اثر کودهای نیتروژن، سولفات پتاسیم، سولفات منیزیم و سولفات روی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های بیودیزل تولیدی از گلرنگ

مهران رنجبر[۱*]، محمودرضا تدین[۱]، علی تدین[۱] و رحیم ابراهیمی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۶/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۹/۲۳)

چکیده

به منظور بررسی اثر مقادیر کود نیتروژن و کودهای سولفات پتاسیم، سولفات منیزیم و سولفات روی بر بیودیزل تولیدی از گلرنگ، پژوهشی مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۸۹ در مزرعه پژوهشی دانشگاه شهرکرد اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کود نیتروژن در سه سطح (۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کودهای سولفات پتاسیم، سولفات منیزیم و سولفات روی به ترتیب به میزان ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و شاهد بودند. با ایجاد شرایط تغذیه‌ای برای گیاه گلرنگ، عملکرد دانه و درصد روغن و هم‌چنین صفات بیودیزل شامل: چگالی، عدد یدی و عدد صابونی مطالعه شدند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (۹۱۳ کیلوگرم در هکتار) بیش از سایر تیمارها بوده است. کودهای سولفات منیزیم و سولفات پتاسیم بیشترین افزایش درصد روغن (به ترتیب ۳۲/۸۴ و ۳۲/۵) را داشته‌اند. بیودیزل تولیدی از تیمار سولفات پتاسیم دارای چگالی، عدد یدی و عدد صابونی (به ترتیب ۸۶۷/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب، ۱۳۹/۷ میلی‌گرم ید بر ۱۰۰ گرم روغن و ۱۹۰/۶ میلی‌گرم هیدروکسید سدیم بر گرم روغن) بیشتری نسبت به سایر تیمارهاست. نتیجه‌گیری کلی این تحقیق نشان داد که کاربرد کودهای ریزمغذی سولفات‌دار (مخصوصاً سولفات پتاسیم)، باعث بهبود ویژگی‌های روغن و بیودیزل تولیدی از دانه گلرنگ می‌شود.

واژه‌های کلیدی: گلرنگ، عملکرد دانه، درصد روغن، چگالی، عدد یدی، عدد صابونی

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد و استادیاران زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲. استادیار مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mehranjbar2009@gmail.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.6.2]

مقدمه

بیودیزل عبارت است از ترکیب استرهای مونوالکیلی زنجیره بلند اسیدهای چرب که حاصل از واکنش یک الکل با مواد لیپیدی تجدیدپذیر می‌باشد (۲۵). براساس نتایج پژوهش دپارتمان انرژی ایالات متحده آمریکا (۲۱) مزایای بیودیزل را می‌توان این‌گونه بیان کرد: **۱.** تجدیدپذیری منابع تولید آن، ۲. تولید دی‌اکسید کربن کمتر به میزان ۷۸٪ نسبت به سوخت‌های فسیلی مرسوم، ۳. بیودیزل بر خلاف سوخت‌های فسیلی، آلودگی گوگرد و سولفات را ندارد زیرا این ترکیبات منجر به باران‌های اسیدی می‌شوند، ۴. از نشر آلودگی‌های هیدروکربنی به میزان ۵۶٪ می‌کاهد، ۵. روان‌کاری بالاتر در موتور داشته که باعث دوام بیشتر قطعات موتور می‌شود، ۶. حدود ۹۴٪ عوامل سرطان‌زا را کمتر به هوا وارد می‌کند و ۷. مونواکسید و ذرات دوده کمتری در هنگام سوختن تولید می‌کند. بیودیزل از منابع گیاهی و حیوانی تولید می‌شود و براساس گزارش جرپن (۷)، ۷۵٪ منابع بیودیزل آمریکا از سویا است. اگرچه بخش زیادی از بیودیزل تولیدی از سویا است، اما به دلیل تفاوت کیفیت روغن گیاهان مختلف، مطالعات و پژوهش‌ها روی سایر گیاهان نیز انجام می‌شود. از جمله این گیاهان، گلرنگ می‌باشد که با نام علمی *Carthamus tinctorius* L. از تیره مرکبه (Compositae) است (۱۲). لازم به ذکر است که تا به حال در نشریات معتبر علمی نقش عناصر غذایی بر بیودیزل گزارش نشده و پژوهش‌های ارائه شده در مورد بیودیزل از مرحله روغن‌گیری به بعد صورت گرفته است.

در مطالعات تأثیر عملکرد بیولوژیک، تعداد غوزه، تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد دانه بر عملکرد دانه و روغن گلرنگ مشخص گردید که عملکرد روغن تابعی از میزان تولید دانه است که خود تابعی از زیست‌توده (بیوماس) گیاه و تعداد غوزه در بوته می‌باشد. بر این اساس، هرچه تولید دانه افزایش یابد میزان روغن نیز افزایش می‌یابد (۱۳). درصد روغن و عملکرد دانه دو شاخص مهم در گیاهان روغنی می‌باشند که به نوعی ارزیابی ارزش اقتصادی محصولات دانه روغنی را نشان می‌دهند. استخراج روغن از بذرهای گلرنگ به روش استفاده از حلال انجام می‌گیرد (۶). به طور کلی، برای دانه‌هایی که میزان روغن آنها حدود ۲۰٪ باشد فقط از روش استخراج با حلال استفاده می‌شود. در حالی که برای دانه‌های پرروغن، ابتدا دانه‌ها پرس شده و سپس استخراج توسط حلال انجام می‌شود. فرایند استفاده از حلال، حداکثر کارایی را در استخراج روغن دارد (۶).

در پژوهش ووجیچیچ و همکاران (۲۲)، متیل‌استر تولیدی از روغن آفتابگردان با روغن آن مقایسه شد و مشاهده گردید که پس از استری شدن، صفات چگالی، لزوجت و عدد اسیدی آن کاهش و عدد صابونی افزایش یافت. 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 (۱۹). معیار استاندارد عدد یدی، مقررات ۱۹۹۳ AOCS CD۱-۲۵ است (۳) و وزن ید مصرفی برای اشباع‌سازی اتصال‌های مضاعف در ۱۰۰گرم روغن می‌باشد (۵). هرچه این ضریب بیشتر باشد، اکسید شدن روغن زیادتر و خشک شوندگی آن بیشتر است. از آنجایی که سوخت باید در مخازن ذخیره شود، لذا پایداری آن برای انبارداری و حفظ کیفیت بسیار مهم است. افزایش درجه اشباع نشدن روغن با افزایش دما باعث اکسید شدن روغن و سوخت می‌شود و امکان پلیمره شدن سوخت به یک ماده شکل‌پذیر خمیری به وجود می‌آید (۵). طبق تعریف، عدد صابونی برحسب میلی‌گرم هیدروکسید پتاسیم یا هیدروکسید سدیم که برای واکنش کامل با تمام گروه‌های واکنش‌پذیر موجود در یک گرم روغن لازم است بیان می‌شود. حد مطلوب این شاخص بین ۵ تا ۸ گرم هیدروکسید سدیم برای ۱۰۰ گرم روغن می‌باشد (۸). با استری شدن روغن، در مجموع، اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع کاهش می‌یابند. آنچه که پس از استری شدن رخ می‌دهد شرایطی است که روغن در حضور کاتالیزور و الکل به یک پایداری می‌رسد، که این پایداری بیودیزل است. نیتروژن به عنوان یکی از کودهای پر مصرف در کشاورزی و گوگرد به عنوان یک آلاینده در سوخت‌های دیزل علل اصلی انتخاب این عناصر در این

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.6.2]

پژوهش بودند. میزان کود پیشنهادی برای زراعت آبی گلرنگ برای عناصر پر مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب برابر با ۱۱۰-۵۵، ۳۰-۲۰ و ۱۰۰-۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (۱۲). هدف از این پژوهش، بررسی اثر کاربرد مقادیر متفاوت کود نیتروژن و هم‌چنین مصرف سایر کودهای ریزمغذی سولفوردار بر ویژگی‌های عملکردی گلرنگ و به ویژه بیودیزل حاصل از روغن گلرنگ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور ارزیابی اثر انواع کودهای شیمیایی بر برخی خصوصیات زراعی گیاه گلرنگ رقم سینا و روغن دانه آن برای مصارف بیودیزل در سال زراعی ۱۳۸۹ در مزرعه پژوهشی دانشگاه شهرکرد (طول جغرافیایی '۴۹ °۵۰ شرقی و عرض جغرافیایی '۲۱ °۳۲ شمالی و ارتفاع ۲۰۵۰ متر از سطح دریا) انجام شد. براساس داده‌های اداره هواشناسی شهرکرد، میانگین بلندمدت بارندگی سالانه در شهرکرد ۳۳۴/۳ میلی‌متر بوده و بارندگی‌ها عمدتاً در اواخر پاییز و اوایل بهار روی می‌دهد. این آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای کودی شامل نیتروژن در ۳ سطح ۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم، ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات منیزیم و بلوک فاقد کود به عنوان تیمار شاهد بودند. قبل از آماده سازی زمین، نمونه‌ای مرکب از خاک عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه و در آزمایشگاه تجزیه آب و خاک ویژگی‌های شیمیایی خاک بررسی شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج آزمون خاک نشان می‌دهد که میزان شن، سیلت و رس خاک به ترتیب ۲۶، ۵۶ و ۱۸ درصد می‌باشد. پس از عملیات شخم و دیسک، زمین با لولر تسطیح شده و کرت‌ها به ابعاد ۲×۴ متر ایجاد شدند. کشت به صورت خطی و با دست انجام شد. فاصله خطوط کشت ۴۰ سانتی‌متر و فاصله بذرها در ردیف‌ها ۱۵-۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری مزرعه بسته به شرایط اقلیمی منطقه هر هفت روز یک بار تنظیم شد. کودها به صورت خاک‌پاش به هر بلوک اضافه گردیدند. عملیات مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی صورت گرفت. گیاه گلرنگ از لحاظ صفات فنولوژیک، مقدار روغن دانه و کیفیت آن برای مصارف بیودیزل مورد ارزیابی قرار گرفت. لازم به ذکر است که میزان خروج عناصر نیتروژن و پتاسیم برای تولید هر تن دانه در هکتار به ترتیب ۵۰-۳۵ و ۳۰-۱۸ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (۱۲) که اهمیت این عناصر بر عملکرد دانه گلرنگ را نشان می‌دهد. برای تعیین درصد روغن، مقداری دانه را کاملاً خرد کرده، وارد لوله سوکسله گردید (۲۴). با استفاده از حلال پترولیم‌اتر روغن حل شده و عمل استخراج روغن صورت پذیرفت. با تبخیر حلال، جرم روغن استخراج شده را حساب کرده و درصد روغن به دست آورده شد. به طور معمول، ۹۰٪ حلال به سادگی تبخیر می‌شود (۶).

روغن تولیدی به روش ترانس‌استریفیکاسیون به بیودیزل تبدیل شد. ترانس‌استریفیکاسیون اساس تولید بیودیزل است و در عمل، مخلوط الکل و کاتالیزور هیدروکسید سدیم با روغن مخلوط می‌شود. عمل اختلاط همراه با همزدن زیاد می‌باشد. به طور کلی این واکنش زمانبر است و در نهایت دو محصول گلیسیرین و بیودیزل را دارد (۸). برای اندازه‌گیری چگالی، از دستگاه چگالی‌متر دیجیتال ساخت شرکت آنتون پار مدل DMA 35n تحت استاندارد D۴۰۵۲ متعلق به استانداردهای انجمن آزمون مواد آمریکا (ASTM) استفاده شد (۵). روش کار بدین صورت بود که حجم کوچکی در حدود ۰/۷ میلی‌لیتر از بیودیزل را به دستگاه تزریق کرده و پس از برطرف شدن نوسانات در عدد ارائه شده بر روی نمایشگر دستگاه که نشانه واسنجی اتوماتیک دستگاه بود، چگالی نمونه به طور اتوماتیک محاسبه شد. برای اندازه‌گیری عدد یدی، ۰/۵ گرم روغن در ۱۰ گرم کلروفرم حل شد. سپس محلول مانوس به آن اضافه گردید. مقداری آب مقطر روی محلول ریخته و مدتی در تاریکی قرار داده شد. سپس ۱۵ میلی‌لیتر یدور پتاسیم ۱۵٪ و ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید. محلول با تیوسولفات سدیم تیتر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.6.2]

جدول ۱. نتایج خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق	هدایت الکتریکی	اسیدیته	مواد خنثی شونده	کربن آلی	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	مس	روی	منگنز	آهن
(cm)	(dS/m)	-	(٪)	(٪)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
۰-۳۰	۰/۵	۸/۲۵	۳۲/۵	۰/۵۸۵	۱۶/۴	۳۵۱	۰/۶۸	۰/۵۸	۵/۲۱	۳/۹۸

گردید و تیتراسیون را تا زایل شدن رنگ قهوه‌ای یـد ادامـه داده تا رنگ محلول زرد شود. چسب نشاسته را اضافه کرده و عمـل تیتراسیون تا زایل شدن رنگ آبـی تیـره ادامـه داده شـد. حجـم تیوفسفات مصرفی را از ابتـدا یادداشـت کـرده و بـا اسـتفاده از رابطه ۱ عدد یدی به دست آمد. نکته‌ای که دربـاره عـدد یـدی اهمیت دارد آن است که این ضـریب اگـر بزرگتـر از ۵۰ باشـد باعث کاهش عمر موتور می‌شود (۵).

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

که IV عدد یدی، B حجم تیوفسفات سدیم مصرفی برای تیمار شاهد، S حجم تیوفسفات سدیم مصرفی برای تیمـار نمونـه، N نرمالیتـه تیوفـسفات سـدیم و W وزن نمونـه اسـت. اسـتاندارد AOCS CD۳ ۱۹۹۳ برای عـدد صـابونی تعریـف شـده اسـت. آزمایش تعیین عدد صابونی در حضور قلیـای الکلـی در دمـای رفلوکس به مدت ۳۰ تا ۶۰ دقیقه انجام شد. در دمای رفلوکس، الکل محیط بعد از بخار شدن توسط مبرد به محـیط برگردانـده شد (۱۰). در نهایت، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از برنامـه آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD انجام گرفت.

نتایج و بحث

درصد روغن گلرنگ

درصد روغن گلرنگ به نوع تغذیه آن وابستگی زیادی نشان داد (جدول ۲). به طوری که درصد روغن در تیمارهـای کـودی در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که میانگین میزان روغـن گلرنگ ۳۱/۲۵٪ بود. بیشترین درصد روغـن برابـر بـا ۳۲/۸۴ و ۳۲/۵ بوده که به ترتیـب مربـوط بـه تیمـار سـولفات منیـزیم و سـولفات پتاسـیم بـود (شـکل ۱). اگرچـه تیمارهـای کـودی نیتروژن‌دار تفاوت معنی‌داری از لحاظ درصد روغن دانه داشتند اما تأثیر آنها در مقایسه با سایر عناصر به طور معنـی‌داری کمتـر بوده است. این موضوع با نتـایج سـایر پژوهـشگران کـه اعـلام داشته‌اند نیتروژن به دلیل پروتئین‌سازی، اثر کمتری بـر افـزایش روغن دارد مطابقت دارد (۹). در بین سه تیمـار کـود نیتـروژن، بیشترین درصد روغن از تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتـار به دست آمد که این مطلب نشان‌دهنده آن است که گیاهان دانـه روغنی جهت افزایش درصد روغـن دانـه بـه نیتـروژن کمتـری احتیاج دارند. البته باید توجه داشت که اگرچه نیتروژن موجـب کاهش و یا عدم تـأثیر بـر میـزان روغـن گیاهـان دانـه روغنـی می‌شود (شکل ۱)، لیکن به دلیل تأثیر مثبت آن بر وزن هزار دانه و عملکرد دانه می‌تواند در مجموع باعث افزایش نـسبی روغـن در گیاهان تحت تیمار کودی نیتروژن شود.

مصرف پتاسیم بـرای گلرنـگ بـه همـراه نیتـروژن و فـسفر ضروری است. ولی باید زمانی مصرف شود کـه کمبـود پتاسـیم مشهود باشد. در گزارش‌هایی، کود پتاسیم به تنهـایی منجـر بـه کاهش عملکرد دانه در گلرنگ شد، اما بـه نحـو قابـل تـوجهی میزان روغن دانه افـزایش پیـدا کـرد (۲۳). بـا توجـه بـه تـأثیر نیتروژن بر افزایش پروتئین سازی دانه و کاهش درصـد روغـن (۹)، افزایش میزان روغن دانه در تیمارهای کـودی سـولفات‌دار این پژوهش قابل قبول است. در پـژوهش رحیمـی و مظـاهری (۱۵)، سولفات روی باعث افزایش درصد روغن شد. کریمـی و نـادری (۱۱) اثـر کـودهـای شـیمیایی بـر مقـدار روغـن قابـل استحـصال در شـرایط آبیـاری مناسـب را در آفتـابگردان تأییـد کردند. براسـاس نتـایج آلیـاری و همکـاران (۱) پتاسـیم باعـث

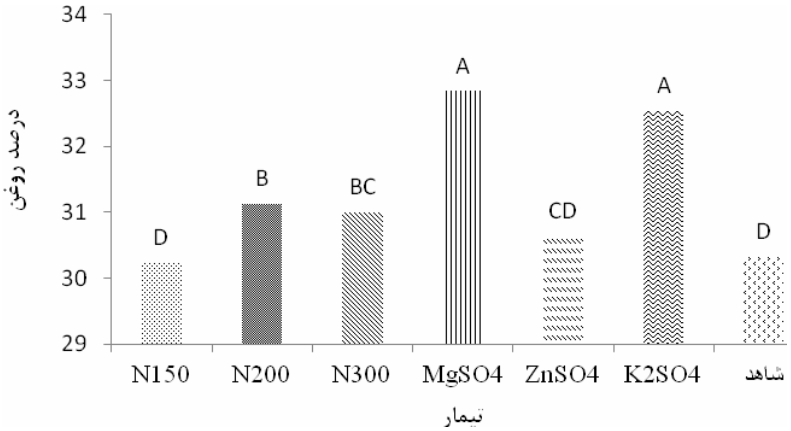
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.6.2]

جدول ۲. میانگین مربعات تجزیه واریانس درصد روغن و عملکرد دانه گلرنگ

	درجه آزادی	درصد روغن	عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۱۵	۰/۰۱۲
کود	۶	۳/۲**	۰/۰۴۷**
خطا	۱۲	۰/۰۶۱	۰/۰۰۳۶
CV (٪)		۰/۷۹	۸/۵

** : معنی‌دار در سطح ۱٪



شکل ۱. مقایسه اثر عناصر غذایی بر درصد روغن گلرنگ. میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌دار دارند (LSD در سطح ۱٪).

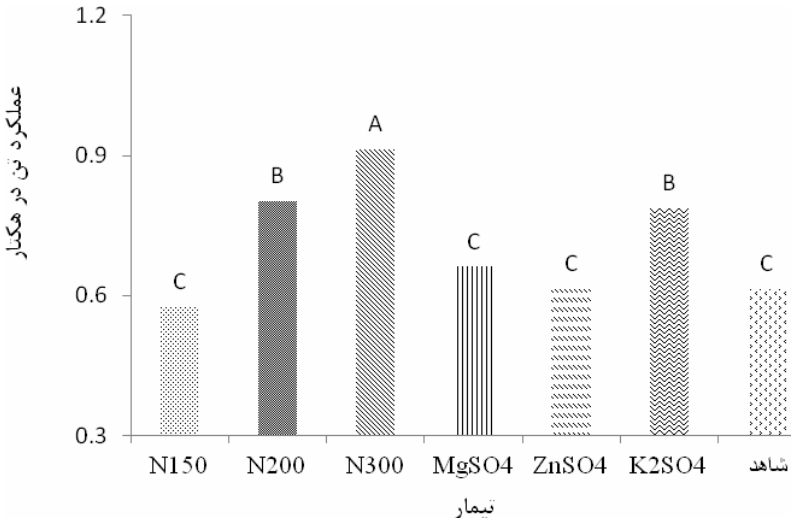
افزایش درصد روغن در آفتابگردان می‌شود. این نتایج را آنادورای و پالانیاپان (۲) نیز به دست آوردند. ویس (۲۳) نیز نتایج مشابهی از اثر پتاسیم بر گلرنگ را گزارش نمود.

عملکرد دانه گلرنگ

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که عملکرد دانه گلرنگ تحت تیمارهای کودی مختلف در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است (جدول ۲). همان‌طورکه در شکل ۲ مشاهده می‌شود بیشترین عملکرد دانه (۹۱۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود و دو تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم با عملکرد ۸۰۲ و ۷۸۷ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشتند. نیتروژن با افزایش تعداد دانه و پتاسیم با کاهش درصد پوکی دانه باعث افزایش عملکرد دانه شدند. براساس شکل ۲، تیمارهای ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، کود سولفات روی و سولفات منیزیم تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند. در پژوهش‌های دیگر، کاربرد سولفات روی به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه آفتابگردان شده است (۱۵). هم‌چنین اثر مقادیر مختلف کودهای سولفات پتاسیم و سولفات منیزیم بر آفتابگردان نشان داد که افزایش پتاسیم، باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود، ضمن آن‌که افزایش در بالاترین مقدار پتاسیم به حداکثر مقدار خود می‌رسد. منیزیم نیز باعث افزایش عملکرد دانه شد ولی در مقادیر زیاد اختلاف معنی‌دار نبود (۱۸). در آزمایش‌های رفیعی و همکاران (۱۶)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.6.2]



شکل ۲. اثر عناصر غذایی بر عملکرد دانه گلرنگ. میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌دار دارند (LSD در سطح ۱٪).

روی آفتابگردان، بیشترین عملکرد دانه در بالاترین سطح نیتروژن به دست آمد. این افزایش در تولید دانه و ماده خشک بود. هم‌چنین سعیدی (۱۷) افزایش عملکرد در اثر کاربرد نیتروژن را در گیاه گلرنگ گزارش نمود. میزان میانگین عملکرد دانه گلرنگ در ایران برابر با ۵۰۰ تا ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (۱۲). کریمی‌و نادری (۱۱) اثر کودهای شیمیایی بر عملکرد دانه آفتابگردان در شرایط آبیاری مناسب را تأیید کردند. در پژوهشی دیگر، کود نیتروژن، فسفر و پتاسیم به همراه آهن باعث افزایش ۴۳ درصدی عملکرد دانه گلرنگ شد (۱۷).

چگالی بیودیزل

چگالی بیودیزل تولیدی تحت نوع تغذیه گیاه گلرنگ قرار گرفت و اثر تیمارها نیز معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج به دست آمده از آزمایش نشان می‌دهد که در بین عناصر غذایی به کار رفته، بیشترین تأثیر را عناصر ریزمغذی سولفات پتاسیم، سولفات روی و سولفات منیزیم داشته‌اند (شکل ۳). در بین عناصر، بیشترین چگالی بیودیزل از تیمار سولفات پتاسیم به دست آمده است. این موضوع نشان می‌دهد که هر دو عنصر گوگرد و پتاسیم بر چگالی روغن و به طبع آن چگالی بیودیزل مؤثر می‌باشند. این مسأله تأثیر عناصر غذایی بر ترکیب اسیدهای چرب روغن گلرنگ را نشان می‌دهد. نتیجه تأثیر کود سولفات پتاسیم بر چگالی بیودیزل با تأثیر این تیمار کودی بر عملکرد دانه مشابه می‌باشد زیرا این ویژگی‌ها نیز به طور معنی-داری تحت تأثیر عناصر غذایی، به ویژه سولفات پتاسیم، قرار گرفته‌اند (شکل ۳).

مطابق با نتایج دیمرباس (۴) چگالی بیودیزل گلرنگ ۸۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است. در پژوهش ووجیچیچ و همکاران (۲۱) مقدار چگالی ۸۸۸/۴ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. چگالی براساس استاندارد EN ISO ۳۶۷۵ باید در محدوده ۹۰۰-۸۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد (۲۰) که نتایج چگالی بیودیزل‌های تولیدی از تیمارهای این آزمایش با این استاندارد نیز مطابقت دارد. چگالی برای سوخت دیزل ۸۵۰ گزارش شده است (۵) که چگالی بیودیزل گلرنگ به چگالی دیزل نزدیک است. مطابق با پژوهش‌های دیگر، چگالی بیودیزل گلرنگ ۸۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب بیان شده است (۸). کاهش چگالی در تمامی تیمارهای این پژوهش دیده می‌شود.

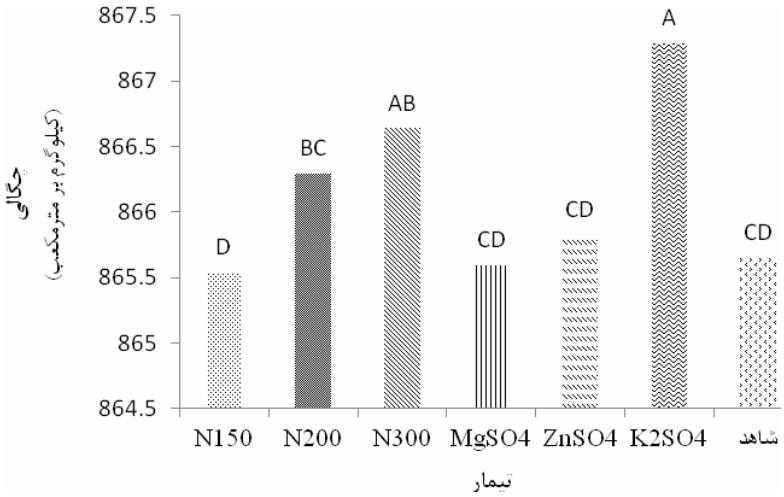
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.6.2]

جدول ۳. میانگین مربعات تجزیه واریانس چگالی، عدد یدی و عدد صابونی بیودیزل

	درجه آزادی	چگالی	عدد یدی	عدد صابونی
بلوک	۲	۰/۱۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳
کود	۶	۱/۲۸**	۰/۶۵**	۰/۰۷**
خطا	۱۲	۰/۱۶۵	۰/۰۲۱	۰/۰۰۱۵
CV (٪)		۴/۶	۱۰/۵	۲

** : معنی‌دار در سطح ۱٪



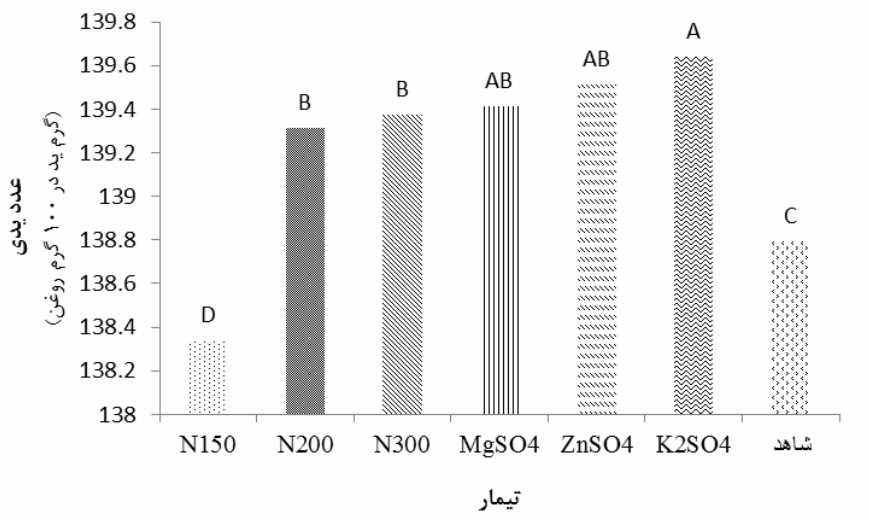
شکل ۳. مقایسه چگالی بیودیزل تولیدی از مقادیر مختلف کودی در گیاه گلرنگ. میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌دار دارند (LSD در سطح ۱٪).

عدد یدی

بیشینه مجاز عدد یدی برای بیودیزل ۱۲۰ میلی‌گرم ید برای ۱۰۰ گرم روغن است (۸ و ۲۰). تیمارهای عناصر غذایی بر عدد یدی بیودیزل تولیدی اثر معنی‌دار داشته‌اند (جدول ۳). براساس داده‌های آزمایشی (شکل ۴) بیشترین عدد یدی مربوط به تیمارهای کود سولفات پتاسیم، سولفات روی و سولفات منیزیم بوده و تیمارهای نیتروژن پس از کودهای سولفات‌دار قرار دارند. بالا بودن مقادیر عدد یدی در تیمارهای کودهای سولفات‌دار، به ویژه در تیمار سولفات پتاسیم، با بالا بودن مقادیر درصد روغن (شکل ۲) و چگالی بیودیزل (شکل ۳) در این تیمارها مشابه و منطبق می‌باشد. این نتایج نشان‌دهنده آن است که تأثیر کودهای ریزمغذی، به ویژه سولفات پتاسیم، بر کیفیت بیودیزل تولیدی از گیاهان دانه روغنی اهمیت بیشتری از عنصر نیتروژن دارد زیرا تأثیر بیشتر این عناصر بر سنتز روغن و صفات مورد بررسی دیده می‌شود. هرچند که کاربرد عنصر نیتروژن نیز موجب افزایش ویژگی‌های فوق ذکر شده است، اما از لحاظ تأثیر پس از کودهای ریزمغذی قرار می‌گیرد. کمترین عدد یدی مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و شاهد بود و اگرچه بیشترین عدد یدی مربوط به تیمار سولفات پتاسیم و سولفات روی بود اما اختلاف تیمارها بسیار زیاد نبوده که این مسأله نشان‌دهنده اثر ذاتی خصوصیات روغن گلرنگ می‌باشد. عدد یدی گلرنگ در این پژوهش ۱۳۲/۲

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.6.2]



شکل ۴. مقایسه عدد یدی بیودیزل تولیدی از مقادیر مختلف کودی بر گلرنگ. میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌دار دارند (LSD در سطح ۱٪).

میلی‌گرم ید بر ۱۰۰گرم روغن بود که براساس گزارش دراپچو و همکاران (۵) این شاخص برای کتان و آفتابگردان به ترتیب ۱۷۸ و ۱۲۵ میلی‌گرم ید بر ۱۰۰گرم روغن بود که نشان‌دهنده بهتر بودن شاخص یدی بیودیزل گلرنگ نسبت به بیودیزل کتان است. چون این شاخص درجه اشباع شدن روغن و بیودیزل تولیدی را تعیین می‌کند، لذا بسیار مهم است که در برابر واکنش اکسیداسیون یا هیدروژنه شدن بیودیزل پایدار باشد (۵). آنچه مسلم است این است که بیودیزل گلرنگ در کلیه تیمارهای کودی اعمال شده دارای پایداری کمتری نسبت به حداکثر مجاز می‌باشد که این موضوع بیشتر متأثر از ویژگی‌های این روغن است. در پایداری روغن‌ها عوامل دیگری نیز دخیل هستند، از جمله این که در روغن‌های اسید لینولئیک، مثل گلرنگ و آفتابگردان، باید مقدار آهن و روی به ترتیب کمتر از ۰/۰۳ و ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر باشد تا پایدار بمانند. هم‌چنین سرعت اکسیداسیون روغن وابسته به حرارت، حضور اکسیژن و میزان پراکسیدان‌ها می‌باشد (۱۰).

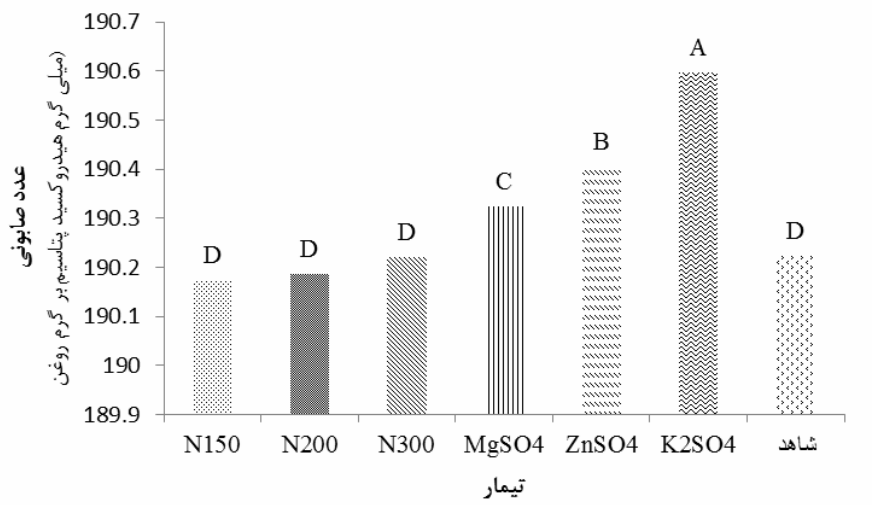
عدد صابونی

معنی‌دار شدن عدد صابونی در سطح ۱٪ نشان‌دهنده اثرگذاری شرایط اعمال شده در آزمایش است (جدول ۳). بیشترین عدد صابونی با ۱۹۰/۶ میلی‌گرم هیدروکسید سدیم بر گرم روغن مربوط به تیمار سولفات پتاسیم و کمترین آن با ۱۹۰/۱۷ میلی‌گرم هیدروکسید سدیم بر گرم روغن مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود (شکل ۵). ووجیچیچ و همکاران (۲۲) عدد صابونی برای روغن آفتابگردان و بیودیزل آن را به ترتیب ۲۰۰ و ۱۹۴ میلی‌گرم هیدروکسید سدیم بر گرم روغن گزارش کردند. این موضوع نشان‌دهنده کاهش عدد صابونی پس از واکنش ترانس استریفیکاسیون روی روغن است که بیودیزل تولید می‌شود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که عدد صابونی حاصل از تیمارهای سولفات پتاسیم، سولفات روی و سولفات منیزیم به ترتیب برابر با ۱۹۰/۶، ۱۹۰/۴ و ۱۹۰/۳ میلی‌گرم هیدروکسید سدیم بر گرم روغن است و این مسأله ناشی از آثار این کودها بر اسیدهای چرب روغن گلرنگ می‌باشد که میل به صابونی شدن در بیودیزل‌های حاصل را افزایش می‌دهند. مقادیر متفاوت کود نیتروژن عدد صابونی کمتری را نسبت به کودهای سولفات‌دار داشتند. بالا بودن مقادیر عدد صابونی در تیمارهای سولفات پتاسیم، سولفات روی و سولفات منیزیم مشابه بالا

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.6.2]



شکل ۵. مقایسه عدد صابونی بیودیزل تولیدی از مقادیر مختلف کودی در گیاه گلرنگ. میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌دار دارند (LSD در سطح ۱٪).

بودن چگالی بیودیزل، درصد روغن و عدد یدی گلرنگ در همین تیمارها می‌باشد که نشان‌دهنده اهمیت این عناصر در تولید بیودیزل است. در زمان تولید بیودیزل، روغن‌های گیاهی در دماهای بیش از ۶۰ درجه سلسیوس به شدت تمایل به صابونی شدن دارند (۱۴). آنچه در واکنش‌های بیودیزل مهم است پتانسیل رقابت واکنش هیدرولیز و صابونی شدن با واکنش‌های پیوندی ترانس استریفیکاسیون و استریفیکاسیون است (۵). افزایش این شاخص علاوه بر مضر بودن، واکنش را به دلیل همین رقابت کند می‌کند. می‌توان نتیجه گرفت که عدد صابونی تیمارهای شاهد و کودهای نیتروژن‌دار مزیت نسبی در این شاخص دارند. دراپچو و همکاران (۵) علی‌رغم این که واکنش صابونی شدن را وابسته به کیفیت روغن دانسته‌اند اما تأکید بر مضر بودن واکنش صابونی شدن داشته و پیشنهاد کردند که صابونی شدن باید پایین نگه داشته شود و در واکنش استریفیکاسیون برای کاهش صابونی شدن میزان آب نباید بیشتر از ۰/۵٪ باشد.

نتیجه‌گیری

نتیجه حاصل از آزمایش نشان داد که کاربرد عناصر غذایی، به ویژه کودهای ریزمغذی سولفات‌دار، باعث بهبود رشد گیاه و افزایش عملکرد دانه و روغن تولیدی دانه گلرنگ می‌شود. اگرچه در این پژوهش، بیشترین عملکرد دانه مربوط به سطح ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار است اما آثار کودهای ریزمغذی سولفات‌دار، به ویژه بر افزایش درصد روغن، کاملاً واضح است. سولفات پتاسیم تأثیر بیشتری نسبت به سایر عناصر ریزمغذی بر ویژگی‌های بیودیزل تولیدی از روغن گلرنگ داشته است. لذا تولیدکنندگان بیودیزل به هنگام تولید می‌توانند به شرایط تغذیه‌ای گیاهان توجه نموده و براساس اهداف تولید، نوع و میزان کودهای مصرفی را تعیین نمایند.

منابع مورد استفاده

1. Alyary, H. and F. Shekari. 2000. Sunflower Agriculture and Physiology. Amid Publishing, Tabriz, 182 p. (In Farsi).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.6.2]

2. Annadurai, K. and S. P. Palaniappan. 1994. Effect of potassium on yield, oil content and nutrient uptake of sunflower. *Madras Agriculture* 10: 568-569.
3. Demirbas, A. 2003. Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: A survey. *Energy Conversion and Management* 44: 2093-2109.
4. Demirbas, A. 2005. Biodiesel production from vegetable oils via catalytic and noncatalytic supercritical methanol transesterification. *Program Energy Combustion Science* 31: 466-487.
5. Drapcho, C M., N. P. Nhuan and T. H. Walker. 2008. Biofuels. PP. 220-249. Engineering Process Technology, McGraw-Hill Co., New York.
6. FAO. 2010. Sunflower crude and refined oils. Available online at: htpp://www.fao. org/statistic. Accessed 16 August 2011.
7. Gerpen, J. V. 2004. Review of diesel fuel properties and characteristics. PP. 7-22. Business Management for Biodiesel Producers, Iowa State University, Iowa.
8. Gupta, R. B. and A. Demirbas. 2010. Gasoline, Diesel and Ethanol Biofuels from Grasses and Plants. Cambridge University Press, New York.
9. Hiremath, B. R., D. P. Biradar and C. S. Hunshal. 1991. Effect of nitrogen and phosphorus on oil and protein content of sunflower seeds. *Journal of Agricultural Research* 4: 214-215.
10. Jalali, H. 2008. Oils and Fats from a Chemical Perspective. Amidi Publications, Tabriz. (In Farsi).
11. Karimi, A. and M. Naderi. 2007. Different amounts of water and fertilizer effects on yield and oil content in sunflower fertigation system. *Agricultural Sciences and technology journal* 22(1): 160-151. (In Farsi).
12. Khajehpour, M. M. 2007. Industrial Plants. Jihad-e-Daneshgahi, Isfahan University of Technology, Isfahan. (In Farsi).
13. Omidi Tabrizi, A. H. 2002. Correlation between traits and path analysis for yield and safflower oil in the spring. *Seed and Plant Journal* 18: 240-229. (In Farsi).
14. Ramadhas, A. S., S. Jayaraj and C. Muraleedharan. 2005. Biodiesel production from high FFA rubber seed oil. *Fuel* 84: 335-340.
15. Rahimi, M. M. and D. Mazaheri. 2004. Micronutrient effects on quality characteristics of two sunflower cultivars in Arsanjan county. *Research and Development in Agriculture and Horticulture* 64: 16-21. (In Farsi).
16. Rafeei, F., A. Kashani. R. Mamqani and A. Golchin. 2005. The effect of irrigation and nitrogen application on yield and some morphological characteristics of sunflower hybrid Golshid. *Iranian Agricultural Sciences* 7(1): 44-54. (In Farsi).
17. Saeedi, G. 2007. Effect of Macro and Micro nutrients on Seed Yield and Other Agronomic Traits of Sunflower in a Calcareous Soil in Isfahan. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 11(1): 356-366. (In Farsi).
18. Sepehr, A. and M. J. Malakooti. 2004. Effect of potassium and magnesium levels on the quantity and quality of sunflower. *Journal of Soil and Water Sciences* 18(1): 35-45. (In Farsi).
19. Smith, M. and D. Shekhawat. 2009. Catalytic partial oxidation. PP. 83-84. *In:* J. Starbuck and G. D. J. Harper (Eds.), Run Your Diesel Vehicle on Biofuels, McGraw-Hill Co., New York.
20. Tomes, D., P. Lakshmanan and D. Songstad. 2011. Biofuels Global Impact on Renewable Energy Production, Agriculture and Technological Advancements. Springer, New York.
21. U S Department of Energy. 2003. Just the Basics of Biodiesel. Available online at: http://www.eere.energy.gov/vehiclesandfuels. Accessed 6 May 2010.
22. Vujicic, D., D. Comic, A. Zarubica, R. Micic and G. Boskovic. 2010. Kinetics of biodiesel synthesis from sunflower oil over CaO heterogeneous catalyst. *Fuel* 89: 2054-2061.
23. Weiss, E. A. 2000. Oilseed Crops. Blackwell Science, Oxford.
24. Wikipedia. 2011. Soxhlet. Available online at: www.en.wikipedia.org/wiki/Soxhlet. Accessed 19 August 2011.
25. Zhang, Y. 2002. Design and economic assessment of biodiesel production from waste cooking oil. MSc. Thesis, Department of Chemical Engineering, Ottawa University, Ottawa, Canada.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-26]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.6.2]