Archive of SID

نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی
جلد ۸/ شماره ۲/ پاییز و زمستان ۱۳۹۸ (۱۰۷-۱۲۰)

اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های بیودیزل تولیدی از گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.)

مرضیه حسنی[۱]، محمود رضا تدین[۲*] و پیام دانا[۳]

چکیده

کاملینا (*Camelina sativa* L.) از خانواده براسیکاسه، ماده اولیه مناسبی برای تولید بیودیزل است. این گیاه دانه روغنی، دارای ویژگی‌های زراعی مطلوب و سازگار با شرایط آب و هوایی معتدل است. برای بررسی اثر کود زیستی و کود شیمیایی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های بیودیزل تولیدی از کاملینا، در سال زراعی ۱۳۹۵ در مزرعه‌ای واقع در کازرون پژوهشی انجام شد. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجـرا شـد. تیمارها شامل کود زیستی بارور۲ حاوی باکتری افزایش‌دهنده حلالیت فسفات (باکتری *Pseudomonas putida* Strain 13P و *Pantoea agglomerans* Strain 5P) به‌عنوان عامل اول در ۲ سطح (مصرف و عدم مصرف) و کود شیمیایی به‌عنوان عامل دوم شامل تیمارهای شاهد، کودهای نیتروژن، فسفر، گوگرد به‌تنهایی و دو مقدار در حد توصیه شده (به ترتیب ۲۰۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ۳۰ درصد کمتر از حد توصیه شده بودند. با ایجاد شرایط تغذیه‌ای برای گیاه کاملینا، عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد روغن و پروتئین دانه و همچنین صفات بیودیزل شامل چگالی، عدد یدی و عدد صابونی و درصد گوگرد مطالعه شدند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه و عملکرد روغن در تیمـار نیتروژن+فسفر+گوگرد با مصرف کود زیستی بیش از سایر تیمارها بوده است. تیمارکودهای شیمیایی گوگرددار در حد مطلوب بدون مصرف کود زیستی و تیمار نیتروژن+فسفر+گوگرد بدون مصرف کود زیستی به‌ترتیب بیشترین افزایش درصد روغن و پروتئین دانه را داشتند. بیشترین چگالی، عدد یـدی و عدد صابونی و گوگرد (به‌ترتیب ۰/۰۰۰۹۲۴۸ گرم بر سانتی‌مترمکعب، ۲۶/۹۴ میلی‌گرم ید بر ۱۰۰ گرم روغن و ۲۲۷/۱ میلی‌گرم هیدروکسیدسدیم بر گـرم روغن و ۰/۰۲۷ درصد وزنی) در بیودیزل تولیدی تحت تیمارهای نیتروژن و فسفر و نیز تیمار کود زیستی و گوگرد در حد مطلوب و تیمار نیتروژن+گوگرد و فسفر در حد مطلوب بدون مصرف کود زیستی، به‌دست آمد. در مجموع نتایج پژوهش نشان داد که کـاربرد کودهـای زیستی به‌همراه کودهای شیمیایی باعث بهبود ویژگی‌های روغن و بیودیزل تولیدی از دانه کاملینا می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، درصد روغن، عدد یدی، عدد صابونی، کاملینا، گوگرد.

ارجاع: حسنی م، تدین م، ر، و دانا پ، ۱۳۹۸. اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های بیودیزل تولیدی از گیاه کاملینا (Camelina sativa L.). نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی، ۸(۲): ۱۰۷-۱۲۰.

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
۲- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
۳- دانشجوی دکتری، گروه شیمی، دانشگاه آزاد امیدیه اهواز.
*** نویسنده مسئول**: mrtadayon@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۲

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تولید روغن ارگانیک از گیاهان دانه روغنی از اهمیت زیادی برخوردار است و گیاهان دانه روغنی پس از غلات، دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. براساس گزارشی، ۷۵ درصد منابع بیودیزل آمریکا از سویا است و مجموع روغن‌های حیوانی در تولید بیودیزل درحدود نصف منابع روغن‌های گیاهی است (Gerpen, 2004). این مسئله اهمیت گیاهان به‌ویژه سویا را نشان می‌دهد اما نمی‌تواند اهمیت مطالعاتی سایر گیاهان را کمرنگ و بی‌اهمیت جلوه دهد (Ranjbar *et al*., 2011). از جمله این گیاهان کاملینا با نام علمی *Camelina sativa* L. متعلق به خانواده Brassicaceae و بومی شمال اروپا است. این گیاه یک محصول کوتاه مدت (۸۵ تا ۱۰۰ روز) است که با آب و هوای معتدل سازگاری خوبی داشته و با عنوان کتان کاذب (flaxfalse) یا gold-of-pleasure شناخته می‌شود (Obour et al., 2015). اهمیت کودهای شیمیایی در زراعت این گیاه به‌گونه‌ای است که بر عملکرد آن تاثیر قابل توجهی دارد. از مؤلفه‌های اساسی افزایش عملکرد محصولات کشاورزی، بهره‌گیری از کودهای شیمیایی است (Sturz & Christie, 2003).

عناصر موجود در خاک برای افزایش عملکرد دانه و روغن لازم هستند. با تولید هر تن دانه از این گیاهان، مقادیر قابل توجهی از ذخایر غذایی خاک کاسته می‌شود. برای دستیابی به بیشترین مقدار روغن، توجه به افزایش عملکرد اهمیت زیادی دارد (Khwaja Pour, 2007). بدون تردید نقش گیاهان روغنی علاوه بر تولید روغن در تولید بیودیزل نیز کاملا روشن است به‌طوری‌که براساس پیش‌بینی‌ها، تا سال ۲۰۲۰ گیاهان بیشترین سهم و بیشترین رشد را در تولید بیودیزل در جهان دارند (Ranjbar *et al*., 2011). بیودیزل یکی از انواع سوخت‌های زیستی است که می‌تواند از روغن‌های گیاهی و حیوانی و حتی پسماندهای این روغن‌ها تولید شود (Pinto *et al*., 2005). براساس استاندارد، بیودیزل عبارت است از ترکیب استرهای مونوآکلیلی زنجیره بلند اسیدهای چرب که حاصل واکنش یک الکل با مواد لیپیدی تجدیدپذیر است (Zhang, 2002). برای تولید بیودیزل باید غلظت روغن را به روش‌های مختلف پایین آورد که یکی از بهترین روش‌ها ترانس‌استریفیکاسیون معرفی شده است (Demirbas, 2008a). اگرچه بیودیزل در مقایسه با دیزل معایبی چون پایین بودن حجم انرژی، بالا بودن خوردگی مس، ویسکوزیته بالاتر و درنهایت قیمت بالاتر را دارد، اما نشر آلودگی‌ها توسط روغن‌های صنعتی باعث گرایش به سوخت‌های زیستی از جمله بیودیزل شده است (Bala, 2005). در مطالعه‌ای روی گیاه کنجد، میزان روغن‌گیری ۵۸ درصد بود و سوختی مناسب برای جایگزینی دیزل تولید شد (Demirbas, 2008b). بیودیزل تولیدشده بر اساس دو استاندارد انجمن مواد و آزمون آمریکا (America Society of Testing and Materials international, ASTM) و استانداردهای اروپا (European Standards) بررسی شد. نتایج مطالعه دیگری برروی چندین روغن گیاهی از جمله کتان، خردل، کلزا، ذرت، کنجد و سویا نشان داد بیودیزل حاصل از روغن کتان پاک بوده و ذرات آلاینده کمتری را داراست. انتشار ذرات کربوهیدرات، مونواکسیدکربن و اکسید نیتروژن آن از سوخت‌های نفتی کمتر بوده و نسبت به آن‌ها ناچیز است (Demirbas, 2006). امروزه یکی از شیوه‌های مناسب کشاورزی مدرن برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و حل مشکلات ناشی از آلودگی محیط زیست، علاوه بر زمان مناسب مصرف کود، به‌کارگیری کودهای زیستی به‌ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاهی به‌صورت تلفیق با کودهای شیمیایی است. این باکتری‌ها به‌طور طبیعی در خاک وجود دارند ولی تعداد و تراکم آن‌ها پایین است. بنابراین تلقیح بذر گیاهان با این باکتری‌ها می‌تواند جمعیت آن‌ها را به حد مطلوب رسانده و درنتیجه باعث افزایش تاثیرات مفید آن‌ها در خاک شود (Cakmakci *et al*., 2007). کود فسفات بارور ۲ نیز مجموعه‌ای از باکتری‌های افزایش‌دهنده حلالیت فسفات از جنس‌های مختلف *Bacillus* و *Pseudomonas* است که قادرند فسفر نامحلول در خاک را به فرم محلول قابل دسترس گیاه تبدیل کنند. به‌طور کلی گیاهان تنها قادرند فسفات غیرآلی محلول را جذب کنند که درحالت عادی میزان آن در خاک به مراتب از نیاز گیاه کمتر است. کمبود فسفر بر میزان رشد گیاهان به شدت اثر منفی می‌گذارد و تشکیل گل، میوه، بذر و کیفیت آن را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد (Kuchaki *et al*., 2008). بررسی مطالعات انجام شده بر کاربرد کودهای زیستی و ترکیب آن‌ها با کودهای شیمیایی نشان می‌دهد که استفاده از کودهای زیستی بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان اثرات مثبتی داشته و کاهش مصرف کودهای

www.SID.ir

Archive of SID

شیمیایی را درپی دارد. منابع علمی به نقش مثبت ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر عملکرد گیاهان زراعی مختلف اشاره کرده‌اند (Adesemoye *et al.*, 2010). در این پژوهش سعی شده است که به بیودیزل از دیدگاه زراعی پرداخته شود. بی‌شک سوخت‌های گیاهی بدون توسعه کشاورزی مفهومی نخواهند داشت. بیشتر پژوهش‌های انجام‌شده درمورد بیودیزل مربوط به فرایندهای تولید بیودیزل از روغن‌های گیاهی است. مطالعه کیفیت بیودیزل، از مرحله کاشت گیاه تا سایر مراحل تولید، علاوه بر توسعه و گسترش آن، ضرورت تولید آن را قابل درک‌تر می‌کند زیرا مردم کشت یک گیاه را بهتر از فرایندهای شیمیایی درک می‌کنند و درک عمومی از یک محصول به توسعه آن کمک می‌کند. با نگاهی تخصصی‌تر، کمیت و کیفیت بیودیزل را باید به ماده اولیه آن وابسته دانست. بنابراین عملکرد کمی و کیفی گیاهان به منظور تولید ماده اولیه بیودیزل دارای اهمیت بسیاری است. کشاورزی مدرن و صنعتی می‌تواند باعث شکوفایی صنایع سوخت‌های تجدیدپذیر شود. تولید بیودیزل نیازمند محصولات کشاورزی است تا بتوان تقاضا برای بیودیزل را پاسخ داد (Demirbas, 2008a). هدف از این پژوهش، بررسی اثر کودهای زیستی و همچنین مقادیر متفاوت کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و گوگرد بر ویژگی‌های عملکردی کاملینا و به‌ویژه بیودیزل حاصل از روغن کاملینا است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور ارزیابی اثر کود زیستی و انواع کودهای شیمیایی بر برخی ویژگی‌های زراعی گیاه کاملینا و روغن دانه آن برای مصارف بیودیزل در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ در مزرعه‌ای واقع در کازرون (با مشخصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۱۵ ثانیه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۸۶۰ متر از سطح دریا) انجام شد. براساس آمار هواشناسی و با توجه به سامانه طبقه‌بندی اقلیمی کوپن، منطقه موردنظر، اقلیمی نیمه خشک دارد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای کودی شامل کود زیستی بارور ۲ حاوی باکتری افزایش‌دهنده حلالیت فسفات (باکتری*Pseudomonas putida Strain 13P* و *Strain 5P* *Pantoea agglomerans*) به‌عنوان عامل اول در ۲ سطح (مصرف و عدم مصرف) و کود شیمیایی به‌عنوان عامل دوم شامل تیمارهای کودهای نیتروژن، فسفر، گوگرد به‌تنهایی و در دو مقدار در حد مطلوب (به ترتیب ۲۰۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ۳۰ درصد کمتر از مقدار مطلوب بودند. مقادیر استفاده شده به‌عنوان مطلوب و ۳۰ درصد کمتر از مطلوب در تیمار کود شیمیایی براساس آزمون خاک و توصیه آزمایشگاه در نظر گرفته شده است. منبع استفاده از کود شیمیایی به‌ترتیب اوره، سوپر فسفات تریپل و گوگرد خالص بوده است. یک سوم از مقدار کود نیتروژن در هنگام تهیه بستر به زمین داده شد و دو سوم باقی‌مانده پس از کاشت به صورت سرک در دو مرحله تا قبل از گلدهی توزیع شد و بلوک فاقد کود به‌عنوان تیمار شاهد بود. قبل از آماده‌سازی زمین، نمونه‌ای مرکب از خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و در آزمایشگاه تجزیه آب و خاک، ویژگی‌های شیمیایی آن بررسی شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. پس از عملیات شخم و دیسک، زمین تسطیح شده و کرت‌ها ایجاد شدند. کشت به‌صورت خطی و با دست انجام شد. ابعاد کرت‌ها ۱/۵ × ۲ متر و شامل ۷ خط کشت با فاصله بین و روی ردیف به‌ترتیب ۱۵ و ۵ سانتی‌متر بود. بذرها با تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع کاشته شدند. آبیاری مزرعه بسته به شرایط محل، رطوبت خاک و دور مرسوم آبیاری گیاه کاملینا انجام گرفت. کودها به‌صورت مخلوط با خاک به هر بلوک اضافه شدند. کود زیستی به‌روش بذرمال با نسبت مشخص (۱۰۰ گرم برای یک هکتار) و براساس دستورالعمل توصیه‌شده، قبل از کشت و دور از تابش مستقیم خورشید با بذر آغشته شد. کود زیستی مورد استفاده با نام تجاری فسفاته بارور۲، حاوی دو گونه باکتری افزایش‌دهنده حلالیت فسفات *Pantoea agglomerans* Strain 5P و *Pseudomonas putida* Strain 13P به میزان 10^7 تا 10^8 CFU/gr از شرکت زیست فناور سبز تهیه شد. باکتری‌های مذکور با تولید اسیدهای ارگانیک و آنزیم‌های فسفاتاز در اطراف ریشه باعث آزاد شدن یون فسفات می‌شوند و قادرند فسفر نامحلول در خاک را به فرم محلول قابل دسترس گیاه تبدیل کنند. عملیات مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از اعمال تیمارها

اسیدیته خاک	شوری (dS/m)	درصد اشباع خاک (%)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	نیتروژن (%)	آهن (mg/kg)	روی (mg/kg)
۷/۹۹	۰/۶۵	۴۹	۲/۹	۱۷۴	۰/۱۴	۲	۱/۳

مس (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	کربن آلی (%)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	آهک (%)	بافت خاک
۰/۷۶	۷/۲۲	۱/۴۵	۱۸/۸	۴۴	۳۷/۲	۱۰/۵	لوم رسی سیلتی

گیاه کاملینا از لحاظ صفات فنولوژیک، مقدار روغن دانه و کیفیت آن برای مصارف بیودیزل مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، برای تعیین عملکرد دانه، برداشت انجام شد. برای اندازه‌گیری روغن دانه، درصد روغن از روش سوکسله و محتوای نیتروژن دانه از روش کجلدال اندازه‌گیری و میزان پروتئین محاسبه شد. همچنین عملکرد روغن با استفاده از ضرایب درصد روغن محاسبه شد. برای محاسبه درصد پروتئین ابتدا میزان نیتروژن آلی دانه‌ها محاسبه و سپس در عدد ۶/۲۵ ضرب شد (Anonymous, 2002). روغن تولیدی به‌روش ترانس‌استریفیکاسیون به بیودیزل تبدیل شد که اساس تولید بیودیزل است. برای اندازه‌گیری چگالی، از دستگاه چگالی‌متر دیجیتال ساخت شرکت آنتون پار مدل DMA 35n تحت استاندارد D4052 متعلق به استانداردهای انجمن آزمون مواد آمریکا (ASTM) استفاده شد. برای این منظور حجم کوچکی در حدود ۰/۷ میلی‌لیتر از بیودیزل به دستگاه تزریق شده و پس از برطرف شدن نوسانات در عدد ارائه شده برروی نمایشگر دستگاه که نشانه واسنجی اتوماتیک دستگاه بود، چگالی نمونه به‌طور اتوماتیک محاسبه شد. برای اندازه‌گیری عدد یدی، ۰/۵ گرم روغن در ۱۰ گرم کلروفورم حل شد. سپس محلول مانوس به آن اضافه شده و مقداری آب مقطر روی محلول ریخته و مدتی در تاریکی قرار داده شد. سپس ۱۵ میلی‌لیتر یدور پتاسیم ۱۵ درصد و ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر به آن اضافه شد. محلول با تیوسولفات سدیم تیتر شد و تیتراسیون تا زایل شدن رنگ قهوه‌ای ید ادامه یافت تا رنگ محلول زرد شود، چسب نشاسته اضافه شده و عمل تیتراسیون تا زایل شدن رنگ آبی تیره ادامه یافت. حجم تیوسفات مصرفی را از ابتدا یادداشت کرده و با استفاده از رابطه ۱، عدد یدی به‌دست آمد. نکته‌ای که درباره عدد یدی اهمیت دارد آن است که این ضریب اگر بزرگتر از ۵۰ باشد باعث کاهش عمر موتور می‌شود (Drapcho *et al.*, 2008).

$$IV = \frac{(B-S)\times 253.8\times N\times 100}{2\times 1000\times W} \qquad (۱)$$

که IV عدد یدی، B حجم تیوفسفات سدیم مصرفی برای تیمار شاهد (میلی‌لیتر)، S حجم تیوفسفات‌سدیم مصرفی برای تیمار نمونه (میلی‌لیتر)، N نرمالیته تیوفسفات‌سدیم و W وزن نمونه (میلی‌لیتر) است. استاندارد AOCS ۱۹۹۳ CD3 برای عدد صابونی تعریف شده است. آزمایش تعیین عدد صابونی در حضور قلیای الکلی در دمای رفلوکس به مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه انجام شد. در دمای رفلوکس، الکل محیط بعد از بخار شدن توسط مبرد به محیط برگردانده شد (Jalali, 2008). برای اندازه‌گیری گوگرد براساس استاندارد ASTM D5453 عمل شد. بدین ترتیب که مقداری از نمونه را در ظرف تبخیر ریخته و وزن آن ثبت شد. نمونه با حرارتی ملایم آتش زده شد تا بسوزد پس از سرد شدن، اسیدسولفوریک خالص با قطره چکان بر روی آن ریخته شد. سپس در دمای ۳۰۰ °C کوره قرار داده شد و این دما به تدریج به ۵۵۰°C رسانده شد و تا زمان سوخت کامل کربن ادامه یافت. مجددا نمونه را سرد کرده، ۳-۴ قطره آب و ۹-۷ قطره اسیدسولفوریک ۵۰ درصد به آن اضافه شد. دوباره نمونه را در دمای ۳۰۰ تا ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه حرارت داده سپس نمونه توزین شد. عمل گرم‌کردن تا ۱۵ دقیقه انجام شد تا تغییرات وزنی مجددا ثبت شود. مقدار ثبت‌شده وزن گوگرد است که با توجه به وزن نمونه، درصد آن به‌دست آمد (Moser, 2009). در نهایت، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار (SAS 9.1) و MSTATC و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که تیمارهای کود شیمیایی و برهم‌کنش کود شیمیایی و زیستی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه کاملینا اثر معنی‌داری داشته است ولی اثر کود زیستی بر عملکرد دانه معنی‌دار نشد (جدول ۲). استفاده از تیمار کود شیمیایی نیتروژن+ فسفر+ گوگرد با مصرف کود زیستی باعث افزایش ۸۶/۸۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد بدون مصرف کود زیستی شد (شکل ۱). به نظر می‌رسد که این افزایش عملکرد دانه نشان‌دهنده افزایش کارایی کودهای زیستی در حضور کود شیمیایی است. تیمار کود زیستی در مقایسه با تیمار شاهد شیمیایی، به مراتب شرایط مناسب‌تری برای بهبود فعالیت‌های زیستی داخل خاک مهیا کرده و از طریق جذب مواد غذایی توسط ریشه، موجب افزایش عملکرد دانه شده است. این نتایج با یافته‌های Dey *et al.* (2004) در زمینه کاربرد کود زیستی باکتریایی مطابقت دارد. تحقیقات Gaind & Guar (1991) نشان داد که کاربرد فسفر و تلقیح خاک با میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات، باعث افزایش عملکرد غلات، بقولات، سیب زمینی و سایر گیاهان زراعی شده است. نتایج استفاده از کود زیستی فسفات بارور ۲ در مناطق مختلف کشور نشان داده است که در اکثر موارد، کاربرد این کود موجب افزایش بیش از ۱۰ درصدی عملکرد گیاهان زراعی شده است (Hosseinzadeh, 2005). Mohsen Nia & Jalilian (2012) بیان داشتند که کاربرد کودهای زیستی به افزایش ۹۳ درصدی در عملکرد دانه منجر می‌شود. همچنین در این آزمایش، کاهش عملکرد دانه در تیمار بدون کود نسبت به تیمارهای کودی گزارش شد. براساس نتایج Bashan *et al.* (2004) ایجاد شرایط متعادل رشد رویشی و زایشی در گیاه و طی شدن کامل مراحل رشدی دانه‌ها از دلایل افزایش عملکرد دانه در گلرنگ است. شرایط متعادل زمانی برقرار می‌شود که سطوح مختلف کود نیتروژن (برای رشد رویشی) و فسفره (برای رشد زایشی) مناسب باشد. نتایج بررسی Moradi *et al.* (2010) نشان داد که با روش تلقیح کودی نه تنها می‌توان عملکرد دانه در واحد سطح را افزایش داد بلکه به‌طور قابل توجهی می‌توان مصرف کود شیمیایی را پایین آورد. افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد کودهای شیمیایی و جذب بیشتر آن‌ها توسط گیاه، در نتیجه افزایش رشد و فتوسنتز با افزایش سطح برگ گیاه از عوامل افزایش عملکرد دانه در تیمارهای تلفیقی است.

درصد روغن دانه

نتایج جدول واریانس نشان داد (جدول ۲) که تیمار کود شیمیایی بر میزان روغن اثر معنی‌داری در سطح آماری یک درصد داشت ولی تیمار کود زیستی و اثر برهم‌کنش این دو بر میزان روغن، معنی‌دار نبود. بین تیمارهای مورد بررسی، بیشترین میزان روغن را تیمار گوگرد در حد مطلوب با ۲۰/۸۷ درصد افزایش نسبت به شاهد و بعد از آن تیمار نیتروژن+ فسفر + گوگرد با ۱۸/۷۷ درصد افزایش نسبت به شاهد داشت (شکل ۲). کاهش درصد روغن با افزایش میزان نیتروژن در گیاه کانولا (Vera *et al.*, 2004) مشاهده شده است، این در حالی است که تیمارهای کودی بر درصد روغن کرچک تاثیر مثبت داشته‌اند (Rezvani Moghadam *et al.*, 2008).

عملکرد روغن

همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تیمارهای کود زیستی و کود شیمیایی، همچنین اثر برهم‌کنش کودهای زیستی در شیمیایی بر عملکرد روغن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد روغن مربوط به تیمار کود شیمیایی نیتروژن+فسفر+گوگرد و تحت تاثیر کود زیستی بود که نسبت به شاهد بدون کود زیستی ۱۱۸/۵۵ درصد افزایش نشان داد (شکل ۳). به نظر می‌رسد تیمارهای کودهای شیمیایی و کود زیستی با تامین فسفر مورد نیاز گیاه و همین طور نیتروژن معدنی توانسته است عناصر ضروری را هماهنگ با مراحل رویشی و زایشی گیاه کاملینا آزاد کند. این امر منجر به افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی و افزایش آسیمیلاسیون کربن در برگ‌ها می‌شود و تامین فسفر براساس نیاز گیاه موجب تسریع در رسیدگی گیاه شده و در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه (شکل ۱) و نیز میزان روغن دانه (شکل ۲) شده است. این عوامل منجر به افزایش معنی‌داری عملکرد روغن دانه (شکل ۳) در این تیمار شده‌اند. از آنجایی که عملکرد روغن از حاصلضرب درصد روغن در عملکرد دانه به دست می‌آید، به دلیل بالا بودن عملکرد دانه در این تیمار، برتری آن از نظر عملکرد روغن نیز دور از انتظار

www.SID.ir

Archive of SID

نیست. نتایج پژوهش Gryndler *et al.* (2008) نیز گویای همین امر است. همچنین Mohammad Zadeh & Tabatabaei (2010) بیان داشتند که گوگرد با ایجاد محیط اسیدی در اطراف ریشه و افزایش ضریب جذب عناصر غذایی توسط بوته باعث شد تا میزان عملکرد روغن نسبت به شاهد ۳۰ درصد افزایش یابد.

میزان پروتئین دانه

براساس جدول تجزیه واریانس، اثر کودهای شیمیایی بر پروتئین دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی تاثیر تیمار کود زیستی و برهم‌کنش این دو تیمار بر این صفت غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان پروتئین دانه به تیمار نیتروژن+فسفر+گوگرد تعلق داشت که نسبت به شاهد ۲۲/۸۷ درصد افزایش نشان داد (شکل ۴). در خصوص افزایش پروتئین در گیاه می‌توان بیان نمود که نیتروژن به هر صورتی که توسط گیاه جذب شود، در داخل گیاه توسط جریان احیاء به اسیدهای آمینه و سپس به پروتئین تبدیل می‌شود و نقش خود را در فیزیولوژی گیاه ایفا می‌کند (Roy & Singh 2006). Grant & Bailey (1993) گزارش نمودند کاربرد نیتروژن، درصد روغن دانه کلزا را کاهش داده ولی درصد پروتئین را افزایش می‌دهد. افـزایش درصد پروتئین بـر اثـر استفاده از کودهای بیولوژیک می‌تواند به دلیل افزایش تاثیر تلقیح باکتری‌ها، کارایی تنظیم‌کنندگی رشد و فعالیت فیزیولوژیکی و متابولیسمی در گیاه باشد (Ram Raho *et al.*, 2007). براساس یافته‌های شکل ۵ در مورد مقایسه درصد پروتئین و درصد روغن می‌توان بیان داشت که بین افزایش این دو صفت رابطه معکوسی وجود داشته است. به‌طوری که بیشترین درصد روغن مربوط به تیمار کود شیمیایی گوگرد در حد مطلوب بوده است که نسبت به درصد پروتئین آن ۱۳۰/۲۹ درصد و نسبت به درصد پروتئین شاهد ۴۴/۵۷ درصد افزایش نشان داد. به همین ترتیب بیشترین درصد پروتئین نیز در تیمار نیتروژن+فسفر+گوگرد مشاهده شد که نسبت به درصد روغن همین تیمار ۸۶/۴۸ درصد و نسبت به درصد روغن شاهد ۲/۷۲ درصد افزایش نشان داد. کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر، مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه را در مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه و درصد پروتئین آن می‌شوند (Yasary & Patwardhan, 2007). Fathi *et al.* (2002) نیز با مطالعه گیاه کلزا، بیشتر شدن پیش‌زمینه‌های پروتئینی نیتروژن‌دار و کاهش مواد قابل دسترس سنتز اسیدهای چرب در اثر افزایش کود نیتروژن را تایید نموده‌اند. سایر بررسی‌های انجام شده نیز حاکی از آن است که افزایش نیتروژن، روند افزایش درصد روغن دانه را به تاخیر انداخته و طولانی‌تر شدن نمو خورجین را درپی دارد. درنتیجه دانه از رسیدن به بلوغ کامل وامانده و درصد روغن کاهش می‌یابد (Ahmadi & Javidfar, 1998). کاربرد کود نیتروژن تا مقدار مشخصی، مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه را در مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه و درصد پروتئین آن می‌شود (Imam & Niknejad, 1993). Sharma (2005) گزارش کرد که مصرف نیتروژن تاثیر منفی و معنی‌داری بر درصد روغن کنجد داشته است ولی به‌دلیل تاثیر مثبت بر عملکرد دانه، در نهایت عملکرد روغن را افزایش داده است. با افزایش مصرف نیتروژن، تشکیل پیش‌زمینه‌های پروتئینی نیتروژن‌دار بیشتر شده و تشکیل پروتئین در تهیه مواد فتوسنتزی افزایش می‌یابد و در نتیجه میزان مواد لازم برای تبدیل به روغن کاهش می‌یابد. به‌طور عمده نقش گوگرد در گیاهان، ساخت پروتئین و روغن و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی اسـت و به همین دلیل عنصر بسیار مهمی برای دانه‌های روغنی است (Rezaei *et al.*, 2013). آزمایش‌هـای مزرعه‌ای در سال ۱۹۹۹-۱۹۹۸ در کانـادا نشان داد کـه مصـرف گوگرد، علائم کمبود را در کلزا برطرف نمود و باعث افـزایش درصـد روغـن و پـروتئین دانـه شـد.

چگالی بیودیزل

چگالی بیودیزل تولیدی تحت تاثیر تیمارهای کود زیستی و کود شیمیایی و همچنین برهم‌کنش تیمارهای کود زیستی در کود شیمیایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). چگالی بیانگر آن است که جرم ماده تا چه حد متراکم شده و معیار سنجش آن براساس وزن یک لیتر آب خالص است که وزنی معادل یک کیلوگرم دارد (Smith & Shekhawat, 2009). نتایج به‌دست آمده از این آزمایش نشان می‌دهد که در بین عناصر غذایی به کار رفته، بیشترین تاثیر بر چگالی را

www.SID.ir

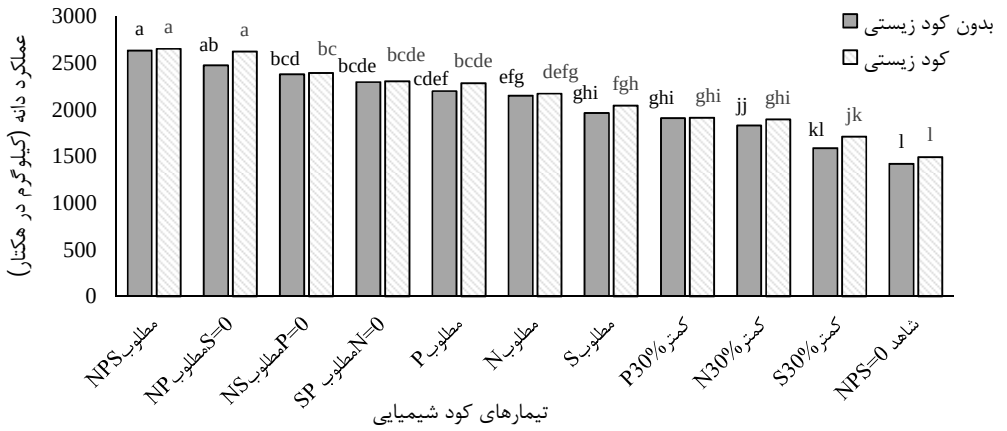
Archive of SID

عناصر نیتروژن و فسفر در حد مطلوب به‌همراه مصرف کود زیستی داشته‌اند (شکل ۶). استفاده از تیمار کود شیمیایی نیتروژن و فسفر در حد مطلوب با مصرف کود زیستی باعث افزایش ۰/۰۲۱ درصدی چگالی بیودیزل نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۶). این موضوع نشان می‌دهد که هر دو عنصر نیتروژن و فسفر بر چگالی روغن و به تبع آن بر چگالی بیودیزل موثر هستند. نتیجه تاثیر سایر تیمارهای کودی و اختلاف کم آن‌ها نسبت به تیمارهای نیتروژن و فسفر مطلوب با مصرف کود زیستی بر چگالی بیودیزل نشان می‌دهد این ویژگی نیز به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر سایر عناصر غذایی قرار گرفته است (شکل ۶). پژوهش Abramovic & Abram (2005) بر روی بیودیزل حاصل از روغن کاملینا نشان داد که چگالی آن ۰/۰۰۰۹۱۹–۰/۰۰۰۹۲۶ گرم بر سانتی‌مترمکعب است. نتایج مطالعه Demirbas (2008b) برروی چند شاخص مهم در سوخت‌های بیودیزل حاصل از روغن‌های کلزا، کتان، خردل و گلرنگ نشان داد که چگالی آنها به ترتیب ۸۵۷، ۸۸۵، ۸۶۶ و ۸۶۶ گرم بر لیتر بوده و چگالی کاملینا نسبت به این گیاهان افزایش اندکی دارد. براساس استاندارد، چگالی برای کاملینا ۰/۰۰۰۹۱۹ تا ۰/۰۰۰۹۵۰ گرم بر سانتی‌مترمکعب می‌باشد (Sampath, 2009) که نتایج چگالی بیودیزل تولیدی از تیمارهای این آزمایش با این استاندارد نیز مطابقت داشت و کاهش چگالی در تمامی تیمارهای این پژوهش دیده می‌شود.

جدول ۲- درجه آزادی و میانگین مربعات برخی ویژگی‌های مربوط به عملکرد و اجزای روغن گیاه کاملینا

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد دانه	درصد روغن دانه	عملکرد روغن	پروتئین دانه
تکرار	۲	۳۱۲۷/۵۸**	۲/۲۴۷**	۱۱۵۸/۹۶**	۳/۴۳**
کودزیستی	۱	۵۱۶/۸۸^{ns}	۱/۰۴۶^{ns}	۱۵۲۴۶/۷۸**	۰/۱۸^{ns}
کودشیمیایی	۱۰	۴۱۳۰/۷۲**	۴۳/۱۱**	۱۶۲۳۱۳/۹۳**	۳۶/۳۴**
کود زیستی × کود شیمیایی	۱۰	۴۰۶۲/۴۸**	۰/۳۶^{ns}	۹۷۳/۶۷**	۰/۰۵^{ns}
خطا	۴۲	۱۶۶/۲۰۵	۰/۳۵	۱۶۱/۰۳	۱۶۱/۰۳
ضریب تغییرات (%)	-	۶/۱۳	۱/۴۸	۱/۴۹	۱/۵۷

^{ns} عدم معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

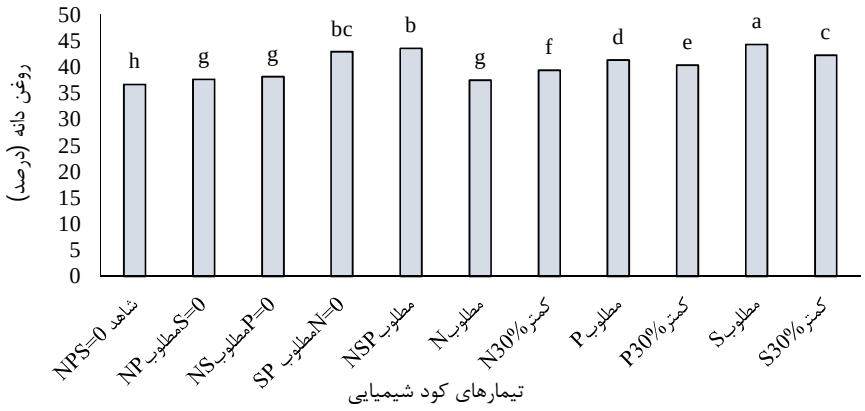


شکل ۱- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش کود شیمیایی × کود زیستی بر عملکرد دانه گیاه کاملینا

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

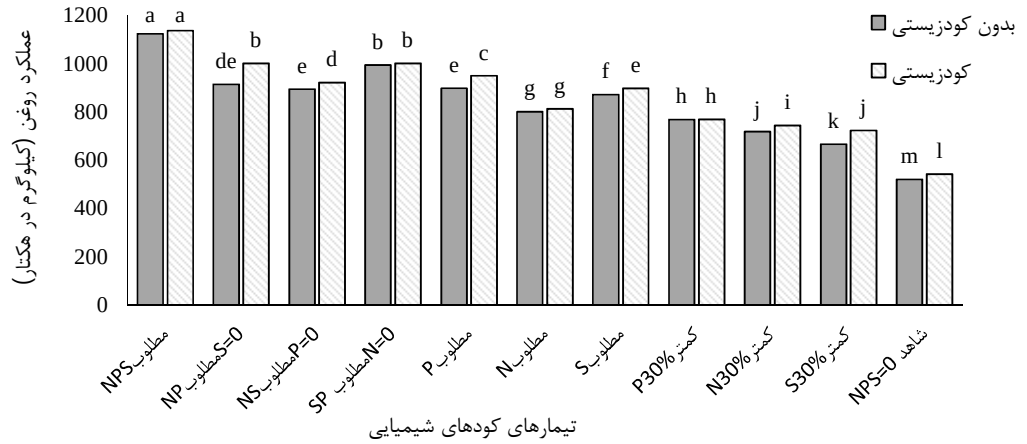
www.SID.ir

Archive of SID



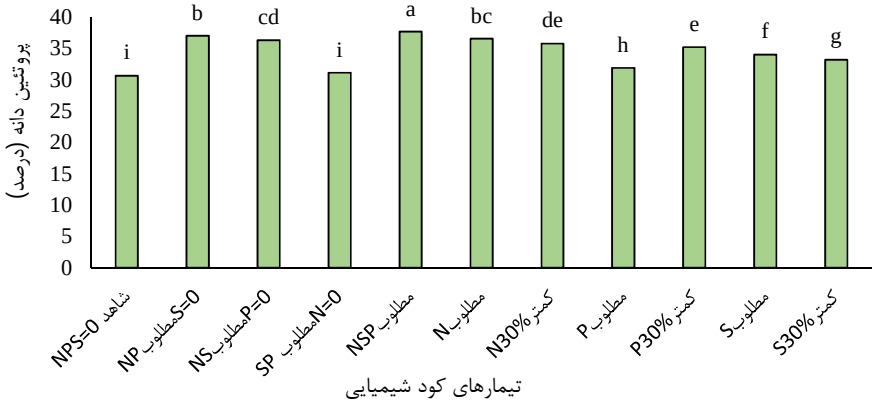
شکل ۲- اثر کود شیمیایی بر درصد روغن دانه کاملینا

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش کود شیمیایی × کود زیستی بر عملکرد روغن کاملینا

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

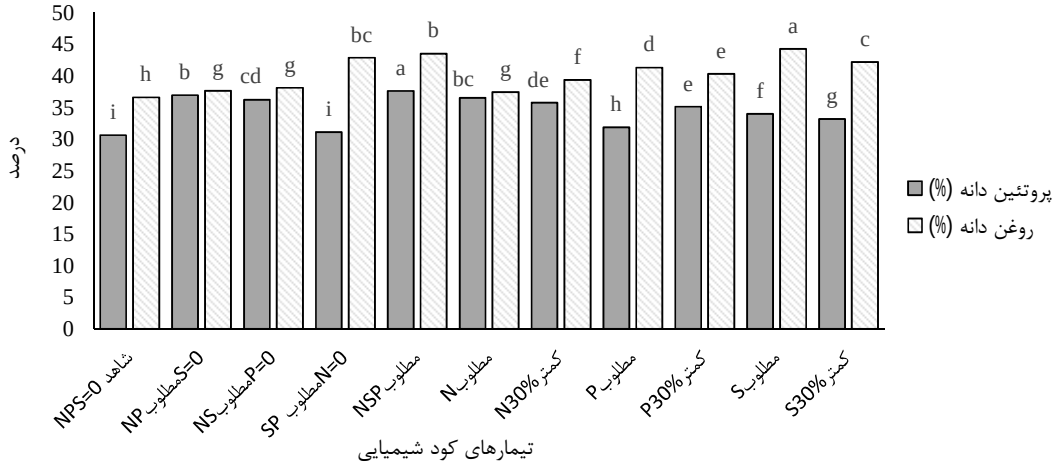


شکل ۴- اثر کود شیمیایی بر پروتئین دانه کاملینا

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- اثر کود شیمیایی بر مقایسه پروتئین دانه و درصد روغن کاملینا

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

عدد یدی

تیمارهای عناصر غذایی بر عدد یدی بیودیزل تولیدی از کاملینا اثر معنی‌داری داشته‌اند. همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود تیمارهای کود زیستی و کود شیمیایی، همچنین اثر برهم‌کنش تیمارهای کودهای زیستی در شیمیایی بر عدد یدی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. براساس داده‌های آزمایشی (شکل ۷)، بیشترین عدد یدی به تیمار کود شیمیایی گوگرد در حد مطلوب بدون مصرف کود زیستی مربوط بوده و تیمار گوگرد ۳۰ درصد کمتر، بدون مصرف کود زیستی، پس از آن قرار گرفته است که به ترتیب نسبت به شاهد ۱/۷۷ و ۱/۷۰ درصد افزایش نشان داده است. بالا بودن مقدار عدد یدی در تیمار کود شیمیایی گوگرد در حد مطلوب با بالا بودن مقدار درصد روغن (شکل ۲) در این تیمار مشابه و منطبق می‌باشد. معیار استاندارد عدد یدی، مقررات ۱۹۹۳ AOCS CD1-25 است و وزن ید مصرفی برای اشباع‌سازی اتصال‌های مضاعف در ۱۰۰ گرم روغن می‌باشد. هرچه این ضریب بیشتر باشد، اکسیدشدن روغن زیادتر و خشک‌شوندگی آن بیشتر است. از آن‌جایی‌که سوخت باید در مخازن ذخیره شود، پایداری آن برای انبارداری و حفظ کیفیت بسیار مهم است. افزایش درجه اشباع‌نشدن روغن با افزایش دما، باعث اکسیدشدن روغن و سوخت می‌شود و امکان پلیمره‌شدن سوخت به یک ماده خمیری شکل به‌وجود می‌آید (Drapcho *et al.*, 2008). بر اساس استاندارد، بیشینه مجاز عدد یدی برای کاملینا ۱۰۵ گرم ید برای ۱۰۰ گرم روغن (Sampath, 2009) و برای بیودیزل ۱۲۰ میلی‌گرم ید برای ۱۰۰ گرم روغن است (Thomas *et al.*, 2011). چون این شاخص درجه اشباع‌شدن روغن و بیودیزل تولیدی را تعیین می‌کند، لذا بسیار مهم است که در برابر واکنش اکسیداسیون یا هیدروژنه‌شدن بیودیزل پایدار باشد. همچنین سرعت اکسیداسیون روغن به حرارت، حضور اکسیژن و میزان پراکسیدان‌ها وابسته است (Ranjbar *et al.*, 2011). این نتایج نشان‌دهنده آن است که کودهای گوگردی به‌ویژه گوگرد در حد مطلوب بر کیفیت بیودیزل تولیدی از گیاهان دانه روغنی نسبت به سایر عناصر اهمیت بیشتری دارد. تاثیر بیشتر این عنصر بر سنتز روغن و صفات مورد بررسی می‌تواند دلیل این امر باشد. عدد یدی کاملینا در این پژوهش در محدوده ۲۶/۰۴ تا ۲۶/۹۴ میلی‌گرم ید بر ۱۰۰ گرم روغن بود که براساس گزارش Abramovic & Abram (2005) این شاخص برای بیودیزل تولیدی از کاملینا مطابقت داشت.

عدد صابونی

معنی‌دارشدن عدد صابونی در سطح احتمال یک درصد نشان‌دهنده اثرگذاری شرایط اعمال شده در آزمایش است (جدول ۳). روغن‌های گیاهی هنگام تولید بیودیزل، در دماهای بالای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌شدت به صابونی شدن تمایل دارند (Ranjbar *et al.*, 2012). بیشترین عدد صابونی با ۲۲۷/۱ میلی‌گرم هیدروکسیدسدیم بر گرم روغن به تیمار گوگرد+فسفر در حد مطلوب بدون مصرف کود زیستی مربوط بود که نسبت به تیمار شاهد ۱۳/۴۳

www.SID.ir

Archive of SID

درصد افزایش نشان داد. کمترین آن نیز با ۱۹۴/۸ میلی‌گرم هیدروکسیدسدیم بر گرم روغن به تیمار فسفر در حد مطلوب و فسفر ۳۰ درصد کمتر بدون مصرف کود زیستی مربوط بود که نسبت به شاهد ۲/۶۹ درصد کاهش نشان داد (شکل ۸). این مساله از آثار این کودها بر اسیدهای چرب روغن کاملینا ناشی می‌شود که میل به صابونی‌شدن در بیودیزل حاصل را افزایش می‌دهند. طبق تعریف، عدد صابونی برحسب میلی‌گرم هیدروکسیدپتاسیم یا هیدروکسیدسدیم که برای واکنش کامل با تمام گروه‌های واکنش‌پذیر موجود در یک گرم روغن لازم است بیان می‌شود. حد مطلوب این شاخص برای بیودیزل بین ۵ تا ۸ گرم هیدروکسیدسدیم برای ۱۰۰ گرم روغن می‌باشد. در مجموع با استری‌شدن روغن، اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع کاهش می‌یابند. آنچه که پس از استری‌شدن رخ می‌دهد شرایطی است که روغن در حضور کاتالیزور و الکل به یک پایداری می‌رسد که بیانگر پایداری بیودیزل است (Ranjbar *et al*., 2012). Abramovic & Abram (2005) با بررسی بیودیزل حاصل از روغن کاملینا، عدد صابونی برای این گیاه را ۱۸۷/۸ میلی‌گرم هیدروکسیدسدیم بر گرم روغن گزارش کرده‌اند. این موضوع نشان‌دهنده افزایش عدد صابونی پس از واکنش ترانس‌استریفیکاسیون روی روغن است. Drapcho *et al*. (2008) علیرغم این‌که واکنش صابونی‌شدن را به کیفیت روغن وابسته دانسته‌اند اما بر مضر بودن واکنش صابونی‌شدن تاکید داشته و پیشنهاد کردند که صابونی‌شدن باید پایین نگه داشته شود. همچنین در واکنش استریفیکاسیون برای کاهش صابونی‌شدن، میزان آب نباید بیشتر از ۰/۵درصد باشد که نتایج حاصل از آزمایش، عدم مطابقت این شاخص با مطالعات را نشان داد.

میزان گوگرد بیودیزل

مقدار گوگرد بیودیزل تحت تاثیر تیمارهای کود زیستی و کود شیمیایی و همچنین برهم‌کنش این تیمارها قرار گرفت (جدول ۳). حداکثر میزان گوگرد در بیودیزل برابر با ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که این میزان معادل ۰/۰۰۱ درصد است. هرچه میزان گوگرد کمتر باشد به معنای پاک‌تر بودن سوخت است (Ranjbar *et al*., 2011). بیشترین میزان گوگرد از تیمار کود شیمیایی فسفر در حد مطلوب بدون مصرف کود زیستی و پس از آن تیمار کود شیمیایی فسفر ۳۰ درصد کمتر از مطلوب بدون مصرف کود زیستی و شاهد همراه با مصرف کود زیستی به‌دست آمد. کمترین میزان گوگرد نیز متعلق به تیمار کود شیمیایی فسفر ۳۰ درصد کمتر از مطلوب به همراه کود زیستی بوده است (شکل ۹). تفاوت اثر تیمار کود شیمیایی فسفر در حد مطلوب بدون مصرف کود زیستی نسبت به شاهد بدون مصرف کود زیستی ۱۸۷/۲۳ درصد بوده است (شکل ۹) که نشان‌دهنده آن است که این تیمارهای کودی به‌طور معنی‌داری بر میزان گوگرد بیودیزل تولیدی موثر بوده‌اند و مصرف آن‌ها می‌تواند موجب افزایش میزان گوگرد در بیودیزل تولیدی شود. نتایج پژوهش نشان داد که نوع و مقادیر متفاوت کودها بر مقدار گوگرد بیودیزل تولیدی تاثیر معنی‌داری داشته است. Drapcho *et al*. (2008) حد مجاز میزان گوگرد را ۰/۰۵ درصد وزنی اعلام کردند که در مجموع میزان گوگرد برای گیاه کمتر از حد مجاز آن است. میزان گوگرد زمانی‌که سوخت سوزانده می‌شود اهمیت پیدا می‌کند زیرا باعث تولید اکسیدهای گوگرد می‌شود. همچنین میزان گوگرد بیودیزل و دیزل به‌ترتیب ۰/۰۲۰- ۰/۰۰۶ و ۰/۰۵۰- ۰/۰۲۰ درصد وزنی گزارش شد (Shekawat *et al*., 2011).

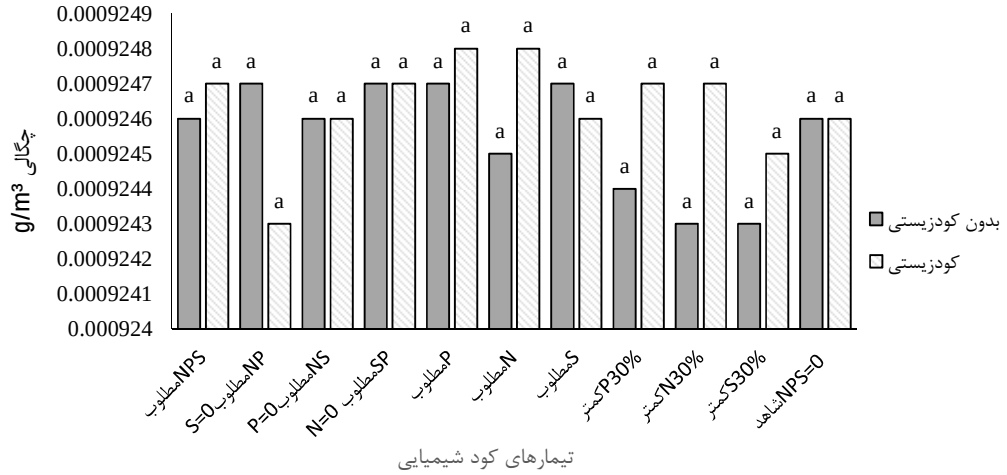
جدول ۳- درجه آزادی و میانگین مربعات مربوط به برخی شاخص‌های بیودیزل تولیدی از روغن گیاه کاملینا

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		چگالی	عدد یدی	عدد صابونی	گوگرد
تکرار	۲	۰	۰	۰	۰
کود زیستی	۱	$۱/۰۱\times۱۰^{-۳}$**	۰/۷۰**	۱۷۶/۰۴**	$۰/۰۲\times۱۰^{-۳}$**
کود شیمیایی	۱۰	$۶/۱۳\times۱۰^{-۴}$**	۰/۳۲**	۲۱۷/۱۳**	$۰/۰۳\times۱۰^{-۳}$**
کود زیستی × کود شیمیایی	۱۰	$۷/۴۴\times۱۰^{-۴}$**	۰/۱۶**	۹۱/۶۹**	$۰/۱۸\times۱۰^{-۳}$**
خطا	۴۲	۰	۰	۰	۰
ضریب تغییرات (%)	-	۰	۰	۰	۰

عدم معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد ns

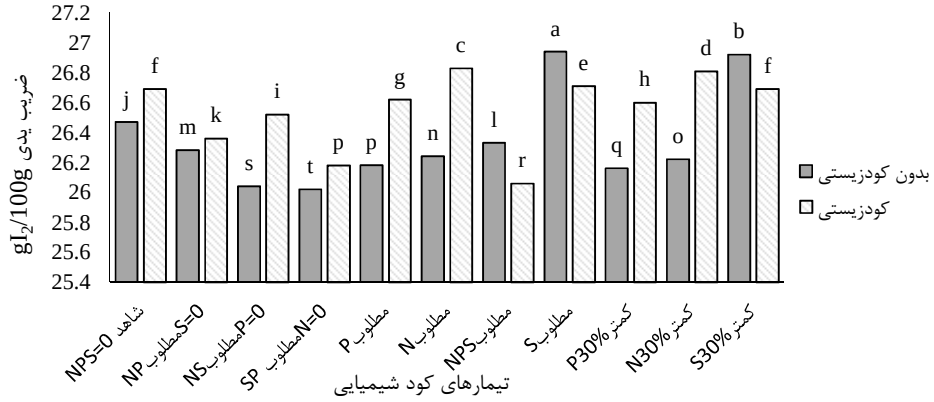
www.SID.ir

Archive of SID



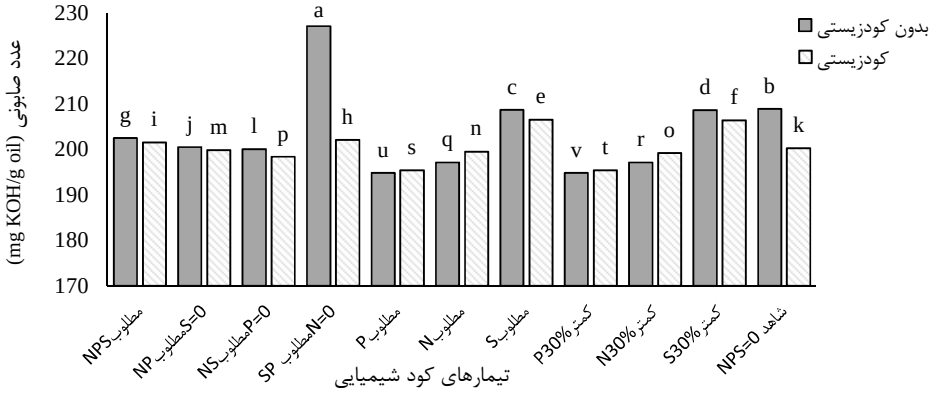
شکل ۶- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش کود شیمیایی × کود زیستی بر چگالی بیودیزل تولیدی از روغن گیاه کاملینا

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش کود شیمیایی × کود زیستی بر ضریب یدی بیودیزل تولیدی از روغن گیاه کاملینا

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

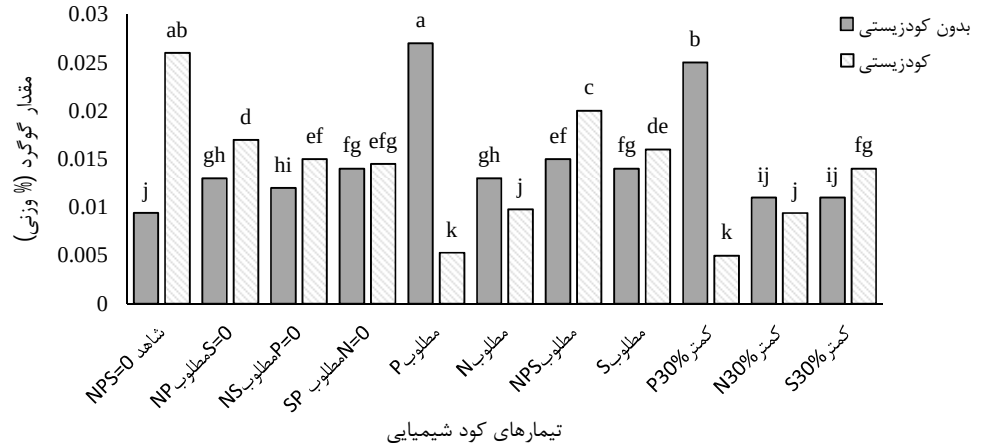


شکل ۸- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش کود شیمیایی × کود زیستی بر عدد صابونی بیودیزل تولیدی از روغن گیاه کاملینا

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش کود شیمیایی × کود زیستی بر گوگرد بیودیزل تولیدی از روغن گیاه کاملینا

ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که کاربرد عناصر غذایی، به‌ویژه کودهای شیمیایی به‌همراه مصرف کود زیستی باعث بهبود رشد گیاه و افزایش عملکرد دانه و روغن و اجزای روغن تولیدی از دانه کاملینا می‌شود. اگرچه در این پژوهش، بیشترین عملکرد دانه و پروتئین دانه مربوط به تیمار کود شیمیایی نیتروژن+فسفر+گوگرد به همراه مصرف و عدم مصرف کودزیستی بوده است اما با توجه به نتایج حاصله، کاربرد سایر عناصر نیز بر کیفیت و ویژگی‌های بیودیزل تولیدی از روغن کاملینا تاثیر مثبت داشته است. لذا تولیدکنندگان بیودیزل به هنگام تولید این محصول می‌توانند به شرایط تغذیه‌ای گیاه توجه نموده و براساس اهداف تولید، نوع و میزان کودهای مصرفی را تعیین نمایند. در برخی شاخص‌ها عناصر غذایی نه تنها باعث بهتر شدن کیفیت سوخت بیودیزل نشده‌اند بلکه از مزیت‌های آن نیز کاسته‌اند. اگرچه نباید فراموش کرد که به‌طور کلی بیودیزل‌های تولیدی در حد قابل قبولی بوده‌اند و اثرگذاری عناصر غذایی در این پژوهش مشاهده شده است. نتایج به‌دست آمده از مقایسه این دو سوخت نشان می‌دهد که می‌توان بیودیزل را مکمل یا جایگزین مناسبی برای سوخت دیزل به‌صورت خالص یا به‌صورت مخلوط سوخت دیزل و بیودیزل دانست و به کاهش آلودگی محیط زیست نیز کمک خواهد شد.

منابع

1. Abramovic, H. and Abram, V. 2005. Physico-Chemical properties, Composition and oxidative stability of Camelina sativa oil. Food Technology and Biotechnology, 43(1): 63-70.
2. Ahmadi, M. and JavidFar, V. 1998. Nutrition of rapeseed oil (translation) Volume I. Oil Seeds Committee. 194 p. (In Farsi)
3. Adesemoye, A. O. Torbert, H. A. and Kloepper, J. W. 2010. Increased plant uptake of nitrogen from 15N-depleted fertilizer using plant growth-promoting rhizobacteria. Applied Soil Ecology, 46: 54-58.
4. Anonymous. 2002. Determination of crude protein in cereals and cereal products for food and for fed. Standard methods of the international association for cereal science and technology, ICC Standard No: 105/2, Viena.
5. Bashan, Y. Holguin, G. and de-Bashan, L. 2004. Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agricultural and environmental. Canadian Journal of Microbiology, 50: 521-577.
6. Bala, B K. 2005. Studies on biodiesels from transformation of vegetable oils for diesel engines. Energy Educcation Science Technology. 15:1–43
7. Cakmakci, R. I. Donmez, M. F. and Erdogan, U. 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barely seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. Turkish Journal of Agriculture. 31: 189-199.
8. Demirbas, A. 2008a. Biodiesel: a Realistic fuel alternative for diesel engines. Springer – Verlag. London.
9. Drapcho, C M., Nhuan N. P. and Walker, T. H. 2008. Biofuels. PP. 220-249. Engineering Process Technology, McGraw-Hill Co., New York.

www.SID.ir

Archive of SID

10. Demirbas, A. 2008. New liquid biofuels from vegetable oils via catalytic pyrolysis. Energy Educcation Science Technology, 21: 1-59.
11. Demirbas, A. 2006. Biodiesel production via non-catalytic SCF method and biodiesel fuel characteristics. Energy Convers Manage, 47: 2271-2282.
12. Demirbas, A. 2008b. Studies on cottonseed oil biodiesel prepared in non-catalytic SCF conditions. Bioresource Technology, 99: 1125-1130.
13. Dey, R. K. Pal, K. Bhatt, D. M. and Chauhan, S. M. 2004. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting rhizobacteria. Microbiological Research, 159: 371-394.
14. Fathi, Gh. Bani Saidi, A. Sydat, A. and Ebrahim Pour, f. 2002. Effect of different levels of nitrogen and plant density on seed yield of rapeseed cultivar PF7045 under climatic conditions of Khuzestan province. Agricultural Scientific Journal, 25: 43-57. (In Farsi)
15. Gerpen, J. V. 2004. Business Management for Biodiesel Producers. Iowa State University. 7-22.
16. Gryndler, M. Sudova, R. and Rydlova, J. 2008. Cultivation of high-biomass crops on mine spoil banks: Can microbial inoculation compensate for high doses of organic matter? Bioresource Technology, 99: 6391-6399.
17. Grant, C. A. and Bailey, L. D. 1993. Fertulity management in canola production. Canadian Journal of Plant Science, 73: 651-671.
18. Gaind, S. and Gaur, A. C. 1991. Thermo tolerant phosphate solubilizing microorganisms and their interaction with mung bean. Plant and Soil, 133: 141-149.
19. Hosseinzadeh, H. 2005. Effect of fertilizer phosphate fertilizer on yield of products. Jahad University Press. Tehran. 45 p. (In Farsi)
20. Imam, Y. and Nicknejad, M. 1993. Introduction to the physiology of crop yield. Shiraz University Press. 570 p. (In Farsi).
21. Jalali, H. 2008. Oils and Fats from a Chemical Perspective. Amidi Publications, Tabriz. (In Farsi)
22. Khwaja Pour, M. R. 2007. Industrial plants. Jihad University of Isfahan. 564 p. (In Farsi)
23. Kuchaki, A. R. Tabriz, L. and Ghorbani, R. 2008. Evaluation of the Effect of Biological Fertilizers on Growth, Function, and Qualitative Characteristics of Hyssopus officinali Iranian Journal of Crop Research, 6: 127-137. (In Farsi)
24. Moser, B. R. 2009. Biodiesel Production, Properties, and Feedstocks. Springer.
25. Mohsen Nia, A. and Jalilian, J. 2012. Effect of drought stress and fertilizer sources on yield and yield components of safflower (Carthamus tinctorius L.) Journal of Agricultural Ecology. 4(8): 245-235. (In Farsi)
26. Moradi, M. Madani, H. and Pilehvari Khomari, R. 2010. Application of Biophosphorous and its Comparison with Chemical Phosphorus on Quantitative Properties of Sunflower in Arak Region. Eleventh Iranian Congress of Plant Breeding and Plant Breeding. August 2-4. Shahid Beheshti University. Tehran. Iran. (In Farsi)
27. Mohammad Zadeh, N. and Tabatabai, A. 2010. Effect of high consumption and low consumption on improved yield and quantitative and qualitative traits of sesame. Fifth National Conference on New Ideas in Agriculture. February 27-28 Azad University Khorasgan Branch. Khorasgan Iran.14 p. (In Farsi)
28. Obour, A. K. Sintim, H. Y. Obeng, E. and Jeliazkov, D. V. 2015. Oilseed camelina (*Camelina sativa* L. Crantz): Production systems, prospects and challenges in the USA great plains. Advances in Plants and Agriculture Research, 2: 1-10.
29. Pinto, A C. Guarieiro, L. L. N. Rezende, M. J. C. Ribeiro, N. M. Torres, E. A. Lopes, W A. 2005. Biodiesel: an overview. Journal Brazil Chemical, 16: 1313-30.
30. Roy, D. K. and Singh, B. P. 2006. Effect of level and time of malt barley. Indian Journal of Agronomy, 51: 40-42.
31. Ram Raho, D. M. Kodandaramaiah, J. M. Reddy, P. Katiyar, R. S and Rahmathllah, V. K. 2007. Effect of VAM fungi and bacterial biofertilizers on mulberry leaf quality and silkworn cocoon characters under semiaride conditions. Caspian Journal of Internal Medicine, 5: 111-117.
32. Ranjbar, M. Tadayon, M. R. Tadayon, A. and Ebrahami, R. 2011. Effects of nitrogen and sulfur fertilizers on yield of safflower oil, sunflower oil and flax to produce biodiesel. Thesis. Shahrekord University. 171 p. (In Farsi)
33. Rezvani Moghaddam, P. Boroumand Reza Zadeh, Z. Mohammad Abadi, A. U. And Sharif, A.S. 2008. Effect of planting date and different fertilizer treatments on yield, yield and seed oil content of castor plant. Iranian Journal of Agricultural Research, 6: 303-313. (In Farsi)
34. Rezaei, S. H. Khawazi, K. Nezami, M. T. and Saadat, S. 2013. Effect of sulfur, phosphorus and plant role on microbial

www.SID.ir

Archive of SID

biomass and soil phosphatase activity. Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences), 4(22): 218-226. (In Farsi)

35. Ranjbar, M. Tadayon, M. R. Tadayon, A. and Ebrahimi, R. Effect of nitrogen fertilizers, potassium sulfate, magnesium sulfate and zinc sulfate on yield and some characteristics of biodiesel produced from safflower. 2012. Journal of Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products. second year, pp: 67-76. (In Farsi)
36. Sturz, A. V. and Christie, B. R. 2003. Beneficial microbial Allelopathies in the root zone: The management of soil quality and plant disease with rhizobactria. Soil and Tillage Research, 72: 107-123.
37. Sharma A. K. 2005. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios. India Sharma PB. Fertilizer management in sesame (*Sesamum indicum* L.) based intercropping system in Tawa command area. Journal of Oilseeds Researsh, 22: 63-65.
38. Smith, M. and Shekhawat, D. 2009. Catalytic partial oxidation. *In:* J. Starbuck and G. D. J. Harper (Eds.), Run Your Diesel Vehicle on Biofuels, McGraw-Hill Co., New York. pp. 83-84.
39. Sampath, A. 2009. *Chemical characterization of camelina seed oil*. PhD Thesis. Rutgers University Graduate School-New Brunswick. 193 p.
40. Shekhawat, D. Spivey, J. J. and Berry, D. A. 2011. Fuel Cells: Technologies for fule processing. Elsevier. The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford. UK. 555 p.
41. Tomes, D. Lakshmanan, P. and Songstad, D. 2011. Biofuels Global Impact on Renewable Energy Production, Agriculture and Technological Advancements. Springer, New York, pp. 16-357.
42. Vera, C. L. Malhi, S. S. Raney, J. P. and Wang, Z. H. 2004. The effect of N and P fertilization on growth, seed yield and quality of industial hemp in the Parkland region of Saskatchewan. Canadian Journal of Plant Scienc, 84: 939-947.
43. Yasari, E. and Patwardhan, A. M. 2007. Effects of (Aztobacter and Azospirillium) inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of canola (*Brassica napus* L.). Asian Journal of Plant Sciences, 6: 77-82.
44. Zhang, Y. 2002. Design and Economic assessment of Biodiesel Production from waste Cooking oil. M.A.Sc. Thesis. Department of chemical engineering. University of Ottawa. 216 p.

www.SID.ir