemists) (۲۹)، توسط آزمایشگاه کاسپین زیست فن‌آوران شهرستان ساری مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). برای عصاره‌گیری از جلبک، پس از تهیه پودر ریزجلبک اسپیرولینا، ۱ کیلوگرم از پودر را به همراه ۲۰ لیتر آب مقطر به مدت ۶۰ دقیقه جوشانده و پس از عبور از صافی عصاره استحصال شد (۵۴). پس از استخراج عصاره برای تهیه تیمارهای مختلف محلول‌پاشی عصاره ریزجلبک، مقادیر ۲، ۴ و۶ درصد با افزودن آب مقطر تهیه شده و در مراحل گل‌دهی و پرشدن دانه بر اندام هوایی گیاه مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین گیاه شاهد بدون اعمال عصاره ریزجلبک در نظر گرفته شد. کشت به‌صورت گلدانی انجام گرفت که در شرایط بیرون از محیط گلخانه کشت شدند (۱۳). برای اجرای این آزمایش۱۵ عدد بذر کلزا رقم هایولا ۵۰ در عمق حدوداً یک سانتی‌متر

جدول ۲. نتایج آزمون خاک گلدان.

Table 2. Results of potting soil test.

پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$)	فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	نیتروژن ($mg\ kg^{-1}$)	ماده آلی (%)	pH	EC_e ($dS\ m^{-1}$)
190	6.0	0.14	1.4	7.5	4.0

پتاسیم: Potassium، فسفر: Phosphorus، نیتروژن: Nitrogen، ماده آلی: Organic matter، pH: واکنش عصاره اشباع خاک (pH of saturated soil extract)، EC_e: رسانایی الکتریکی عصاره اشباع خاک (Electrical conductivity of saturated soil extract).

در گلدان‌های پلاستیکی به ابعاد ۵۰ سانتی‌متر ارتفاع و با قطر ۳۰ سانتی‌متر که دارای زهکش مناسب بودند، کشت شد. وزن هر گلدان ۱۵ کیلوگرم بود که ترکیبی از خاک مزرعه و ماسه به نسبت وزنی ۳:۱ مورد استفاده قرار گرفت. برخی ویژگی‌های خاک استفاده شده برای آزمایش در جدول (۲) نشان داده شده است. پیش از کشت، برای هر گلدان ۷۰ گرم در کیلوگرم کود ورمی‌کمپوست در نظر گرفته شد که با خاک به‌خوبی مخلوط شد، همچنین میزان مصرف کود شیمیایی برای شاهد ۲ گرم کود اوره (در زمان کشت و در ۲ مرحله ساقه رفتن و گل‌دهی به‌صورت سرک داده شد) و ۲ گرم پتاسیم و یک گرم سوپر تریپل فسفات در گلدان مورد استفاده قرار گرفت. کودهای شیمیایی اوره، فسفر و پتاسیم که تولید شرکت پتروشیمی رازی بودند و همچنین بذر مورد استفاده، از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان تهیه شد. دو هفته پیش از کشت، آزمون جوانه‌زنی بذر گرفته شد که در نهایت قوه نامیه بذور ۹۵٪ به‌دست آمد. کاشت بذرها در تاریخ ۵ آبان سال ۱۳۹۹ انجام گرفت. پس از استقرار کامل گیاهان، عملیات تنک کردن برای ایجاد تراکم ۳ بوته در گلدان انجام شد. عملیات محلول‌پاشی در ساعات اولیه صبح که میزان تبخیر کم است انجام شد به‌طوری که کل بوته‌ها از محلول مورد نظر خیس شدند و برداشت در اواخر فروردین انجام شد. بنابراین تعداد روز از کشت تا برداشت ۱۵۰ روز بود. روش تهیه ورمی‌کمپوست در ادامه شرح داده شده است:

تهیه و جمع‌آوری باگاس نیشکر از شرکت کشت و صنعت نیشکر انجام گرفت و همچنین فضولات گاومیش مورد استفاده از نوع گاومیش رودخانه‌ای (*River Buffaloes*) بوده که از دامداری‌های حاشیه رودخانه کارون شهرستان اهواز تهیه شد. فضولات گاومیش مورد نظر که عمری نزدیک ۶ ماه داشت در سه نوبت برای کاهش دما و همچنین شوری با آب فراوان شسته شد و سپس به مدت ۲ روز در محیط رها شد تا آب آن کاملاً خارج شود. به‌منظور جدا کردن ذرات درشت از فضولات گاومیش، توسط الک با اندازه چشمه ۳ میلی‌متر سرند شد. برای ساختن واحدهای آزمایشی، از سبدهای پلاستیکی ۱۰ کیلوگرمی دارای منافذ برای خروج آب با ابعاد ۵۰×۳۰ و ارتفاع ۲۲ سانتی‌متر استفاده شد. در تمام مدت آزمایش، دما و رطوبت محیط به ترتیب در دامنه ۲۵ تا ۲۸ درجه سلسیوس و ۶۵ تا ۷۵ درصد، و همچنین pH در دامنه ۷-۶ بود. سبدهای پلاستیکی توسط فضولات گاومیش و باگاس نیشکر با نسبت‌های وزنی ۷۵٪ باگاس نیشکر + ۲۵٪ فضولات گاومیش، ۵۰٪ باگاس نیشکر + ۵۰٪ فضولات گاومیش، ۲۵٪ باگاس نیشکر + ۷۵٪ فضولات گاومیش و ۱۰۰٪ فضولات گاومیش به میزان ۱۰ کیلوگرم پُر شدند. کرم خاکی گونه *Eisenia foetida* بوده که از یک تولیدی ورمی‌کمپوست معتبر واقع در شهرستان اهواز تهیه شده و پیش از تلقیح به بستر، به وسیله ترازوی دقیق توزین شده و سپس به میزان ۱۰۰ عدد کرم خاکی بالغ (دارای حلقه جنسی، *Cellitlum*) به هر واحد آزمایشی افزوده شد. از لحاظ میزان نور و با توجه به نور گریز بودن کرم‌های خاکی، بسترها در اتاقی دارای سایه نسبتاً کافی قرار داده شدند. سطح روی بسترها هیچگونه پوششی نداشته و به مدت هر هفته یک بار هوادهی و جابه‌جا می‌شدند. برای حفظ رطوبت، به‌طور منظم آبیاری بسترها صورت می‌گرفت. پس از گذشت ۷۰ روز از ساخت تیمارها و آماده شدن ورمی‌کمپوست در تمامی

واحدهای آزمایشگاهی، عملیات جداسازی کرم‌های خاکی از بستر به‌صورت دستی انجام شد. پس از جداسازی کرم‌های خاکی به‌منظور حذف مواد درشت، ورمی‌کمپوست تولید شده از هر واحد آزمایشگاهی به‌صورت دستی توسط الک با اندازه چشمه ۳ میلی‌متر سرند شد و بدین ترتیب محصول نهایی تیمارهای مختلف آماده شد (۲۵).

اندازه‌گیری صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد

پس از برداشت در اواخر فروردین صفاتی که اندازه‌گیری شدند شامل عملکرد و اجزای عملکرد دانه که در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ۳ بوته از هر گلدان بود. برای تعیین وزن هزار دانه، ۲ نمونه ۱۰۰ تایی از بذور هر بوته به‌طور تصادفی انتخاب شده و با میانگین‌گیری وزن آن‌ها (ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم) وزن هزار دانه بر حسب گرم محاسبه شد (۶) و شاخص برداشت با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد (۱۰):

$$\text{شاخص برداشت} = \frac{\text{وزن خشک دانه}}{\text{وزن خشک اندام هوایی}} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک

سطح برگ بوته به‌وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل LASER AREA METER CI-202 و از هر گلدان یک بوته اندازه‌گیری شد (۴۳). برای اندازه‌گیری ویژگی‌های مربوط به ریشه، ابتدا ریشه‌ها به‌آرامی آب‌کشی شده و از هم جدا شدند و سپس صفات مربوط به ریشه، پس از برداشت اندازه‌گیری شدند. طول ریشه، پس از جدا کردن ریشه‌ها با استفاده از خط-کش برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد (۷). برای اندازه‌گیری وزن ریشه، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آون قرار داده شده و پس از خشک شدن توزین شدند (۴۳). اندازه‌گیری درصد روغن دانه به روش استخراج سوکسله انجام شد. برای این کار، ۲۰ گرم از بذور کلزا پس از آسیاب در حلال ان-هگزان به مدت ۸ ساعت در دستگاه استخراج سوکسله با دمای ۷۹ سلسیوس، برای استخراج روغن قرار داده شد. پس از استخراج روغن، حلال ان-هگزان، توسط دستگاه روتاری در دمای ۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۱ ساعت حذف شد، میزان روغن استخراجی از طریق روش وزن‌سنجی ثبت شد و روغن جمع‌آوری شده در بطری‌های قهوه‌ای رنگ در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد (۶۱). برای اندازه‌گیری درصد پروتئین ابتدا میزان نیتروژن دانه توسط روش برمنر و به وسیله دستگاه کجلدال (میزان ۰/۵ گرم دانه برای اندازه‌گیری میزان نیتروژن به‌کار رفت)، اندازه‌گیری شد (۱۴) و سپس درصد پروتئین با رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{درصد پروتئین} = \text{درصد نیتروژن} \times ۵/۷ \qquad (۲)$$

کلروفیل a، b و کل: نمونه‌گیری از برگ‌های تازه و جوان کاملاً توسعه یافته برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، b و کل پس از گل‌دهی انجام شد که ۰/۲ گرم از بافت برگ جوان (نگهداری شده در نیتروژن مایع و دمای ۲۰- درجه سلسیوس) با ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی به‌خوبی ساییده، پس از عصاره‌گیری، به مدت ۱۵ دقیقه در سانتریفیوژ در معرض دور rpm ۴۵۰۰ و دمای ۳۳ درجه سلسیوس قرار گرفت، و پس از واسنجی اسپکتروفتومتر با استون ۸۰ درصد، مقدار جذب عصاره حاصل در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر قرائت شد (۵). برای به‌دست آوردن مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل از روابط زیر استفاده شد:

$$\text{Chlorophyll a } (\mu g/mL) = -1.93A_{646} + 11.93A_{663} \qquad (۳)$$

$$\text{Chlorophyll b } (\mu g/mL) = 20.36A_{646} - 5.50A_{663} \qquad (۴)$$

$$\text{Total Chlorophyll } (\mu g/mL) = 6.43A_{663} + 18.43A_{646} \qquad (۵)$$

که در این روابط، V حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ) و A جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر است. میزان رنگیزه‌های کلروفیلی اندازه‌گیری شده در نهایت تبدیل به میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بر صفت عملکرد

جدول ۳. تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیک کلزا تحت تاثیر تیمارهای عصاره ریزجلبک اسپیرولینا و ورمی‌کمپوست.

Table 3. Analysis of variance of yield, yield components and morphological traits of canola as affected by *Spirulina* microalgae extract and vermicompost treatments.

		میانگین مربعات (Mean Squares)				
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	شاخص برداشت	سطح برگ بوته	طول ریشه
بلوک	3	2.737	0.292	37.826	0.021	0.230
ورمی‌کمپوست	4	12.791**	0.964**	83.732**	0.695**	20.525**
عصاره ریزجلبک	3	11.775**	0.697**	95.891**	0.725**	11.048**
برهم‌کنش	12	1.908**	0.194**	12.721**	0.160**	2.855**
خطا	57	0.354	0.035	4.419	0.030	0.997
خطای کل	79					
ضریب تغییرات (٪)		13.1	6.5	12.5	12.7	4.9

* و ** به‌ترتیب بیان‌گر اثر معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

* and ** stand for significant effects at 5 and 1% probability levels, respectively.

منابع تغییرات: Source of variation، درجه آزادی: Degree of fredom، عملکرد دانه: Grain yield، وزن هزار دانه: 1000-seed weight، شاخص برداشت: Harvest index، سطح برگ بوته: Plant leaf surface، طول ریشه: Root length، بلوک: Block، ورمی‌کمپوست: Vermicocompost، عصاره ریزجلبک: Algae extract، برهم‌کنش: Interaction effect، خطا: Error، خطای کل: Total error، ضریب تغییرات: Coefficient of variation.

دانه در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیش‌ترین میزان عملکرد دانه (۶/۹۰ گرم در بوته) در شرایط عدم مصرف ورمی‌کمپوست و مصرف ۶ درصد عصاره ریزجلبک و کم‌ترین میزان عملکرد دانه (۲/۸۱ گرم در بوته) در شرایط عدم مصرف ورمی‌کمپوست و مصرف ۲ درصد عصاره ریزجلبک حاصل شد (جدول ۴). کاربرد ورمی‌کمپوست از طریق افزایش فراهمی برخی عناصر از جمله نیتروژن، فسفر و ریزمغذی‌ها باعث بهبود عملکرد دانه می‌شود (۳۸). همچنین برخی پژوهشگران بیان کردند ورمی‌کمپوست از طریق افزایش گنجایش نگهداری آب، آزادسازی و فراهمی مطلوب عناصر غذایی موجود در خاک در افزایش عملکرد دانه مؤثر است (۵۶). جات و آل‌هوت (۲۸) نیز بیان کردند مصرف ورمی‌کمپوست منجر به افزایش عملکرد دانه در کلزا شد. جلبک‌های دریایی نیز به‌دلیل دارا بودن مقادیر کافی از عناصر غذایی ماکرو و میکرو و همچنین تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اکسین، جیبرلین، سیتوکنین و همچنین ویتامین‌ها نقش مهمی در افزایش رشد و عملکرد گیاهان دارند (۱۱). آذرمهر و همکاران (۱۰) بیان کردند مصرف عصاره جلبک دریایی در کلزا منجر به افزایش ۱۱ درصدی وزن هزار دانه و افزایش عملکرد دانه شد که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت.

وزن هزار دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بر صفت وزن هزاردانه در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین مشخص کرد بیش‌ترین میزان وزن خشک (۳/۶۴ گرم در بوته) در شرایط عدم مصرف ورمی‌کمپوست و مصرف ۶ درصد عصاره ریزجلبک اسپیرولینا و کم‌ترین میزان وزن هزار دانه (۲/۴۳ گرم) در شاهد به‌دست آمد (جدول ۴). وزن نهایی دانه به‌شدت منابع فتوسنتزی وابسته است. افزایش وزن دانه‌ها به دلیل افزایش تعداد سلول‌های آندوسپرم و آمیوپلاست و افزایش ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی است. افزایش وزن دانه‌ها بر اثر کاربرد عصاره جلبک دریایی به‌علت اثر هورمون‌های رشد موجود در عصاره جلبک دریایی به‌ویژه

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش عصاره ریزجلبک اسپیرولینا و کود ورمی‌کمپوست بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیک کلزا.

Table 4. Mean comparisons of the interaction effect of *Spirulina* microalgae extract and vermicompost fertilizer on yield, yield components and morphological traits of canola.

ورمی‌کمپوست	عصاره ریزجلبک اسپیرولینا	عملکرد دانه (گرم در بوته) (g plant^{-1})	وزن هزار دانه (گرم) (g)	شاخص برداشت (درصد) (%)	سطح برگ (متر مربع در گلدان) (m^2 pot^{-1})	طول ریشه (سانتی‌متر در گلدان) (cm pot^{-1})
شاهد	شاهد	2.90 kl	2.43 f	11.78 ij	0.94 jk	20.58 cde
	٪۲	2.81 l	2.47 f	11.47 j	1.23 f-i	18.45 fg
	٪۴	3.43 jkl	2.62 ef	13.62 ghij	1.36 d-h	19.27 efg
	٪۶	6.90 a	3.64 a	22.32 a	2.18 a	23.17 a
٪۷۵ باگاس نیشکر + ٪۲۵ فضولات گاومیش	شاهد	3.01 kl	2.45 f	12.08 hij	0.91 k	18.10 g
	٪۲	3.62 ijkl	2.64 ef	14.21 fghij	1.17 g-k	19.48 efg
	٪۴	3.75 hijkl	2.65 ef	14.60 fghij	1.21 f-j	19.52 d-g
	٪۶	4.61 efgh	2.85 de	17.55 cdef	1.34 e-i	20.35 de
٪۵۰ باگاس نیشکر + ٪۵۰ فضولات گاومیش	شاهد	3.79 ghijk	2.66 ef	14.60 fghij	1.39 c-h	19.63 d-g
	٪۲	4.05 ghij	2.70 def	15.43 efgh	1.40 b-g	19.80 def
	٪۴	4.27 efghij	2.73 def	16.17 defg	1.46 b-f	19.88 def
	٪۶	5.02 def	2.86 de	18.31 bcde	1.66 bc	20.45 de
٪۲۵ باگاس نیشکر + ٪۷۵ فضولات گاومیش	شاهد	4.07 fghij	2.81 de	15.02 efghi	1.06 ijk	20.33 de
	٪۲	4.46 efghi	2.85 de	16.31 defg	1.11 ijk	20.42 de
	٪۴	4.73 defg	2.86 de	17.25 cdef	1.13 g-k	20.60 cde
	٪۶	5.20 cde	3.00 cd	18.26 bcde	1.28 f-i	21.17 bcd
٪۱۰۰ فضولات گاومیش	شاهد	5.61 bcd	3.24 bc	18.95 bcd	1.57 b-e	22.05 abc
	٪۲	5.93 bc	3.26 bc	19.93 abc	1.61 b-e	22.20 ab
	٪۴	6.16 ab	3.26 bc	20.96 ab	1.63 bcd	22.17 ab
	٪۶	6.41 ab	3.35 b	21.27 ab	1.68 b	23.05 a

در هر ستون، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level.

ورمی‌کمپوست: Vermicocompost، شاهد: Control، ٪۷۵ باگاس نیشکر + ٪۲۵ فضولات گاومیش: 75% Sugarcane bagasse+25% Buffalo dung ، ٪۵۰ باگاس نیشکر + ٪۵۰ فضولات گاومیش: 50% Sugarcane bagasse+50% Buffalo dung ، ٪۲۵ باگاس نیشکر + ٪۷۵ فضولات گاومیش: 25% Sugarcane bagasse +75% Buffalo dung، ٪۱۰۰ کود گاومیش: 100% Buffalo dung، عصاره ریزجلبک اسپیرولینا: *Spirulina* microalgae extract، شاهد: Control، عملکرد دانه: Grain yield، وزن هزار دانه: 1000-seed weight، شاخص برداشت: Harvest index، سطح برگ بوته: Plant leaf area، طول ریشه: Root length.

هورمون سیتوکنین که بر تقسیم سلولی مؤثر است نیز می‌تواند باشد (۶۱). گلستان‌زاده و همکاران (۲۳) بیان کردند کاربرد عصاره جلبک دریایی در جو منجر به افزایش وزن هزار دانه شد که با نتایج این پژوهش مشابه بود. پژوهشگران دیگری ابراز داشتند کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش تخلخل و گنجایش نگهداری آب خاک شده، از تغییرات اسیدیته خاک جلوگیری

نموده و باعث رهاسازی عناصرغذایی موردنیاز گیاه و افزایش در میزان جذب این عناصر توسط گیاه می‌شود و در نهایت توان تولیدی و عملکرد و وزن هزار دانه گیاه افزایش می‌یابد (۳۷). که اکتر و همکاران (۲) بیان کردند کاربرد ورمی‌کمپوست منجر به افزایش وزن هزار دانه در سویا شد.

شاخص برداشت: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و ریزجلبک اسپیرولینا بر صفت شاخص برداشت در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیش‌ترین میزان شاخص برداشت (۲۳/۲۲ درصد) در شرایط عدم مصرف ورمی‌کمپوست و کاربرد ۶ درصد عصاره ریزجلبک اسپیرولینا و کم‌ترین میزان شاخص برداشت (۱۱/۴۷ درصد) در شرایط عدم مصرف ورمی‌کمپوست و کاربرد ۲ درصد عصاره ریزجلبک اسپیرولینا به‌دست آمد (جدول ۴). در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست، گیاه از طریق جذب بهتر عناصر غذایی و افزایش میزان سطح برگ می‌تواند به میزان بیش‌تری از نورخورشید استفاده کرده و مواد فتوسنتزی بیش‌تری را به دانه منتقل کرده و در نتیجه میزان شاخص برداشت افزایش می‌یابد (۴۶). رضوانی‌مقدم و همکاران (۴۵) بیان کردند استفاده از ورمی‌کمپوست باعث افزایش شاخص برداشت در کنجد شد. پژوهشگران بیان داشتند که عصاره جلبک دریایی به دلیل دارا بودن عناصر ضروری مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم و دارا بودن هورمون‌های رشد بر رشد رویشی و عملکرد گیاهان اثر مثبت می‌گذارد (۳۲). ساسی‌کومار و همکاران (۵۱) با بررسی اثر غلظت‌های مختلف عصاره جلبک دریایی قهوه‌ای بر بامیه گزارش دادند کاربرد عصاره جلبک دریایی به‌طور قابل توجهی منجر به افزایش عملکرد و شاخص برداشت بامیه شد که نتایج این پژوهشگران با نتایج این پژوهش همخوانی داشت.

سطح برگ بوته: بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که اثر برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بر سطح برگ بوته در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین مشخص کرد بیش‌ترین میزان سطح برگ بوته (۲/۱۸ متر مربع در گلدان) در شرایط عدم مصرف ورمی‌کمپوست و مصرف ۶ درصد عصاره ریزجلبک اسپیرولینا و کم‌ترین میزان سطح برگ بوته (۰/۹۱ متر مربع در گلدان) شرایط مصرف ۷۵٪ باگاس نیشکر و ۲۵٪ فضولات گاومیش و عدم مصرف عصاره ریزجلبک اسپیرولینا به‌دست آمد (جدول ۴). از مهم‌ترین مزایای ورمی‌کمپوست افزایش فراهمی عناصر غذایی برای گیاهان است. به طوری که برخی پژوهشگران بیان داشتند که استفاده از ورمی‌کمپوست، میزان عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر قابل دسترس برای رشد گیاه را در خاک افزایش داده و در افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه افزایش سطح برگ اثر مثبت دارد (۱۶). جاشانکار و واهاب (۲۶) بیان کردند کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست منجر به افزایش شاخص سطح برگ در گیاه کنجد شد. عصاره جلبک دریایی به‌دلیل دارا بودن اثر مثبت بر سیستم فتوسنتزی سبب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود (۵۸). در این زمینه صلاح-الدین و همکاران (۴۸) بیان کردند کاربرد عصاره جلبک دریایی در باقلا منجر به افزایش شاخص سطح برگ و کلروفیل شد که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت.

طول ریشه: بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که اثر برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بر صفت طول ریشه در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین مشخص کردند بیش‌ترین میزان طول ریشه (۲۳/۱۷ سانتی‌متر در گلدان) در شرایط عدم مصرف ورمی‌کمپوست به همراه مصرف ۶ درصد عصاره ریزجلبک اسپیرولینا به دست آمد که با میزان طول ریشه در شرایط مصرف ۱۰۰٪ کود گاومیش به همراه مصرف ۶ درصد عصاره ریزجلبک اسپیرولینا اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین میزان طول ریشه (۱۸/۱۰ سانتی‌متر در گلدان) در شرایط مصرف ۷۵٪ باگاس نیشکر و ۲۵٪ فضولات گاومیش در شرایط عدم مصرف عصاره جلبک اسپیرولینا به‌دست آمد (جدول ۴). کاربرد کودهای ورمی‌کمپوست باعث کاهش نسبت C/N شده و منجر به فراهمی نیتروژن کافی برای گیاهان می‌شود که به تدریج بر

جدول ۵. تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی کلزا تحت تاثیر تیمارهای عصاره ریزجلبک اسپیرولینا و ورمی‌کمپوست.

Table 5. Analysis of variance of physiological and biochemical traits of canola as affected by *Spirulina* microalgae extract and vermicompost treatments.

		میانگین مربعات (Mean Squares)					
منابع تغییرات	درجه آزادی	روغن دانه	پروتئین دانه	وزن ریشه	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
بلوک	3	0.441	0.905	0.185	0.059	0.017	0.027
ورمی‌کمپوست	4	14.065**	119.481**	40.757**	7.569**	1.274**	3.801**
عصاره ریزجلبک	3	6.537**	45.461**	14.139**	1.949**	0.437**	1.247**
برهم‌کنش	12	2.552**	14.749**	3.886**	0.396*	0.114**	0.236*
خطا	57	0.462	1.333	0.721	0.187	0.009	0.120
خطای کل	79						
ضریب تغییرات (٪)	1/65	3/75	7/32	8.72	19.00	5.93	

* و ** به‌ترتیب بیانگر اثر معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

* and ** stand for significant effects at 5 and 1% probability levels, respectively.

منابع تغییرات: Source of variation، درجه آزادی: Degree of fredom، روغن دانه: Seed oil، پروتئین دانه: Grain protein، وزن ریشه: Root weight، کلروفیل a: Chlorophyll a، کلروفیل b: Chlorophyll b، کلروفیل کل: Total chlorophyll، بلوک: Block، ورمی‌کمپوست: Vermicocompost، عصاره ریزجلبک: Algae extract، برهم‌کنش: Interaction effect، خطا: Error، خطای کل: Total error، ضریب تغییرات: Coefficient of variation.

ویژگی‌های ریشه اثر مثبت می‌گذارد (۴۲). نتایج این پژوهش با نتایج سریندر و رینگاسمی (۵۸) همخوانی داشت زیرا این پژوهشگران اعلام داشتند کود ورمی‌کمپوست بر طول ریشه گل تاج‌خروس اثر مثبت داشت. پژوهشگران علت آثار مثبت عصاره جلبک دریایی بر رشد ریشه را به دلیل افزایش میزان اکسین و جیبرلین در اثر کاربرد عصاره جلبک دریایی دانستند (۳۱).

وزن ریشه: بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که اثر برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بر صفت وزن ریشه در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین مشخص کرد بیش‌ترین میزان وزن ریشه (۱۴/۸۲ گرم در گلدان) در شرایط مصرف ورمی‌کمپوست حاصل از ۱۰۰ درصد فضولات گاومیش و عدم مصرف عصاره ریزجلبک اسپیرولینا و کم‌ترین میزان وزن ریشه (۹/۳۲ گرم در گلدان) در شرایط عدم مصرف ورمی‌کمپوست و مصرف ۲ درصد عصاره ریزجلبک اسپیرولینا به‌دست آمد (جدول ۶). سیبی و همکاران (۵۳) گزارش دادند که کاربرد عصاره استخراج شده از جلبک دریایی منجر به افزایش وزن ریشه گیاه زعفران شد. همچنین آن‌ها به افزایش وزن ریشه گلرنگ در اثر کاربرد عصاره جلبک دریایی اشاره کردند که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت.

روغن دانه: بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که اثر برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بر صفت روغن دانه در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین مشخص کرد بیش‌ترین میزان روغن دانه (۴۳/۳۵ درصد) در شرایط عدم مصرف ورمی‌کمپوست به همراه مصرف ۶ درصد عصاره ریزجلبک اسپیرولینا که با میزان روغن دانه در شرایط مصرف ورمی‌کمپوست حاصل از صد و عدم مصرف عصاره ریزجلبک اسپیرولینا اختلاف معنی‌داری درصد فضولات گاومیش به همراه مصرف ۲، ۴ و ۶ درصد نداشت و کم‌ترین میزان روغن دانه (۳۹/۲۷ درصد) در شرایط عدم مصرف ورمی‌کمپوست و مصرف ۲ درصد عصاره ریزجلبک اسپیرولینا به‌دست آمد (جدول ۶). صمدزاده قلعه جوئی و همکاران (۴۹) بیان کردند کاربرد ۲۰ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست منجر به افزایش معنی‌دار درصد روغن دانه در

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش عصاره ریزجلبک اسپیرولینا و ورمی‌کمپوست بر صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی کلزا.

Table 6. Mean comparisons of the interaction effect of *Spirulina* microalgae extract and vermicompost fertilizer on physiological and biochemical traits of canola.

ورمی‌کمپوست	عصاره ریزجلبک اسپیرولینا	روغن دانه (درصد) (%)	پروتئین دانه (درصد) (%)	وزن ریشه (گرم در گلدان) (g pot^{-1})	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ) (mg g^{-1} fresh leaf tissue)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ) (mg g^{-1} fresh leaf tissue)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ) (mg g^{-1} fresh leaf tissue)
شاهد	شاهد	39.34 e	27.36 hi	9.50 e	4.16 fg	0.22 hij	5.08 h
	٪۲	39.27 e	26.41 i	9.32 e	3.88 g	0.18 hij	5.26 gh
	٪۴	40.17 cde	28.18 ghi	10.13 de	4.53 defg	0.24 hij	5.51 efgh
	٪۶	43.35 a	36.85 a	14.52 a	5.48 bc	1.07 a	6.43 bc
٪۷۵ باگاس نیشکر + ٪۲۵ فضولات گاومیش	شاهد	39.72 de	27.51 hi	9.80 de	3.97 g	0.29 ghi	5.00 h
	٪۲	40.65 bcd	28.56 fgh	10.30 de	4.42 efg	0.41 efg	5.43 fgh
	٪۴	40.78 bcd	28.83 e-h	10.35 cde	4.43 efg	0.45 de	5.44 fgh
	٪۶	40.96 bc	30.22 def	11.73 bc	4.52 d-g	0.61 c	5.55 efgh
٪۵۰ باگاس نیشکر + ٪۵۰ فضولات گاومیش	شاهد	40.59 bcd	29.13 d-h	10.43 b-e	4.67 def	0.40 efg	5.66 efg
	٪۲	40.87 bc	29.51 d-g	10.52 b-e	4.72 def	0.42 efg	5.67 efg
	٪۴	41.31 b	29.66 d-g	10.60 bcde	4.74 def	0.43 ef	5.70 efg
	٪۶	41.41 b	30.40 def	11.80 b	4.88 cde	0.56 cd	5.78 efg
٪۲۵ باگاس نیشکر + ٪۷۵ فضولات گاومیش	شاهد	41.10 bc	30.47 de	11.10 bcd	5.02 cde	0.16 j	5.85 def
	٪۲	41.11 bc	30.88 cd	11.18 bcd	5.05 cde	0.17 ij	5.86 def
	٪۴	41.18 bc	30.58 cde	11.15 bcd	5.10 cde	0.22 hij	5.87 def
	٪۶	41.28 bc	32.24 c	11.82 b	5.20 cd	0.30 fgh	6.02 cde
٪۱۰۰ فضولات گاومیش	شاهد	42.57 a	34.51 b	14.82 a	5.51 bc	1.04 a	6.44 bc
	٪۲	42.83 a	36.29 a	13.93 a	5.96 b	0.81 b	6.36 bcd
	٪۴	42.88 a	35.58 ab	14.55 a	5.98 b	1.01 a	6.59 b
	٪۶	42.96 a	36.17 ab	14.32 a	6.85 a	1.04 a	7.12 a

در هر ستون، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

Means followed by same letter in each column are not significantly different at 5% probability level.

ورمی‌کمپوست: Vermicocompost، شاهد: Control، ٪۷۵ باگاس نیشکر + ٪۲۵ فضولات گاومیش: 75% Sugarcane bagasse+25% Buffalo dung ، ٪۵۰ باگاس نیشکر + ٪۵۰ فضولات گاومیش: 50% Sugarcane bagasse+50% Buffalo dung ، ٪۲۵ باگاس نیشکر + ٪۷۵ فضولات گاومیش: 25% Sugarcane bagasse +75% Buffalo dung، ٪۱۰۰ کود گاومیش: 100% Buffalo dung، عصاره ریزجلبک اسپیرولینا: *Spirulina* microalgae extract، شاهد: Control، روغن دانه: Seed oil، پروتئین دانه: Grain protein، وزن ریشه: Root weight، کلروفیل a: Chlorophyll a، کلروفیل b: Chlorophyll b، کلروفیل کل: Total chlorophyll.

کلزا شد. آن‌ها اظهار داشتند که ورمی‌کمپوست با ایجاد یک بستر رشد مناسب، میزان درصد روغن کلزا را بهبود بخشید. عصاره جلبک دریایی به دلیل اینکه حاوی عناصر پتاسیم، فسفر، آهن، منیزیم و هورمون‌های گیاهی است و کاربرد آن در افزایش و فراهمی این عناصر به‌سمت دانه اثر مثبت دارد، در افزایش درصد و عملکرد روغن مؤثر است (۵۵). کولاریاس و همکاران (۱۵) نیز بیان کردند کاربرد عصاره جلبک دریایی منجر به افزایش معنی‌دار میزان درصد روغن زیتون شد.

پروتئین دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بر صفت پروتئین دانه در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که بیش‌ترین میزان پروتئین دانه (۳۶/۸۵ درصد) در شرایط عدم مصرف ورمی‌کمپوست به همراه مصرف ۶ درصد عصاره جلبک اسپیرولینا و کم‌ترین میزان پروتئین دانه (۲۶/۴۱ درصد) در شرایط عدم مصرف کود ورمی‌کمپوست و مصرف ۲ درصد عصاره جلبک اسپیرولینا به‌دست آمد (جدول ۶). ورمی‌کمپوست با افزایش فراهمی نیتروژن برای گیاه می‌تواند موجب افزایش میزان محتوای پروتئین دانه شود زیرا که نیتروژن جزء مهم سازنده پروتئین‌ها است (۳۵). کاربرد کود ورمی‌کمپوست بر میزان درصد پروتئین دانه اثر مثبت دارد که علت آن به دلیل مقادیر زیاد نیتروژن و سایر عناصر غذایی بوده و در نتیجه فراهمی عناصر ماکرو و میکرو برای گیاه افزایش می‌یابد (۲۷). عصاره جلبک دریایی یک ماده فعال بیولوژیک و سرشار از پروتئین است و افزایش میزان پروتئین‌های گیاه در اثر تیمار عصاره جلبک دریایی به علت حضور فنیل‌استیک اسید و ترکیبات مشابه آن و همچنین به دلیل وجود برخی محرک‌های رشد در عصاره جلبک دریایی است (۳۰). احمدی و همکاران (۱) بیان کردند مصرف عصاره جلبک دریایی در کشت ذرت منجر به افزایش معنی‌دار درصد روغن و پروتئین دانه شد. همچنین سلوم و سیواکومار (۵۲) گزارش دادند کاربرد عصاره جلبک قرمز منجر به افزایش درصد پروتئین در گیاه بادام زمینی شد.

کلروفیل a، b و کل: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد اثر برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و عصاره ریزجلبک اسپیرولینا در سطح آماری ۵ درصد بر صفت کلروفیل a معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین مشخص کرد بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۶/۸۵ میلی‌گرم بر وزن تازه) در شرایط مصرف ورمی‌کمپوست حاصل از ۱۰۰ درصد فضولات گاومیش و مصرف ۶ درصد عصاره ریزجلبک اسپیرولینا و کم‌ترین میزان کلروفیل a (۳/۹۷ میلی‌گرم بر وزن تازه) در شرایط مصرف ۷۵ درصد باگاس نیشکر و ۲۵ درصد کود گاومیش عدم مصرف عصاره ریزجلبک اسپیرولینا به‌دست آمد (جدول ۶). نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد اثر برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بر صفت کلروفیل b در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین مشخص کرد بیش‌ترین میزان کلروفیل b (۱/۰۷ میلی‌گرم بر وزن تازه) در شرایط عدم مصرف کود ورمی‌کمپوست و مصرف ۶ درصد عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بدست آمد و بین این تیمار و تیمار مصرف ورمی‌کمپوست حاصل از ۱۰۰ درصد فضولات گاومیش به همراه ۴، ۶ درصد و عدم مصرف عصاره جلبک اسپیرولینا اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. کم‌ترین میزان کلروفیل b (۰/۱۶ میلی‌گرم بر وزن تازه) در شرایط مصرف ۲۵ درصد باگاس نیشکر و ۷۵ درصد کود گاومیش و عدم مصرف عصاره ریزجلبک اسپیرولینا به‌دست آمد (جدول ۶). بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵)، مشخص شد اثر برهم‌کنش ورمی‌کمپوست و عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بر صفت کلروفیل کل در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین مشخص کرد بیش‌ترین میزان کلروفیل کل (۷/۱۲ میلی‌گرم بر وزن تازه) در شرایط مصرف ورمی‌کمپوست حاصل از ۱۰۰ درصد فضولات گاومیش به همراه مصرف ۶ درصد عصاره ریزجلبک اسپیرولینا و کم‌ترین میزان کلروفیل کل (۵/۰۸ میلی‌گرم بر وزن تازه) در شاهد به‌دست آمد (جدول ۶). افزایش عناصر غذایی در خاک تیمار شده با ورمی‌کمپوست، از طریق افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو باعث افزایش میزان فتوسنتز خالص در گیاه و میزان

کلروفیل برگ می‌شود (۴۰). اسماعیل‌پور و همکاران (۱۸) بیان کردند کاربرد میزان ۲ درصد عصاره جلبک دریایی به‌صورت محلول‌پاشی در گیاه ریحان منجر به افزایش کلروفیل a، b و کل شد. پژوهشگران بیان کردند کاربرد عصاره جلبک دریایی، منجر به افزایش میزان کلروفیل برگ و افزایش سطح آنزیم آمیلاز در اندام‌های گیاه می‌شود (۵۹). از دلایل اثر مثبت عصاره جلبک دریایی بر میزان کلروفیل، وجود هورمون‌های رشد اکسین، جیبرلیک‌اسید و بتائین و همچنین کاهش تخریب کلروفیل در اثر کاربرد عصاره جلبک دریایی است. مشاهده شده است که استفاده از عصاره جلبک دریایی در افزایش سطوح کلروفیل در گندم مؤثر بود (۹). در واقع افزایش میزان کود آلی در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست به دلیل افزایش عناصر غذایی مانند نیتروژن، آهن و منیزیم که در کلروفیل‌سازی مؤثر هستند، منجر به افزایش محتوی کلروفیل برگ می‌شوند (۴۱).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان‌دهنده آثار مثبت کاربرد عصاره ریزجلبک اسپیرولینا و ورمی‌کمپوست بر صفات اندازه‌گیری شده کلزا بود. مصرف ورمی‌کمپوست حاصل از ۱۰۰ درصد فضولات گاومیش به همراه مصرف ۶ درصد عصاره ریزجلبک اسپیرولینا بر میزان کلروفیل، درصد روغن دانه و وزن ریشه اثر مثبت داشت. با افزایش میزان درصد کاربرد، عصاره ریزجلبک اسپیرولینا، میزان عملکرد کلزا افزایش یافت. کاربرد ورمی‌کمپوست و کود زیستی نقش مهمی در افزایش عملکرد کلزا داشتند. با توجه به آثار مطلوب استفاده از ورمی‌کمپوست حاصل از کود گاوی و نیز عصاره استخراج شده از ریزجلبک اسپرولینا در این آزمایش، کاربرد این کودهای آلی می‌تواند در اکوسیستم‌های زراعی مورد بررسی بیشتری قرار گیرند.

منابع مورد استفاده

1. Ahmadi, F., Parsary, B., Javaheri, M., 2018. Evaluation of corn reaction under the influence of various chemical, nano, nanobiological and organic extracts of seaweed. *Scientific Journal of Plant Ecophysiology* 12(41): 188–203. (in Persian with English abstract)
2. Akter, F., Islam, A., Shamsuddoha, T., Bhuiyan, M., Shilpi, S., 2013. Effect of phosphorus and sulphur on growth and yield of soybean (*Glycine max* L.). *International Journal of Bioresource and Stress Management* 4(4): 556–561.
3. Alil K.M, Mostafa, S.M., 2009. Evaluation of potassium humate and *Spirulina platensis* as bioorganic fertilizer for sesame plants grown under salinity stress. *Egyptian Journal of Agricultural Research* 87(1): 369.
4. Aly, M., Habd El-all, A., Mostafa, S., 2008. Enhancement of sugar beet seed germination, plant growth, performance and biochemical compounds as contributed by extra cellular products. *Journal of Agricultural Science* 33(12): 8429–8448.
5. Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24: 1–5.
6. Arvin, P., Azizi, M., 2009. A comparison of yield, harvest index and morphological characters of spring cultivars of the oilseed rape species. *Electronic Journal of Crop Production* 2(2): 1–14.
7. Asghari, A., Mohmamadneya, S., Fallahi, H., 2017. Evaluation of salinity tolerance in some rapeseed cultivars using morphophysiological traits and ISSR markers. *Journal of Crop Breeding* 24(9): 166–178.
8. Atiyeh, R., Arancon, N., Edwards, C., and Metzger, J., 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresoure Technology* 75: 175–180.
9. Azadi, S., Seidinezhad, M., Gilani, A., 2018. The Effect of *Ulva fasciata* Extract on Behrang Wheat Cultivar Under Lead Heavy Metal Stress. MSc. Thesis in Biology, Chamran Martyr of Ahwaz University. (in Persian with English abstract)
10. Azarmeher, H., Baghi, M., Zeiyainasab, M., 2017. Investigation of the application of seaweed extract and sulfated sulfur fertilizer on the yield and some yield components of autumn rapeseed of Natali cultivar. *Agricultural Research on the Edge of the Desert* 14(3): 155–165.
11. Baloch, G., Tariq, S., Ehteshamul-Haque, S., Athar, M., Sultana, V., Ara, J., 2013. Management ofroot diseases of eggplant and watermelon with the application of asafoetida and seaweeds. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 86: 138–142.
12. Batista, A., Gouveia, L., Bandarra, N., Franco, J., Raymundo, A., 2013. Comparison of microalgal biomass profiles

as novel functional ingredient for food products. *Algal Research* 2: 164–173.
13. Benes, S., Aragues, R., Grattan, S., and Austin, R., 1996. Foliar and root absorption of Na^+ and Cl^- in maize and barley: Implications for salt tolerance screening and the use of saline sprinkler irrigation. *Plant and Soil* 180: 75–86.
14. Bremner, J., 1996. Nitrogen total. In: Sparks, D.L. Sparks, D.L. Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Society of America Journal, Madison, WI, pp. 1085–1121.
15. Chouliaras, V., Tasioula, M., Chatzissavvidis, C., Therios, I., Tsabolatidou, E., 2009. The effect of seaweed extraction in addition to nitrogen and boron fertilization on productivity, fruit maturation, leaf nutritional status and oil quality of the olive cultivar *Koroneiki*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 984–988.
16. Dominguez, J., Edwards, C., 2004. Vermicomposting organic wastes: A review. In: Shakir Hanna, S.H., Mikhati, W.Z.A. (Eds.), Soil Zoology for Sustainable Development in the 21st Century. Self-Publisher Cairo, Egypt, pp. 370–395.
17. Dominguez, J., Edwards, C., 2004. Vermicomposting organic wastes: A review. In: Shakir Hanna, S.H., Mikhati, W.Z.A. (Eds.), Soil Zoology for Sustainable Development in the 21st Century. pp. 370–395.
18. Esmailpoor, B., Fatemi, H., Moradi, M., 2018. The effect of seaweed extract on physiological and biochemical parameters of basil under dehydration stress. *Journal of Soil and Plant Interactions* (former: *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*) 11(1): 59–69. (in Persian with English abstract)
19. Faizabadi, A., Noormohamadi, Gh., Fatehi, J., 2020. Study of some morphophysiologicalcharacteristics of several rapeseed cultivars using vermicompost fertilizer under drought stress. *Scientific Journal of Crop Physiology* 12(48): 153–133. (in Persian with English abstract)
20. Gireesh, R., Haridevi, C., Salikutty, J., 2011. Effect of Ulva lactuca extract on growth and proximate composition of Vigna unguiculata l. Walp. *Journal of Research in Biology* 1(8): 624–630.
21. Golchin, A., Nadi, M., and Mozaffari, V., 2006. The effects of vermicomposts produced from various organic solid wastes on growth of pistachio seedlings. *Acta Horticulturae* 726: 301–306.
22. Godlewska, K., Michalak, I., Pacyga, P., Baśladyńska, S., Chojnacka, K., 2019. Potential applications of cyanobacteria: *Spirulina platensis* filtrates and homogenates in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 35(6): 80.
23. Golestanizade, J, Jamimoeini, M., Marvi, H., 2018. The Effect of Foliar Application of Seaweed Extract on Yield and Yield Components of Barley Under Salinity Stress Conditions. MSc. Thesis in Agriculture, Islamic Azad University, Sabzevar Branch. (in Persian with English abstract)
24. Gupta, M., Dwivedi, U, Khandelwal, S., 2011. C-Phycocyanin: An effective protectiveagent against thymic atrophy by tributyltin. *Toxicology Letters* 204: 2–11.
25. Hosseinijafari, S, Zarea, M., 2021. Comparison and potential utilization of sugarcane bagasse, date palm wastes and grape waste mixed with cow manure for the production of vermicompost and as feed material for earthworms. *Iran Agricultural Research* 40(1): 113–120.
26. Jashankar, S., Wahab, K., 2005. Effect of integrated nutrient management on the growth, yield components and yield of sesame. *Sesame and Safflower Newsletter* 20: 602–608.
27. Jat, R., Ahlawat, I., 2004. Effect of vermicompost, biofertilizer and phosphorus on growth, yield and nutrient uptake by gram (*Cicer arietinum*) and their residual effect on fodder maize (*Zea mays*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 74(7): 359–361.
28. Jat, R., Ahlawat, I., 2006. Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. *Journal of Sustainable Agriculture* 28(1): 41–54.
29. Jowkar, A., Bashiri, K., Golmakani, M.T., 2015. The effect of soil fertilization and foliar spray of semperflorens begonia (*Begonia semperflorens*) by *Spirulina* cyanobacterium biomass. *Journal of Soil and Plant Interactions* (former: *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*) 8(3): 65–74.
30. Jothinayagi, N., Anbazhagan, C., 2009. Effect of seaweed liquid fertilizer of Sargassum wightii on the growth and biochemical characteristics of (*Abelmoschus esculentus* L.) Medikus. *Recent Research in Science and Technology* 1(4): 155–158.
31. Kalaivanan, C., Chandrasekaran, M., Venkatesalu, V., 2012. Effect of seaweed liquid extract of *Caulerpa scalpelliformis* on growth and biochemical constituents of black gram (*Vigna mungo* (L.) Hepper). *Phykos* 42(2): 46–53.
32. Karthick, N., Selvakumars, S., Umamaheswari, S., 2013. Effect of three different seaweed liquid fertilizers and a chemical liquid fertilizer on the growth and histopathological parameters of *Eudrilus eugeniae* (*Haplotaxida Eudrilidae* Global). *Global Journal of Bio-Science and BioTechnology*. 2(2): 253–259.
33. Kiehl, J., 2001. Produc, a˜o de composto orga^nico e vermicomposto. *Informe Agropecua´rio, Belo Horizonte* 22(212): 40–52.
34. Kemka, H., Rebecca, A., Gideon, O., 2007. Influence of temperature and pH on biomass production and protein biosynthesis in a putative *Spirulina* sp. *Bioresource Technology* 98: 2207–2211.
35. Kumar, G., Bishwas, R., Mahendra, P., Vibha, U., Chandan, K., 2011. Effect of fertilizers and vermicompost on

growth, yield and biochemical changes in *Abelmoschus esculentus*. *Plant Archives* 11(1): 285–287.
36. Kumar, A., Gupta, R., Kumar, S., Kumar, S., 2017. Nutrient variations in vermicompost prepared from different types of straw wastes. *Journal of Indian Society of Forage Research* 42: 267–270.
37. Mohammadkhani, A., Roozbahani, A., 2013. Management of vermicompost fertilizer and iron nano fertilizer in improving the yield of corn. *Journal of Plant Ecophysiology*. 7(23): 123–131.
38. Monem, R., Pazoki, A., Abdzad Gohari, A., 2019. The effect of combined aplication of plant growth promoting rhizobacteria and different levels of vermicompost on quantitative and qualitative performance of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*. 48(4): 615–630.
39. Mukesh, T, Sudhakar, T, Doongar, R., Karuppanan, E., and Jitendra, C., 2013. Seaweed sap as alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. *Journal Plant Nutrition* 36(1): 192–200.
40. Muller, V., Lankes, C., Zimmermann, B.F., Noga, G., Hunsche, M., 2013. Centelloside accumulation in leaves of *Centella asiatica* is determined by resource partitioning between primary and secondary metabolism while influenced by supply levels of either nitrogen, phosphorus or potassium. *Journal of Plant Physiology* 170(13): 1165–1175.
41. Nasaralahzade, S., Shirkhani, A., Zahtabsalmasi, S., Chocan, R., 2016. Effect of biological and chemical fertilizers on grain yield and characteristics of corn leaves under different irrigation conditions. *Journal of Agricultural Applied Research* 29(4): 90–72. (in Persian with English abstract)
42. Needha, A., 1957. Components of the nitrogenous excreta in the earthworms *Lubricus terrestris* and *E. foetida* (savigny). *Journal of Experimental Biology* 34: 425–446.
43. Rassouli, F., Galeshi, D., Perdashti, H., Zeinalali, E., 2014. Investigation of some morphological and physiological traits of rapeseed at different developmental stages under flood stress. *Journal of Plant Production Research* 21(1): 69–89. (in Persian with English abstract)
44. Rezadoost, S., Roshdi, M., Hajihosseiniasl, N., 2009. Low irrigation effects on grain and oil yield of rapeseed cultivars in Khoy region. *Journal of Research in Crop Sciences* 6(2): 1–11. (in Persian with English abstract)
45. Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A., Moradi, R., 2011. The effect of organic fertilizers on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) in different densities. *Journal of Agricultural Ecology* 2(3): 256–265.
46. Romano, I., Bellitti, M., Nicolaus, B., Lama, L., Manca, M., Pagnotta, E., Gambacorta, A., 2000. Lipid profile a useful chemotaxonomic marker for classification of a new cyanobacterium in *Spirulina* genus. *Phytochemistry Journal* 54: 289–294.
47. Salah El Din, R., Elbakry, A., Ghazi, S., Abdel Hamid, O., 2008. Effect of seaweed extract on the growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *Egyptian Journal of Phycology* 9(5): 25–38.
48. Saleh Rastin, N. 2001. The role of biological fertilizer to reaching to sustainable agriculture. *Journal of Water and Soil* 23: 19–23. (in Persian with English abstract)
49. Samadzadeghalehjoeei, A., Majidiharvan, A., Shirani, A., Noormohammadi, Q., 2018. The effect of vermicompost application on physiological traits of rapeseed genotypes in two culture dates. *Journal of Crop Plant Ecophysiology*12(2): 269–286. (in Persian with English abstract)
50. Sànchez, M., Castillo, C., Rozo, B., Rodriguez, I., 2003. *Spirulina arthrospira*: An edible microorganism. a review. *Journal Universitas Scientiarum* 8(1): 7–24.
51. Sasikumar, K., Govindan, T., Anuradha, C., 2011. Effect of seaweed liquid fertilizer of *Dictyota dichotoma* on growth and yield of *Abelmoschus esculentus* (L). *European Journal of Experimental Biology* 1(3): 223–227.
52. Selvam, G., Sivakumar, K., 2014. Influence of seaweed extract as an organic fertilizer on the growth and yield of *Arachis hypogea L.* and their elemental composition using sem–energy dispersive spectroscopic analysis. *Asian Pacific Journal of Reproduction* 3(1): 18–22.
53. Sibi, M., Khazaei, H., Nezami, R., 2017. Effect of concentration, time and method of consumption of seaweed extract on some morphological characteristics of safflower root and shoot. *Journal of Crop Physiology* 8(29): 5–21. (in Persian with English abstract)
54. Sivasangari Ramya, S., Vijayanand, N., Rathinavel, S., 2015. Foliar application of liquid biofertilizer of brown alga *Stoechospermum marginatumon* growth, biochemical and yield of *Solanum melongena*. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* 4: 167–173.
55. Shahbazi, F., Seyyednejad, M., Salimi, A., Gilani, A., 2015. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 8(3): 283–287.
56. Soleymani, F., Ahmadvand, G., 2016. The effect of chemical, biological and organic nutritional treatments on sunflowers yield and yield components under water deficit stress. *Journal of Agroecology* 8: 107–119.
57. Sridhar, S., Rengasamy, R., 2010. Effect of seaweed liquid fertilizer on growth, pigment concentration and yield of *Amaranthus roxburghinus* and *Amaranthus tricolor* under field trial. *Journal of Current Research* 3(7): 131–134.
58. Sridhar, S., Rengasamy, R., 2011. Studies on the effect of seaweed liquid fertilizer on the flowering plant *Tagetes erecta* in field trial. *Advances in Bioresearch* 1(2): 29–34.
59. Stirk, W., Arthur, G., Lourena, A., Novak, O., Strmad, M., Van Staden, J., 2004. Changes in cytokinin and auin

concentrations in seaweed concentrates when stored at an elevated temperature. *Journal of Applied Phycology* 16: 31–39.
60. Sun, Q., Shi, J., Scanlon, M., Jun Xue, S., Lu, J., 2021. Optimization of supercritical-CO_2 process for extraction of tocopherol-rich oil from canola seeds. *Food Science and Technology* 145(2): 11–35.
61. Vijayanand, N., Ramya, S., Rathinavel, S., 2014. Potential of liquid extracts of *Sargassum wightii* on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant. *Asian Pacific Journal of Reproduction* 3(2): 150–155.
62. Yassen, A., Entsar, A., Essa, M., Sahar, M., 2019. The role of vermicompost and foliar spray of *Spirulina platensis* extract on vegetative growth, yield and nutrition status of lettuce plant under sandy soil. *Journal of Agriculture and Biological Sciences* 14(1): 1–7.

Effect of Sugarcane Vermicompost and Foliar Application of *Spirulina* Microalgae Extract on Growth and Yield of Rapeseed (*Brassica napus L.*)

S. H. Hosseini Jafari[1] and M. J. Zarea[2*]

(Received: 10 March 2022; Accepted: 30 July 2022)

Abstract

Plant nutrition management and soil fertility are among factors that determine crop productivity and sustainability under agro-ecosystems conditions. A pot experiment was conducted to investigate the effect of vermicompost provided from sugarcane bagasse and foliar application of microalgae extract of *Spirulina* on growth parameters, grain yield and yield attributes of rapeseed. The experiment was a factorial combination of *Spirulina* extract and bagasse vermicompost arranged in a complete randomized block design with four replications. Plants were foliar sprayed with three different concentrations of *Spirulina* extract (i.e., 0, 2, 4, and 6 %v/v) and application of five vermicompost mixtures based on mass percentage of bagasse and buffalo manure (i.e., 0%, 75% bagasse + 25% buffalo manure, 50% bagasse + 50% buffalo manure, 25% bagasse + 75% buffalo manure, and 100% buffalo manure). *Spirulina* extract and vermicompost interaction effects on the length of root, root weight, leaf area, chlorophyll pigments, 1000-seed weight, protein and oil content in seed, grain yield and harvest index were significant. The highest seed oil content (43.35%) and seed protein content (36.85%) were recorded in plants foliarly sprayed with 6% *Spirulina* extract. Application of vermicompost resulting from a mixture of buffalo manure + bagasse with the higher ratio of buffalo manure to bagasse gave better seed and oil yield as compared to other vermicompost treatments.

Keywords: Rapeseed, Grain oil content, Grain yield, Vermicompost, Microalgae extract.

Background and Objective: Soil nutrient management has an important role in the health and sustainability of agro-ecosystems. In the present study, a pot experiment was designed to investigate the effect of different vermicompost treatments and *Spirulina* extract as foliar application on some agronomic traits and grain yield of rapeseed (*Brassica napus L.*, cv. Hayola 50).

Methods: The experiment was a 4×5 factorial combination of vermicompost and *Spirulina* extract. Treatments were arranged in a complete randomized block design with four replicates. Algae extract included foliar application of four different concentrations of algae extract (0, 2, 4, and 6 %v/v). Vermicompost treatment included five mixtures produced from bagasse and buffalo manure based on mass percentage (100% buffalo manure, 75% buffalo manure + 25% bagasse, 50% buffalo manure + 50% bagasse, 25% buffalo manure + 75% bagasse, and no application of vermicompost served as control).

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.
*: Corresponding author, Email: mj.zarea@ilam.ac.ir

Results: Growth parameters such as root length, root weight, leaf area, 1000-seed weight, grain yield, harvest index, chlorophyll pigments, and seed oil and protein contents were significantly affected by the vermicompost and algae extract applications. Foliar application of 6% *Spirulina* maximized the seed oil (43.35%) and protein content (36.85%) compared to other extract concentrations. Vermicompost provided from buffalo manure alone yielded the highest seed oil content and seed yield.

Conclusions: The vermicompost provided from buffalo manure alone gave the best result in terms of seed yield and seed oil content. The application of vermicompost resulted from bagasse in combination with buffalo manure, especially at a lower ratio of bagasse to buffalo manure, improved the above-mentioned traits as compared to control. Results of the present experiment also showed the advantage of applying microalgal extract that could be considered an eco-friendly bio-fertilizer for promoting crop growth and yield.

References:

1. Hosseinijafari, S, Zarea, M., 2021. Comparison and potential utilization of sugarcane bagasse, date palm wastes and grape waste mixed with cow manure for the production of vermicompost and as feed material for earthworms. *Iran Agricultural Research* 40(1): 113–120.

2. Jowkar, A., Bashiri, K., Golmakani, M.T., 2015. The effect of soil fertilization and foliar spray of semperflorens begonia (*Begonia semperflorens*) by *Spirulina* cyanobacterium biomass. *Journal of Soil and Plant Interactions* (former: *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*) 8(3): 65–74.