مقاله پژوهشی

اثر کودهای شیمیایی و زیستی بر شاخص‌های برگی، کارایی جذب و مصرف نیتروژن، فسفر، گوگرد و عملکرد گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.)

مرضیه حسنی[۱]، محمودرضا تدین[۲]* و علی‌اکبر فدایی تهرانی[۳]

[۱]فارغ التحصیل اگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، [۲]گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، [۳] گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۲۸، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۱۰/۰۹)

چکیده

این پژوهش باهدف بررسی اثر کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر، گوگرد و کود زیستی بر برخی شاخص‌های رشدی گیاه کاملینا در سال زراعی ۱۳۹۵ در مزرعه‌ای واقع در کازرون و به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل کود زیستی بارور۲ حاوی باکتری حل‌کننده فسفات (باکتری*Pseudomonas putida* Strain 13P و*Pantoea agglomerans* Strain 5P) به عنوان عامل اول در ۲ سطح (مصرف و عدم مصرف) و عامل دوم کود شیمیایی شامل تیمارهای شاهد، کودهای نیتروژن، فسفر، گوگرد (به ترتیب۵۰، ۲۰۰ و ۱۰۰کیلوگرم در هکتـار) به تنهایی در حد بهینه و تیمار کودهای شیمیایی با ۳۰ درصد کمتر از حد بهینه بودند. داده-های حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم افزار آماری SAS و مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD با استفاده از نرم افزار MSTAT-C در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. نتایج نشان داد که مصرف کودهای زیستی تنها بر صفات کارایی زراعی و جذب فسفر، گوگرد و نیتروژن معنی‌دار بود. تیمار کود شیمیایی بر تمامی صفات معنی‌دار بود و برهمکنش تیمار کود زیستی همراه با کود شیمیایی بر صفات عملکرد دانه، کارایی زراعی و جذب فسفر، گوگرد و نیتروژن معنی‌دار بود. کـاربرد تلفیقی کودهای زیستی با تیمارکود شیمیایی نیتروژن+ فسفر+ گوگرد نسبت به شاهد، باعث افزایش ۸۵/ ۸۶ درصدی عملکرد دانه، بهبود کارایی زراعی فسفر، گوگرد و نیتروژن به ترتیب ۱۹/۴۸، ۱۲/۶۲ و۱۴/۹۰ کیلوگرم بر کیلوگرم و کارایی جذب آن عناصر به ترتیب ۴۲/۰۲، ۳۰/۰۱ و ۳۶/۹۷ درصد شد. کـاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی همراه با کود زیستی نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش۱۳/۶۰ درصدی شاخص سطح برگ، افزایش ۲۳/۷۸ درصدی نسبت وزن برگ و سطح ویژه برگ شد. تیمار نیتروژن + فسفر نسبت به شاهد بر صفت سرعت رشد گیاه، ۵۳/۶۴ درصد افزایش نشان داد. نتایج نشان داد تلفیق تیمارهای کودهای شیمیایی حاوی نیتروژن، فسفر و گوگرد با کودهای زیستی منجر به افزایش عملکرد گیاه کاملینا خواهد شد.

کلمات کلیدی: سرعت رشد گیاه، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، کارایی زراعی و جذب، کاملینا، کود شیمیایی

مقدمه

ارزش و اهمیت غذایی گیاهان دانه روغنی از نظر تأمین کالری و انرژی مورد نیاز انسان از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. افزایش تقاضا برای روغن‌های گیاهی در بازارهای جهـانی و فشـار ناشی از هزینه خرید روغن و واردات آن از جمله عواملی هستند که اهمیت توسعه کشت دانـه‌هـای روغنـی و

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: j.amiri @urmia.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]

گسترش برنامه‌های علمی و پژوهشی را در این زمینه بیش از پیش مشخص می‌سازد (سجادی نیک و همکاران، ۱۳۹۰). ترویج و توسعه کشت دانه‌های روغنی نیز یکی از سیاست‌های وزارت جهاد کشاورزی است که با استفاده از گونه‌ها وارقام پرمحصول و استفاده از عناصرغذایی مورد نیاز گیاهان دانه روغنی امکان پذیر است (چاکرالحسینی، ۱۳۸۵). از طرفی مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی یکی از عوامل موثر در کاهش کمیت و کیفیت دانه‌های روغنی است. با توجه به افزایش روزافزون جمعیت ومحدودیت سطح اراضی قابل کشت به منظور نیل به کشاورزی پایدار و افزایش تولید، مصرف بهینه عناصر غذایی بسیار ضروری است. مطالعات بلندمدت نشان می‌دهد که در برخی موارد استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی، به‌دلیل تاثیر بر اسیدیته خاک، کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک، تاثیر بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و عدم وجود ریزمغذی‌ها در کودهای NPK موجب ایستایی عملکرد و یا کاهش عملکرد گیاهان زراعی شده است، بنابراین مدیریت عناصرغذایی به‌روش متداول امروزی با کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی که منجر به تخریب بوم نظام‌های کشاورزی، به خطر افتادن سلامت انسان، مشکلات زیست‌محیطی و هزینه‌های تولید این کودها شده و تجدیدنظر در روش‌های افزایش تولید گیاهان زراعی را ضروری ساخته است (Adediran *et al.*, 2005).

کاملینا (*Camelina sativa* L.) گیاهی روغنی، یک‌ساله، متعلق به خانواده Brassicaceae است که با عنوان کتان کاذب (False flax) یا Gold-of-pleasure شناخته شده است. چرخه زندگی این گیاه کوتاه و ۸۵ – ۱۰۰ روز است و سازگاری خوبی با مناطق نیمه‌خشک دارد و در آب و هوای معتدل رشد می‌کند. میوه کاملینا خورجین و دانه‌ها دارای سطح خشن و وزن ۱۰۰۰ دانه آن در محدوده ۰/۸ تا ۲ گرم متغیر و بذر کاملینا فاقد خواب است (Obour *et al.*, 2015). با توجه به اینکه تقریباً ۹۴ درصد مصرف روغن گیاهی کشور از طریق واردات تأمین می‌شود از این رو انجام پژوهش‌های متعدد در ابعاد مختلف به‌زراعی به‌ویژه پژوهش‌های کاربردی بر روی میزان و نوع مصرف کودهای مورد استفاده در گیاهان روغنی موضوعی ضروری به نظر می‌رسد. کمیت و کیفیت روغن در گیاهان روغنی به عوامل متعددی ازجمله کاربرد عناصر غذایی بستگی دارد. مصرف بهینه کودهای شیمیایی در گیاهان روغنی علاوه بر کاهش عوارض محیط زیستی باعث افزایش عملکرد دانه، افزایش درصد روغن دانه، افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی از قبیل خشکی، شوری و سرمازدگی، بهبود فعالیت‌های زیستی خاک، کاهش غلظت آلاینده‌هایی نظیر کادمیم و بر و افزایش راندمان مصرف آب می‌گردد (Malakoti and Sepehr, 2004) .

کود فسفات بارور ۲ نیز حاوی باکتری‌های حل کننده‌ی فسفات از جنس‌های مختلف *Bacillus* و *Pseudomonas* است که قادرند فسفر نامحلول در خاک را به فرم محلول قابل دسترس گیاه تبدیل کنند. اصولاً گیاهان تنها قادرند فسفات غیرآلی محلول را جذب کنند که به طور عادی میزان آن در خاک به مراتب کمتر از نیاز گیاه است. کمبود فسفر به شدت بر رشد گیاهان اثر منفی می‌گذارد و تشکیل گل، میوه، بذر و کیفیت آن‌ها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷). مطالعات انجام شده توسط مدنی و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد که کاربرد کودهای بیولوژیک با سطوح مختلف کود فسفات آمونیوم موجب بهبود عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد فسفر در بافت‌های کلزا شد. مشبکی اصفهانی و بشارتی (۱۳۹۴) گزارش کردند که مصرف باکتری‌های حل کننده فسفر راندمان مصرف فسفر را به شدت افزایش داد و همچنین نتایج کاربرد تلفیقی کودهای بیولوژیک با کود شیمیایی باعث افزایش شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص در مقایسه با کاربرد کودهای شیمیایی به تنهایی شد. بررسی‌های Cakmaci و همکاران (۲۰۰۵) نشان داده که کاربرد باکتری‌های محرک رشد، ضمن کاهش میزان مصرف و بهبود کارایی کودهای شیمیایی، سبب افزایش رشد گیاهان به واسطه افزایش جذب نیتروژن و فسفر می‌شوند. مشاهدات Bashan و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که کاربرد کودهای زیستی همراه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]

با کاهش ۵۰ درصدی در مصرف مقادیر توصیه شده کودهای شیمیایی در مورد ارزن و ذرت موجب افزایش عملکرد آن‌ها شد. پژوهشگران اعلام کرده‌اند که کودهای بیولوژیک و باکتری‌های محرک رشد، ضمن کاهش میزان مصرف و افزایش کارایی کودهای شیمیایی سبب افزایش رشد گیاهان به واسطه افزایش جذب نیتروژن می‌شوند (Wu *et al.*, 2005). ربیعی و طوسی کهل (۱۳۹۰) نیز گزارش کردند که بالاترین کارایی استفاده از کود بر روی کلزا معمولاً از کود نیتروژن به دست می‌آید و میزان کارایی نیتروژن با افزایش میزان آن روندی کاهشی دارد. به نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش کارایی زراعی مصرف نیتروژن در مقادیر بالای کود نیتروژن فزونی سرعت از تلفات نیتروژن از طریق آبشویی، تصعید یا به علت عدم استفاده مؤثر از نیتروژن است (قبادی و همکاران، ۱۳۹۴). امروزه کاربرد کودهای بیولوژیک نـه تنها به خاطر تامین نیازهای گیاه، بلکه به علت عدم آسیب آنها به محیط زیست اهمیت دارند و به بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، حفـظ کیفیت و پایداری خاک و سلامت عمومی جامعـه کمک مـی کننـد. از طرفی نظر به ویژگی‌های گیاه کاملینا در مصارف صنعتی و پزشکی و به دلیل نقـش عناصـر پرمصـرف نیتـروژن، فسـفر و گـوگرد در کمیـت و کیفیت روغن این گیاه دانه روغنی اجرای این پژوهش مـی‌توانـد در معرفـی و توسعه کاشت این گیاه جهت تامین قسمتی از نیاز جامعه به روغن کمک موثری کند. از این رو با توجه به مطالعات اندکی که در کشور تا زمان اجرای این آزمایش بر روی گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.) شده بود هدف از اجرای این پژوهش، بررسـی تأثیر کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر، گوگرد و کودهای زیستی بر برخی شاخص‌های رشدی گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.) بوده است.

مواد و روش‌ها

آزمـایش در سال زراعی ۱۳۹۵در مزرعه‌ای واقع در ۵ کیلومتری شهر کازرون به مختصات طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۱۵ ثانیه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا حدود ۸۶۰ متر به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

تیمارهای آزمایشی: تیمارهای کودی شامل: کود زیستی بارور۲ حاوی باکتری حل‌کننده فسفات (باکتری *Pseudomonas putida* Strain 13P و Strain 5P *Pantoea agglomerans*) به عنوان عامل اول در ۲ سطح (مصرف و عدم مصرف کود زیستی بارور۲) و کود شیمیایی به عنوان عامل دوم در ۱۱ سطح شامل: کودهای نیتروژن، فسفر، گوگرد در مقدار مطلوب و منطبق با نیاز گیاه (به ترتیب۵۰ ،۲۰۰ و۱۰۰کیلوگرم در هکتـار)، تیمار کودهای نیتروژن، فسفر، گوگرد با ۳۰ ٪ کمتر از میزان مطلوب، تیمارهای نیتروژن + فسفر، نیتروژن + گوگرد، فسفر + گوگرد، نیتروژن + فسفر+ گوگرد و عدم مصرف کود بودند. مقادیر استفاده شده به عنوان تیمارهای مطلوب و ۳۰ درصد کمتر از مطلوب در تیمار کود شیمیایی براساس نتایج آزمون خاک و نیاز گیاه به این عناصر و توصیه آزمایشگاه در نظر گرفته شده است. منبع استفاده از کود شیمیایی به ترتیب اوره، سوپرفسفات تریپل و گوگرد خالص بوده است. یک سوم از مقدار کود نیتروژن به همراه سوپرفسفات تریپل و گوگرد در هنگام تهیه بستر به زمین داده شد دو سوم باقی‌مانده از کود نیتروژن پس از کاشت به صورت سرک در دو مرحله و تا قبل از مرحله گلدهی به‌کار برده شد.

مواد آزمایش و نحوه تلقیح بذرها: کود زیستی فسفاته بارور ۲ حاوی 10^7 CFU/gr تا 10^8 باکتری حل‌کننده فسفات پانتوآ آگلومرانس سویه P5 (*Pantoea agglomerans* Strain 5P) و سودوموناس پوتیدا سویه P13 (*Pseudomonas putida* Strain 13P) در هر گرم از کود است که قادرند فسفر نامحلول در خاک را به فرم محلول قابل دسترس گیاه تبدیل کنند. کود زیستی فسفاته با نام تجاری بارور ۲ از شرکت زیست فناور سبز تهیه شد. عملیات تلقیح بذرها در محیطی سایه و دور از تابش مستقیم خورشید انجام گرفت و بذرهای کاملینا با کود

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در زمان قبل از شروع آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک

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/k)	کربن آلی (%)	شن (%)	لای (%)	رس (%)	درصد آهک (%)	بافت خاک
۰/۷۶	۷/۲۲	۱/۴۵	۱۸/۸	۴۴	۳۷/۲	۱۰/۵	لوم رسی سیلتی

زیستی فسفاته بارور ۲ با نسبت مشخص (۱۰۰گرم برای یک هکتار) و براساس دستورالعمل توصیه شده تلقیح شدند. کرت های آزمایش به طول ۱/۵ × ۲ متر، که هر کرت شامل ۷ خط کشت و فاصله بین ردیف‌ها ۱۵ سانتی‌متر و بین بوته‌ها در ردیف ۵ سانتی‌متر بود و با تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع که دو خط کناری به عنوان حاشیه و ۵ خط میانی برای انـدازه‌گیری کلیه مراحل فنولوژیکی و عملکردی گیاه مورد استفاده قرار گرفـت. جهت عدم تداخل و تأثیر کودهای زیستی با کودهای شیمیایی، فاصله هر کرت با کرت مجاور ۵۰ سانتی‌متر و فاصله هر کرت با تیمار دیگر یک متر ایجاد شد. کاشت براساس شرایط آب و هوایی منطقه در بهمن ۱۳۹۵ انجام شد. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی و دور مرسوم منطقه انجام شد. در طول دوره رشد کنترل علف‌های هرز به‌طریق دستی انجام شد. در طول مراحل رشد کاملینا آفتی مشاهده نشده و هیچ‌گونه علف‌کش و آفت‌کشی استفاده نگردید.

برای بررسی روند رشد از۲۱روز بعد از کاشت در فواصل زمانی هر۱۴روز یک‌بار نمونه برداری از بوته‌ها انجام شد. هر بار۱۰ بوته از هر کرت انتخاب و بعد از قرارگیری در آون به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد وزن خشک آن‌ها اندازه گیری شد سپس صفات رشدی شامل: سرعت رشد گیاه (CGR) براساس گرم در مترمربع (سطح زمین) در روز، شاخص سطح برگ (LAI)، سطح ویژه برگ (SLA) بر اساس مترمربع بر گرم، نسبت وزن برگ (LWR) بر اساس گرم بر گرم اندازه‌گیری و محاسبه شدند (امام و نیک‌نژاد، ۱۳۹۰). همچنین صفات عملکرد دانه ، کارایی زراعی و جذب فسفر (Salvagiotti *et al.*, 2009)، نیتروژن (Huggins and Pan, 1993) محاسبه و برای اندازه‌گیری گوگرد از روش کدورت سنجی در مجاورت اسید پرکلریک و آب اکسیژنه و با دستگاه اسپکتروفتومتری با طول موج ۴۲۰ نانومتر (Elmer and Conn, 1982) و در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد انجام گرفت و با استفاده از روابط زیر برآورد شد.

رابطه ۱: $$CGR = \frac{DW_f - DW_p}{GA(T_F - T_P)}$$

رابطه ۲: $$LAI = LA/GA$$

رابطه ۳: $$SLA = LA/LW$$

رابطه ۴: $$LWR = LW/DW$$

رابطه ۵: = کارایی مصرف نیتروژن

$$\frac{\text{مقدار فسفر زیست توده (بوته) در مترمربع}}{\text{مقدار فسفر قابل جذب خاک در متر مربع}} \times 100$$

رابطه ۶: =کارایی مصرف یا زراعی فسفر (کیلوگرم بر کیلوگرم)

$$\frac{\text{عملکرد دانه در مترمربع}}{\text{مقدار فسفر قابل جذب خاک در متر مربع}} \times 100$$

رابطه ۷: =کارایی جذب نیتروژن (کیلوگرم برکیلوگرم)

$$\frac{\text{مجموع نیتروژن جذب شده توسط گیاه}}{\text{ذخیره نیتروژن خاک}}$$

رابطه ۸: =کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم برکیلوگرم)

(عملکرد دانه / ذخیره نیتروژن خاک)

در این رابطه ذخیره نیتروژن خاک = نیتروژن مصرف شده به صورت کود + نیتروژن مصرف شده در طول رشد گیاه + ذخیره نیتروژن خاک قبل از کشت گیاه زراعی.

داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه 9.2 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]

مقایسه میانگین داده‌ها به روش LSD با استفاده از نرم افزار MSTAT-C در سطح احتمال ۵ ٪ انجام شد. نگارش، رسم نمودارها و جداول آماری نیز به ترتیب با استفاده از نرم افزار Word و Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI): نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شاخص سطح برگ تحت تأثیر تیمار کود شیمیایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و تیمار کود زیستی و برهمکنش این دو تیمار بر شاخص سطح برگ غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). تغییرات شاخص سطح برگ برای تمامی تیمارهای آزمایش به‌طور نسبی روند مشابهی داشت. میزان این شاخص در ۳۵ روز پس از کاشت با شیب کم و از ۳۵ تا ۶۳ روز پس از کاشت با شیب زیاد افزایش یافت و سپس در انتهای فصل رشد به دلیل پیری، خشک شدن و ریزش برگ‌ها روند نزولی پیدا کرد (شکل۱). شاخص سطح برگ (در ۶۳ روز پس از کاشت) در تیمار کود شیمیایی نیتروژن + فسفر + گوگرد با ۱۳/۶۰ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد (شکل ۱). این موضوع بیانگر آن است که در مراحل رشد سریع گیاه، که شرایط محیطی مانند طول روز و دما مناسب بوده است، گیاه مواد غذایی بیشتری تولید کرده و اندام‌های هوایی را توسعه داده است و حداکثر شاخص سطح برگ، کمی بعد از گل‌دهی اتفاق افتاده است. قسمتی از این افزایش ممکن است به دلیل فراهمی بهینه کودهای شیمیایی در اختیار گیاه باشد. به دلیل اینکه افزایش سطح برگ در دوره‌ای از رشد متوقف می‌شود، مدیریت‌های زراعی بایستی به نحوی اعمال شود که فتوسنتز گیاه از طریق دریافت تمام یا بخش عمده تابش خورشیدی، به حداکثر برسد. سطح برگ یکی از مهم‌ترین متغیرهایی است که در بررسی رشد و شبیه‌سازی و بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک و اکولوژیک ازجمله فتوسنتز، تعرق و بیلان انرژی، استفاده می‌شود. با افزایش سطح برگ، میزان دریافت تابش افزایش می‌یابد. معمولاً قسمت زیادی از رشد گونه‌های پربازده در ابتدای فصل رویش در جهت توسعه سطح برگ‌ها صورت می‌گیرد که به دنبال آن تابش خورشیدی نیز با کارایی بیشتری مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً این ویژگی باعث افزایش توان فتوسنتزی گیاه و در نتیجه باعث افزایش عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی می‌گردد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۸).

اهمیت شاخص سطح برگ می‌تواند ناشی از موارد زیر باشد: شاخص سطح برگ به عنوان شاخصی از میزان کفایت برگ برای هر گیاه که تامین کننده نیازهای بیوشیمیایی آن است شناخته میشود. برگ‌ها مهمترین بخشهای اکولوژیکی یک گیاه هستند که با اتمسفر در جذب و دفع دی اکسید کربن، دریافت نور لازم برای فتوسنتز، انتشار اکسیژن آزاد شده به عنوان محصول جانبی تنفس و فتوسنتز در تعامل هستند و محل اصلی سیستم فتتوسنتزی و کربوکسیلاسیون و تامین‌کننده نیازهای کربوهیدراتی و سایر ترکیبات و مولکولهای فتوشیمیایی برای رشد و زایندگی و تامین کننده آسیمیلات لازم برای بخش‌های ذخیره‌ای گیاهان هستند ، محل تعرق گیاه که منجر به به ایجاد گرادیان فشار برای جذب آب و عناصر غذایی از خاک شده و به خنک‌شدن و تعدیل دمای گیاه کمک می‌کند و همچنین سبب هدایت آب به شاخساره و انتقال مواد در گیاه می شود کمک می کند و تقریباً ۹۰٪ از زیست توده (یا ماده خشک) گیاه توسط برگ تولید می‌شود.

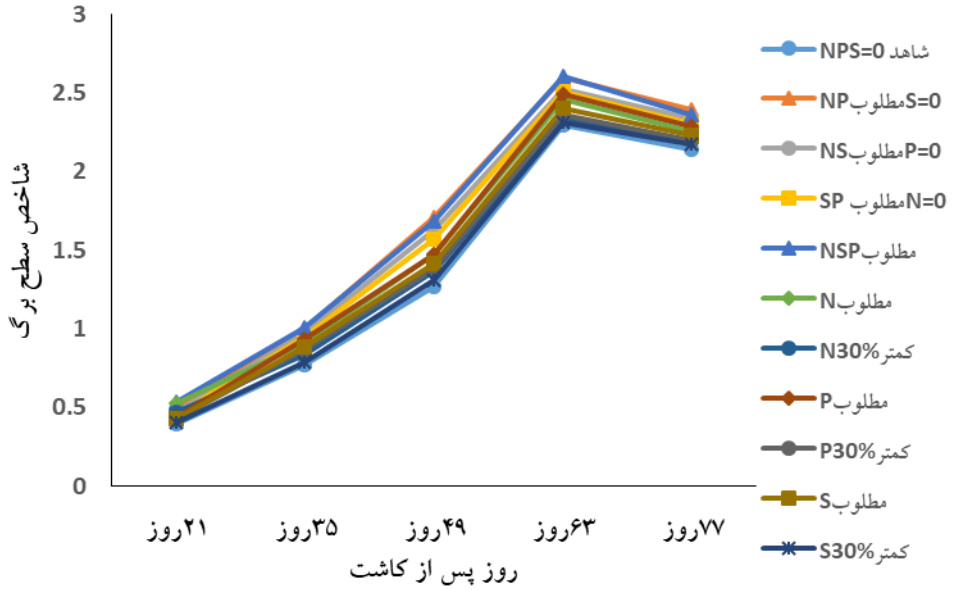
بنابراین شاخص منطقه برگ شاخص مهمی از تابش و رهگیری بارش ، تبدیل انرژی و تعادل آب است. در نهایت ، این یک پارامتر قابل اعتماد برای رشد گیاه است. به همین دلیل است که اکثر مطالعات در زمینه زراعت و باغبانی نتایج مداخلات مانند کودها و آبیاری را از نظر میزان LAI و همچنین عملکرد اندازه گیری می کنند. Serrano و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که شاخص سطح برگ به‌شدت وابسته به‌کاربرد سطوح مختلف نیتروژن است. نتایج پژوهش Wu و همکاران (۲۰۰۵) نشان می‌دهد که استفاده از کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی و یا در کنار آن موجب فراهم کردن موادغذایی مورد نیاز گیاه و افزایش رشد آن می‌شود. همچنین بررسی‌های Spaepen و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد با گسترش سطح برگ، منجر به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفت شاخص سطح برگ (LAI) در گیاه کاملینا

منبع تغییرات	درجه آزادی	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله چهارم	مرحله پنجم
تکرار	۲	۰/۰۰۱۲^{ns}	۰/۰۳۵**	۰/۰۶۲۳**	۰/۱۰۷۹**	۰/۰۸۳**
کود زیستی	۱	۰/۰۰۷۲^{ns}	۰/۰۰۱۴^{ns}	۰/۰۰۸۲^{ns}	۰/۰۰۱۹^{ns}	۰/۰۰۰۳۸^{ns}
کود شیمیایی	۱۰	۰/۰۱۲*	۰/۰۳۸**	۰/۱۳۵**	۰/۰۷۳۲**	۰/۰۳۸۲**
زیستی × شیمیایی	۱۰	۰/۰۰۶۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۱۹^{ns}	۰/۰۰۰۵^{ns}	۰/۰۴۰۴^{ns}
خطا	۴۲	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۶/۴۸	۲/۸۸	۳/۷۲	۱/۴۸	۱/۴۹

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



شکل ۱- اثر کود شیمیایی بر صفت شاخص سطح برگ کاملینا

افزایش شاخص سطح برگ شده‌اند که نتایج این بررسی با یافته‌های حاصل از پژوهش این دو پژوهشگر مطابقت داشت.

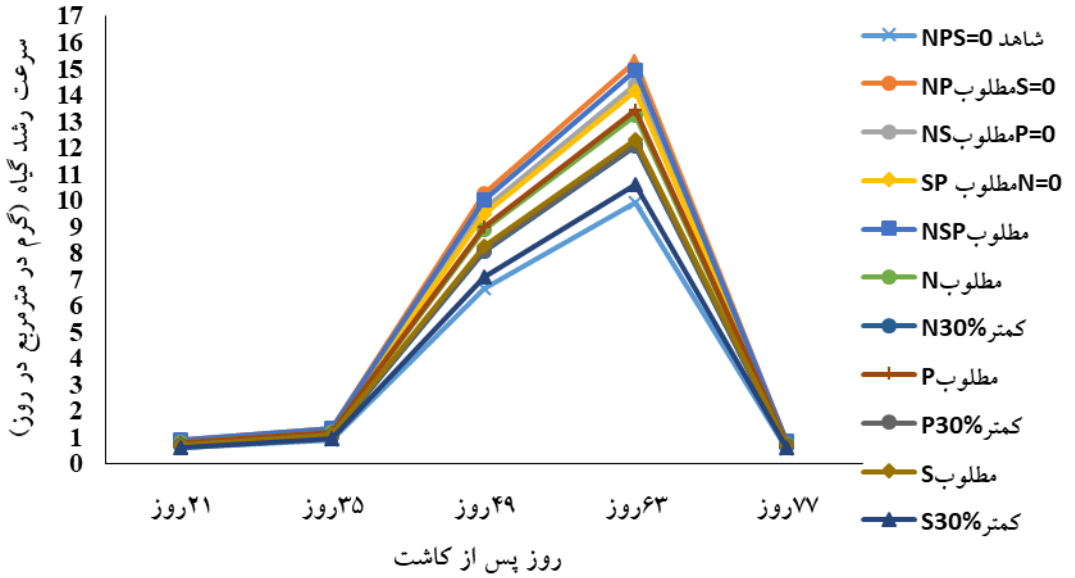
سرعت رشد گیاه (CGR): جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) سرعت رشد محصول نشان داد که تیمارهای کود شیمیایی در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی‌دار بود و تیمارهای کود زیستی و برهمکنش کودهای زیستی و شیمیایی اثر معنی داری را نشان نداد. روند تغییرات سرعت رشد گیاه در زمان‌های مختلف رشدی در تیمارهای مختلف کودی در شکل نشان داده شده است (شکل ۲). معمولاً سرعت رشد روزانه گیاهان زراعی در طی مراحل رشد و نمو متفاوت است و تا مرحله‌ای از رشد افزایش و سپس کاهش می‌یابد. تغییرات سرعت رشد محصول در پاسخ به تیمارهای مختلف کودی در طول فصل رشد برای تمامی تیمارها از روند نسبتاً یکسانی پیروی کرد، بدین صورت که سرعت رشد محصول با گذشت زمان افزایش یافته و پس از رسیدن به مقدار حداکثر خود (در ۶۳ روز پس از ظهور گیاه در سطح خاک) به دلیل ریزش برگ‌های مسن و تقلیل میزان فتوسنتز روند کاهشی پیدا کرد. میزان CGR در ۶۳ روز پس از ظهور گیاه در سطح خاک، در تیمار کود شیمیایی نیتروژن + فسفر با ۵۳/۶۴ درصد نسبت به تیمارهای شاهد افزایش نشان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفت سرعت رشد گیاه (CGR) در گیاه کاملینا

منبع تغییرات	درجه آزادی	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله چهارم	مرحله پنجم
تکرار	۲	۰/۰۴۰۲**	۰/۰۹۱**	۵/۲۵۱**	۱۱/۶۶**	۰/۰۳۶**
کود زیستی	۱	۰/۰۰۰۲۵^{ns}	۰/۰۰۰۷۴^{ns}	۰/۰۳۸^{ns}	۰/۰۸۵^{ns}	۰/۰۰۰۲۷^{ns}
کود شیمیایی	۱۰	۰/۰۶۱**	۰/۱۳۹**	۸/۰۲۱**	۱۷/۸۲۰**	۰/۰۵۶**
زیستی × شیمیایی	۱۰	۰/۰۰۲۸^{ns}	۰/۰۰۶۴^{ns}	۰/۳۷۰^{ns}	۰/۸۲۳^{ns}	۰/۰۵۶^{ns}
خطا	۴۲	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۵۹	۰/۳۳۸	۰/۷۵۲	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (٪)	–	۶/۶۷	۶/۷۳	۶/۷۰	۶/۷۰	۶/۷۰

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



شکل ۲- اثر کود شیمیایی بر سرعت رشد گیاه (CGR) کاملینا

داد (شکل ۲). این تفاوت در سرعت رشد نسبت به تیمار شاهد می‌تواند به دلیل تغذیه بهتر گیاه و فراهمی بیشتر مواد غذایی با کودهای شیمیایی و زیستی باشد که سبب افزایش فتوسنتز و افزایش سرعت رشد محصول شده است. همچنین میزان بیشتر CGR در تیمارهای کودی می‌تواند منجر به افزایش پتانسیل تولید شود که ناشی از برتری تولید مواد فتوسنتزی و ذخیره‌سازی بیشتر مواد پرورده در گیاه است. پژوهش‌های بولاک و همکاران (۱۹۸۸) نشان می‌دهد که سرعت رشد محصول در مراحل اولیه به دلیل کافی نبودن پوشش گیاهی، پائین بودن درصد جذب نور و دمای کم محیط روند کندی داشت. با افزایش رشد و افزایش سطح برگ و در نتیجه بهره-گیری بهتر از نور خورشید توسط گیاه، میزان تولید ماده خشک در واحد سطح افزایش یافته و در پی آن، سرعت رشد محصول نیز افزایش جهشی داشته است. در مراحل انتهایی رشد، در اثر سایه اندازی برگ‌های فوقانی بر روی سایر برگ‌ها، قدرت فتوسنتزی گیاه کاهش یافته و رشد رویشی گیاه آهسته شده و پیری و ریزش برگ‌ها سرعت پیدا می‌کند. سبحانی و حمیدی (۱۳۹۳) بیان داشتند که با گذشت زمان و بالا رفتن سن گیاه سرعت رشد نسبی کاهش می‌یابد. کاهش مشاهده شده به علت افزایش تعداد برگ‌هایی است که در سایه قرار گرفته و فعالیت متابولیکی کمی داشته و تنفس بیشتری انجام می‌دهند که موجب هدر رفتن انرژی تولید شده در گیاه می‌شوند. Gulsar (۲۰۰۵) بیان کرد با افزایش نیتروژن مصرفی، تعداد و سطح برگ گیاه افزایش یافته که باعث بالا رفتن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]

ظرفیت فتوسنتزی شده و نتیجه آن سرعت رشد محصول بیشتر و تولید ماده خشک بالاتر است. در واقع نیترات با افزایش پتانسیل جذب آب و تولید پروتئین‌ها برای شرکت در رشد و نمو باعث افزایش رشد گیاه می‌شود. این روند تغییرات سرعت رشد محصول با نتایج پژوهشگران دیگر مطابقت دارد (Fageria *et al.*, 2006).

سطح ویژه برگ (SLA): نتایج تجزیه واریانس نشان داد سطح ویژه برگ گیاه کاملینا در تمامی زمان‌های اندازه‌گیری (به‌جز مرحله اول) تحت تأثیر کود شیمیایی قرار گرفت ولی تیمار کود زیستی و برهمکنش این دو کود بر این صفت اثر معنی-داری نداشتند (جدول ۴). روند تغییرات سطح ویژه برگ در تیمارهای کود شیمیایی در شکل (۳) نشان می‌دهد که ضخامت برگ در دوره‌های اولیه رشد گیاه کم بوده است از این رو سطح ویژه برگ در مراحل اولیه رشد در بیشترین مقدار خود است و به تدریج با ادامه رشد و تکمیل بافت‌های ساختمانی فتوسنتزی برگ ضخامت برگ افزایش یافته (زند و همکاران، ۱۳۹۱) و این گیاه توانسته سرعت جذب خالص خود را افزایش و بهبود بخشد، در نتیجه وزن خشک برگ افزایش یافته و سطح ویژه برگ کاهش یافته است (ضیائی، ۱۳۷۷). همان گونه که در شکل (۳) نشان داده شده است تیمار نیتروژن + فسفر + گوگرد در مراحل اولیه رشد دارای بیشترین سطح ویژه برگ نسبت به سایر تیمارهای کودی بوده که احتمالاً به دلیل آن است که در مراحل اولیه رشد، گیاه مواد غذایی بیشتری را به منظور استفاده بهتر از نور خورشید صرف افزایش سطح برگ کرده است در نتیجه سطح برگ و سطح ویژه برگ در این تیمارها افزایش یافته است اما، در تیمار شاهد به دلیل کمبود عناصرغذایی در خاک، رشد بوته‌ها در این تیمار کمتر بوده و ماده خشک کمتری در برگ‌ها ذخیره شده است و از آنجا که سطح ویژه برگ بیانگر نسبت سطح برگ به وزن خشک آن بوده و نشان دهنده میزان ظرافت نسبی برگ است (شیرانی راد، ۱۳۸۴) در نتیجه سطح برگ و سطح ویژه برگ در این تیمارها کاهش یافته است. در ادامه رشد گیاه کاملینا سطح ویژه برگ شروع به کاهش نموده است به طوری که در زمان پایانی رشد به کمترین میزان خود رسیده است که ممکن است افزایش وزن ساقه نیز سبب افزایش SLA شده باشد. نتایج پژوهش Farre و همکاران (۲۰۰۰) نیز روند نزولی سطح ویژه برگ را تایید می‌کند. نتایج این آزمایش با یافته‌های قاسمی مهام (۱۳۹۳) مطابقت دارد.

نسبت وزن برگ (LWR): بررسی روند تغییرات نسبت وزن برگ در تیمارهای کودی (شکل ۴) نشان داد که نسبت وزن برگ در مراحل ابتدایی دوره رشد در تمام تیمارهای کودی به‌دلیل اختصاص بخش زیادی از ماده پرورده گیاه به برگ، بالاترین مقدار خود را داشت. در ادامه رشد نسبت وزن برگ به علت افزایش وزن سایر اندام‌ها مثل ساقه با شیب تندی کاهش یافت و در مراحل پایانی به کمترین میزان خود رسید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار کود شیمیایی اثر معنی‌داری بر این صفت در سطح احتمال یک درصد داشت این در حالی است که تیمار کود زیستی و برهمکنش کود زیستی و شیمیایی بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۵). مطالعه روند تغییرات وزن برگ (در ۳۵ روز پس از کاشت) نشان داد که تیمار کود شیمیایی نیتروژن + فسفر + گوگرد با ۲۳/۸۷ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد (شکل ۴). در مراحل ابتدایی رشد بوته‌ها کم بوده و توسعه شاخ و برگ در گیاه چندان زیاد نبوده است که این نشان می‌دهد با انتخاب میزان کود نیتروژن مناسب می‌توان به ترکیب متعادلی از شاخص‌های رشد در سایه‌انداز گیاهی دست یافت و موجبات بهبود عملکرد را فراهم آورد در واقع این واقعیت مشخص می‌شود که عنصر نیتروژن بر اندازه و تعداد برگ تولید شده در گیاه تأثیر مستقیم دارد (Sajedi and Ardekani, 2008).

عملکرد دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای کود شیمیایی و برهمکنش کود شیمیایی و زیستی بر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی داری داشت ولی اثر کود زیستی به تنهایی بر عملکرد دانه معنی دار نشد (جدول ۶). استفاده تلفیقی از تیمار کود شیمیایی نیتروژن+ فسفر+ گوگرد با مصرف کود زیستی باعث افزایش ۸۶/۸۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد بدون

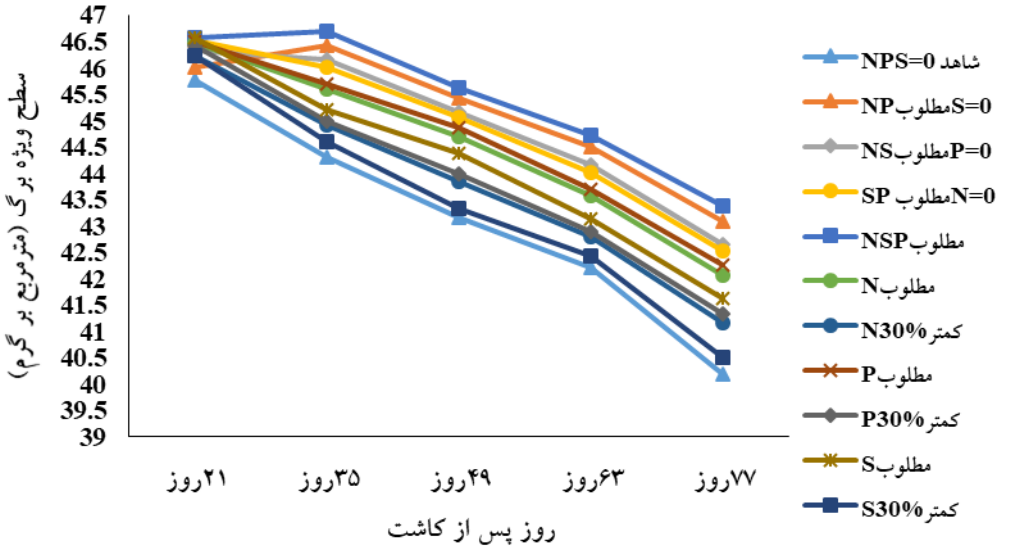
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]

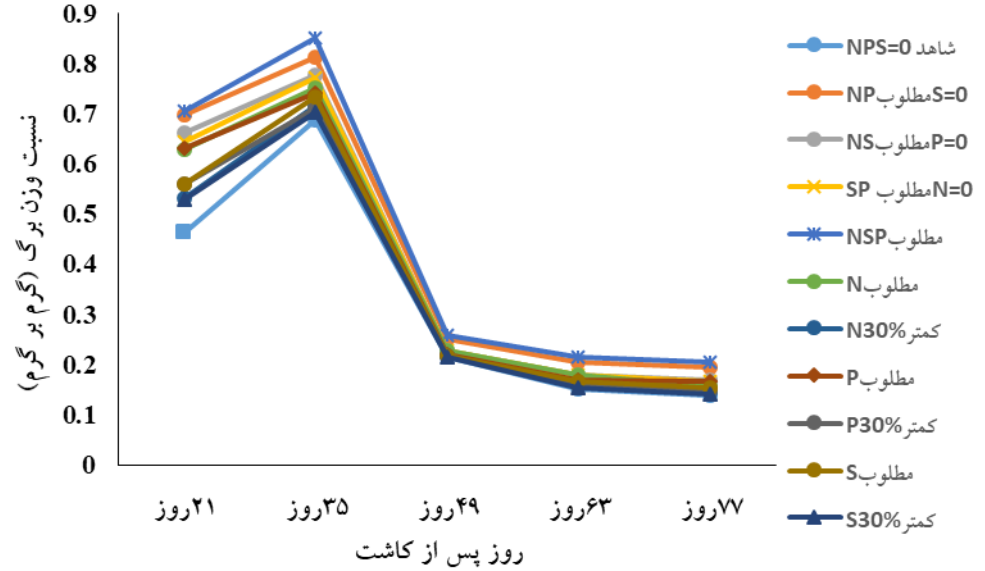
جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفت سطح ویژه برگ (SLA) در گیاه کاملینا

منبع تغییرات	درجه آزادی	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله چهارم	مرحله پنجم
تکرار	۲	۱/۲۲۶^{ns}	۱/۶۴**	۱/۶۶**	۱/۹۳**	۲/۵۴**
کود زیستی	۱	۱/۱۲^{ns}	۰/۱۶۱^{ns}	۰/۲۴^{ns}	۰/۱۷^{ns}	۰/۳۹^{ns}
کود شیمیایی	۱۰	۰/۴۰۰^{ns}	۳/۵۹**	۴/۱۵**	۴/۲۳**	۶/۳۴**
زیستی × شیمیایی	۱۰	۰/۶۱۷^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۰۱۵^{ns}	۰/۰۱۶^{ns}	۰/۰۱۷^{ns}
خطا	۴۲	۱/۱۱۵	۰/۰۸۹	۰/۰۷۱	۰/۱۰۰	۰/۱۱۹
ضریب تغییرات (٪)	–	۲/۲۷	۰/۶۵	۰/۶۰	۰/۷۲	۰/۸۲

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



شکل۳- اثر کود شیمیایی بر صفت سطح ویژه برگ کاملینا



شکل۴- اثر کود شیمیایی بر صفت نسبت وزن برگ کاملینا

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفت نسبت وزن برگ (LWR) در گیاه کاملینا

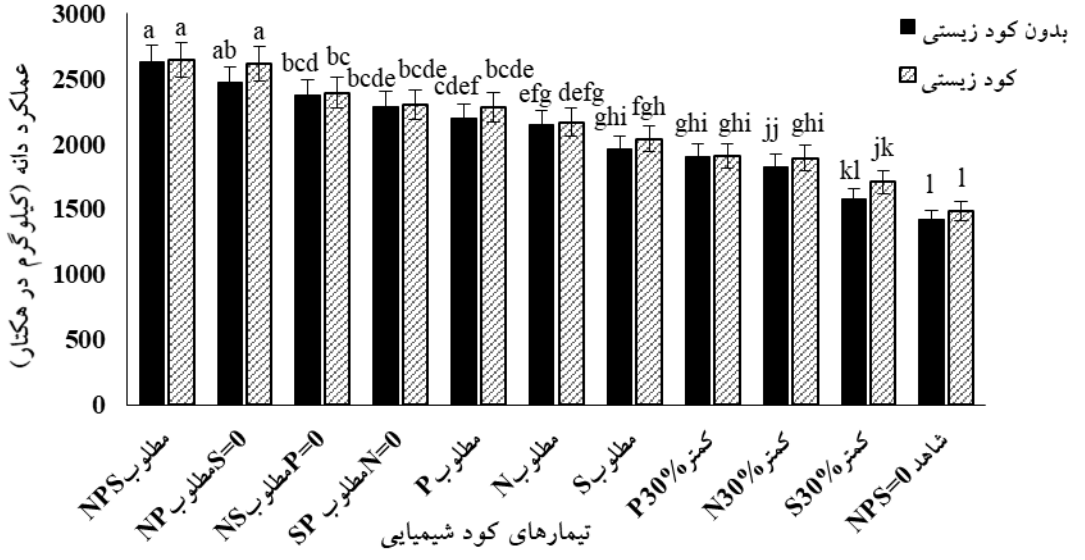
منبع تغییرات	درجه آزادی	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله چهارم	مرحله پنجم
تکرار	۲	۰/۰۲۵^{ns}	۰/۰۱۲**	۰/۰۰۴۲**	۰/۰۰۳۷**	۰/۰۰۳۲**
کود زیستی	۱	۰/۰۲۵^{ns}	۰/۰۰۲۵^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۵۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۴۱^{ns}
کود شیمیایی	۱۰	۰/۰۳۵**	۰/۰۱۴**	۰/۰۰۱۲**	۰/۰۰۲۴**	۰/۰۰۲۷**
زیستی × شیمیایی	۱۰	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۰۰۲۸^{ns}	۰/۰۰۰۱۹^{ns}	۰/۰۰۰۱۱^{ns}	۰/۰۰۰۱۱^{ns}
خطا	۴۲	۰/۰۰۸۱	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۱۱
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۵/۰۳	۵/۹۳	۵/۷۰	۶/۳۰	۶/۶۴

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

جدول۶ - نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفت عملکرد دانه در گیاه کاملینا

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه
تکرار	۲	۳۱۲۷/۵۸**
کود زیستی	۱	۵۱۶/۸۸^{ns}
کود شیمیایی	۱۰	۴۱۳۰/۷۲**
زیستی × شیمیایی	۱۰	۴۰۶۲/۴۸**
خطا	۴۲	۱۶۶/۲۰۵
ضریب تغییرات (٪)	-	۶/۱۳

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



شکل۵- 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]

مصرف کود زیستی شد (شکل ۵). به نظر می‌رسد که این افزایش عملکرد دانه نشان دهنده افزایش کارایی کودهای زیستی در حضور کود شیمیایی است. تیمار کود زیستی در مقایسه با تیمار شاهد شیمیایی، به مراتب شرایط مناسب‌تری را 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 و همکاران (۲۰۰۴) در زمینه کاربرد کود زیستی باکتریایی مطابقت دارد. همچنین تیمارهای کود شیمیایی نیتروژن+ گوگرد، فسفر+ گوگرد، فسفر مطلوب، نیتروژن مطلوب، گوگرد مطلوب، فسفر ۳۰٪ کمتر از میزان مطلوب، نیتروژن ۳۰ ٪ کمتر از میزان مطلوب، گوگرد ۳۰٪ کمتر از مطلوب به همراه مصرف کود زیستی، عملکرد دانه گیاه کاملینا را به ترتیب ۶۸/۷۹، ۶۲/۲۶، ۶۱، ۵۲/۹۷، ۴۳/۹۵، ۳۴/۸۰، ۳۳/۶۰، ۲۰/۵۶ درصد نسبت به تیمار شاهد بدون مصرف کود زیستی افزایش دادند. پژوهش مختاری و بشارتی (۱۳۹۲) نشان داد که کاربرد فسفر و تلقیح خاک با میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات، باعث افزایش عملکرد غلات، حبوبات، سیب زمینی و سایر گیاهان زراعی گردیده است. نتایج استفاده از کود زیستی فسفات بارور ۲ در مناطق مختلف کشور نشان دهنده آن است که در اکثر موارد، کاربرد کود زیستی بارور ۲ موجب افزایش بالای ۱۰ درصدی عملکرد گیاهان زراعی شده است (حسین‌زاده، ۱۳۸۴). محسن نیا و جلیلیان (۱۳۹۱) بیان داشتند که کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش ۹۳ درصدی در عملکرد دانه شد همچنین کاهش عملکرد دانه در تیمار بدون کود نسبت به تیمارهای کودی را گزارش کردند. براساس نتایج قنبری کاشان و همکاران (۱۳۹۵) از دلایل افزایش عملکرد دانه در گلرنگ ایجاد شرایط متعادل رشد رویشی و زایشی در گیاه و طی شدن کامل مراحل رشدی دانه‌ها است و این تعادل زمانی برقرار می‌شود که سطوح مختلف کود نیتروژن (برای رشد رویشی) و فسفره (برای رشد زایشی) مناسب باشد. نتایج بررسی مرادی و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد که با روش تلقیح کودی نه تنها می‌توان عملکرد دانه در واحد سطح را افزایش داد بلکه به طور 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 می‌باشد.

کارایی زراعی و کارایی جذب فسفر: نتایج جدول (۷) نشان داد که کارایی مصرف و جذب فسفر در تیمارهای کود شیمیایی و کود زیستی، همچنین برهمکنش این دو تیمار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. همان طور که در شکل‌های (۶ و ۷) مشاهده می‌شود میانگین کارایی زراعی (۱۹/۴۸ کیلوگرم بر کیلوگرم) و کارایی جذب (۴۲/۰۲ درصد) در شرایط استفاده از کود شیمیایی نیتروژن+ فسفر + گوگرد تحت تاثیر کود زیستی نسبت به شاهد بدون کود زیستی بالاتر بود. این صفت نشان دهنده توانایی گیاه در جذب کودی است که در اختیار آن قرار می‌گیرد. بنابراین علاوه بر اینکه کود مورد نظر به چه‌میزان در معرض آبشویی و هدر روی قرار گرفته است و یا اینکه به چه میزان با ذرات خاک تشکیل کمپلکس دهد، عواملی مثل نحوه گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه در خاک، میزان فعالیت تارهای کشنده، رطوبت موجود در خاک، دمای خاک و pH آن می‌تواند از مهم‌ترین عوامل مؤثر در مقدار جذب فسفر باشند. Mirzakhani (۲۰۰۹) گزارش نمود که رابطه مثبت مستقیمی بین افزایش مصرف کودهای شیمیایی با درصد آن عناصر در بافت‌های گیاهی دیده شد. مشبکی اصفهانی و بشارتی (۱۳۹۴) گزارش کردند که مصرف باکتری‌های حل کننده فسفر راندمان مصرف فسفر را به شدت افزایش داد همچنین بیان داشتند که اضافه‌کردن کود بیولوژیک به‌همراه کود شیمیایی بیشترین تاثیر را در جذب هرچه بیشتر عناصر غذایی توسط گیاه داشته است. در تیمارهایی که از کود زیستی فسفاته استفاده شده است میزان فسفر موجود در اندام هوایی بیشتر گزارش شده است.

کارایی زراعی و جذب گوگرد: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار کود شیمیایی، کود زیستی و اثر برهمکنش این دو تیمار بر کارایی زراعی و جذب گوگرد

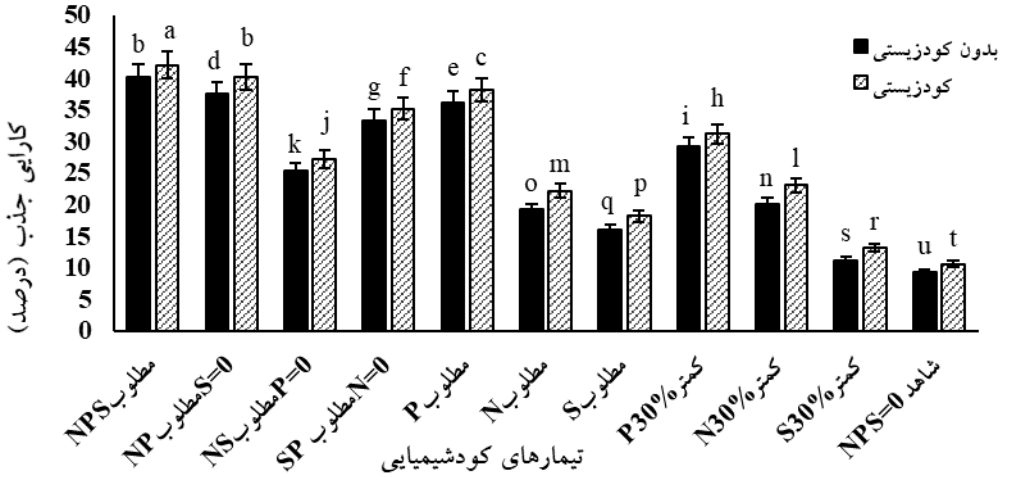
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]

جدول ۷ - نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفت کارایی زراعی و کارایی جذب فسفر، گوگرد و نیتروژن در گیاه کاملینا

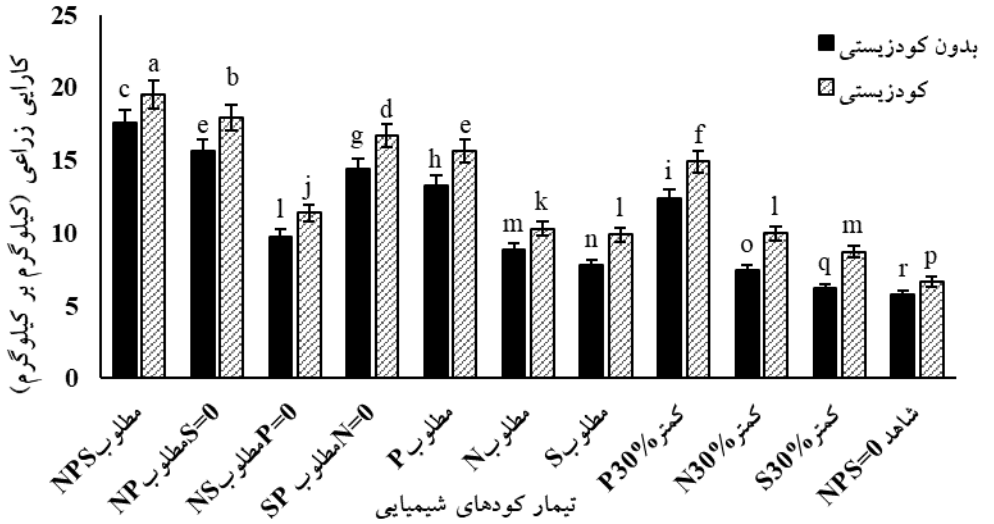
منبع تغییرات	درجه آزادی	کارایی زراعی فسفر	کارایی جذب فسفر	کارایی زراعی گوگرد	کارایی جذب گوگرد	کارایی مصرف نیتروژن	کارایی جذب نیتروژن
تکرار	۲	۰/۱۱۲**	۰/۵۸۵**	۰/۰۸۵**	۰/۱۴۱**	۰/۰۹**	۰/۲۸**
کود زیستی	۱	۶۹/۱۵**	۷۵/۳۰**	۳۷/۶۸**	۹۰/۳۱**	۳۵/۹۶**	۱۲۰/۵۲**
کود شیمیایی	۱۰	۱۰۱/۸۳**	۷۰۶/۶۷**	۴۴/۹۲**	۳۴۸/۵۴**	۴۸/۷۲**	۴۳۷/۶۹**
زیستی × شیمیایی	۱۰	۰/۴۱۵**	۰/۴۴۲**	۱/۰۳۸**	۱/۲۶**	۰/۹۱**	۱/۱۷**
خطا	۴۲	۰/۰۲۸	۰/۰۱۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۱	۰/۰۱۴
ضریب تغییرات (٪)	-	۱/۴۱	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۱۷	۰/۳۹	۰/۵۸

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



شکل ۶ - مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود شیمیایی × کود زیستی بر کارایی جذب فسفر کاملینا

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

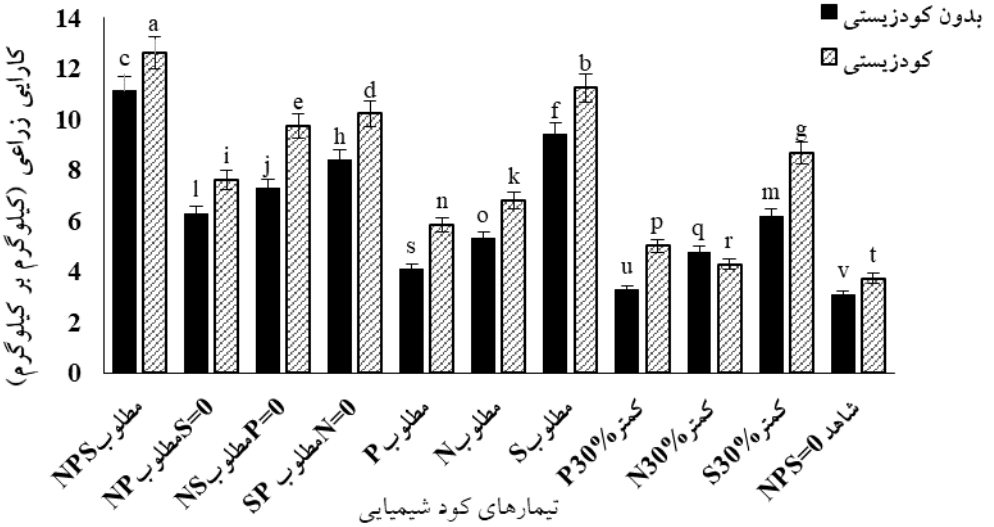


شکل۷- مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود شیمیایی در کود زیستی بر کارایی زراعی فسفر کاملینا

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

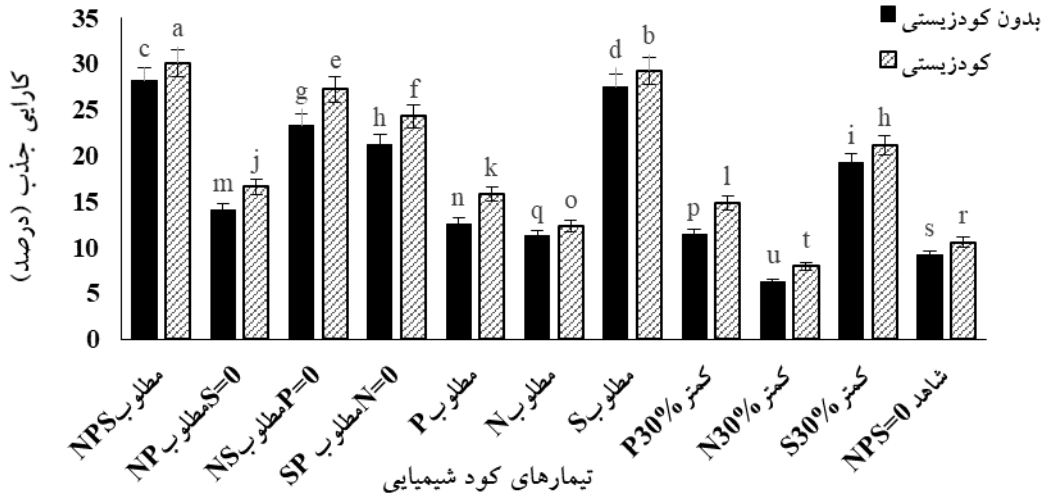
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]



شکل ۸ – مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود شیمیایی × کود زیستی بر کارایی زراعی گوگرد کاملینا

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



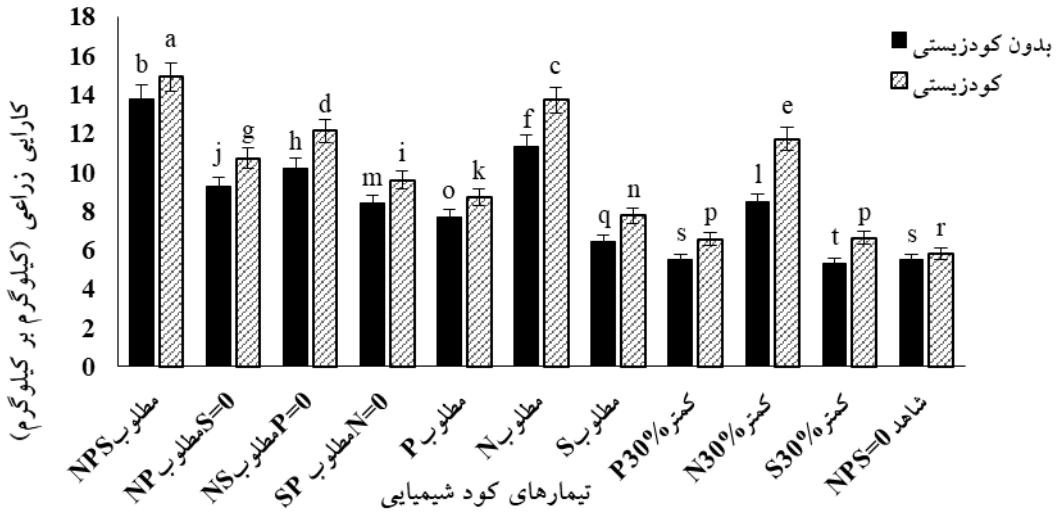
شکل ۹- مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود شیمیایی × کود زیستی بر کارایی جذب گوگرد کاملینا

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

در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کارایی زراعی و جذب گوگرد به ترتیب در تیمارهای کود شیمیایی نیتروژن+ فسفر + گوگرد تحت تاثیر کود زیستی با میانگین ۱۲/۶۲ کیلوگرم بر کیلوگرم و ۳۰/۰۱ درصد بیشترین نسبت را به شاهد بدون مصرف کود زیستی داشته است شکل‌های (۸ و ۹). نتایج پژوهش‌های به‌دست آمده توسط پژوهشگران نشان داد که میزان گوگرد مورد نیاز برای دستیابی به حداکثر عملکرد کمی و کیفی بر اساس ویژگی ژنتیکی ارقام گیاهی و شرایط آب و هوایی منطقه متفاوت است. از این نظر در منابع علمی اتفاق نظر وجود ندارد همچنین گوگرد در کلزا منجر به بهبود کارایی مصرف نیتروژن شده و در نتیجه باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در گیاهان می‌گردد. از طرف دیگر استفاده از کود گوگرد باعث افزایش تعداد کپسول در بوته گردید، زیرا که

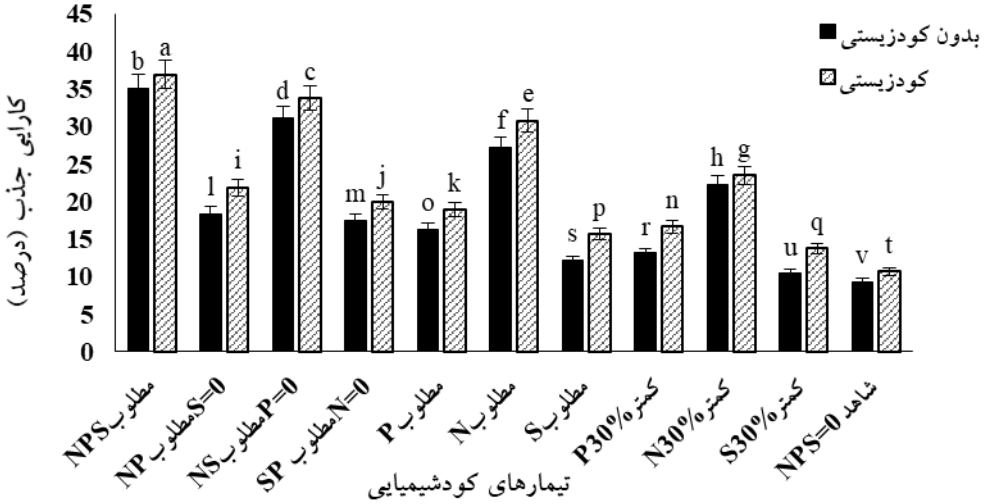
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]



شکل ۱۰ – مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود شیمیایی × کود زیستی بر کارایی زراعی نیتروژن کاملینا

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



شکل ۱۱– مقایسه میانگین اثر برهمکنش کود شیمیایی × کود زیستی بر کارایی جذب نیتروژن کاملینا

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

جذب بیشتر گوگرد توسط گیاه، رشد رویشی آن را بهبود می بخشد (Malhi and Leach, 2000). نتایج حاصل از این آزمایش با یافته‌های میرزا شاهی (۱۳۹۳) مطابقت دارد.

کارایی زراعی و جذب نیتروژن: در جدول تجزیه واریانس، اثر تیمار کود شیمیایی، کود زیستی و برهمکنش این دو تیمار بر صفت کارایی زراعی و جذب نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین مقدار کارایی زراعی و جذب نیتروژن متعلق به تلفیق تیمارهای کود شیمیایی نیتروژن+ فسفر + گوگرد تحت تاثیر کود زیستی با میانگین ۱۴/۹۰ کیلوگرم بر کیلوگرم و ۳۶/۹۷ درصد بود که نسبت به شاهد بدون کود زیستی افزایش نشان داد (شکل‌های۱۰ و ۱۱). از آنجایی که کارایی مصرف نیتروژن نشان دهنده کارایی گیاه در تبدیل نیتروژن قابل دسترس در خاک به عملکرد دانه و یا زیستی است درک صحیح مکانیسم های موثر بر تنظیم کارایی نیتروژن می‌تواند نقش موثر در افزایش تولید در واحد سطح

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]

داشته باشد (Salvagiotti *et al.*, 2009). کودهای بیولوژیک و باکتری‌های محرک رشد، ضمن کاهش میزان مصرف و افزایش کارایی کودهای شیمیایی سبب افزایش رشد گیاهان به واسطه افزایش جذب نیتروژن می‌شوند (Wu *et al.*, 2005) به طور کلی افزایش کارایی زراعی نیتروژن در این تیمار را می‌توان به افزایش جذب نیتروژن موجود در اندام‌های هوایی گیاه، افزایش جذب نیتروژن، دسترس بودن مواد غذایی به مقدار مناسب در مراحل رشد گیاه، تحریک گیاه در جهت افزایش تعداد شاخه فرعی در بوته و تعداد خورجین در بوته، افزایش سطح فتوسنتزی و تولید مواد پرورده و انتقال به بخش‌های زایشی، کاهش تلفات از طریق آبشویی، دنیتریفیکاسیون، تصعید و در نهایت عملکرد دانه نسبت داد (Soleiman zadeh *et al.*, 2004)

نتیجه گیری

ترویج و توسعه کشت گیاه کاملینا (*Camelina sativa* L.) به عنوان گیاهی دانه‌روغنی- دارویی می‌تواند به تامین بخشی از نیاز روغن در کشور کمک کند؛ که استفاده از رقم مناسب و کاشت در مناطق مستعد برای رشد این گیاه به‌همراه استفاده از نهاده‌هایی موثر مانند تلفیق کودهای شیمیایی و زیستی که تامین‌کننده نیاز غذایی این گیاه هستند موجب کاهش اثرات زیانبار کودهای شیمیایی و از طرفی استفاده از کودهای زیستی سبب تقویت میکروارگانیزم های خاک و سلامت محیط زیست می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد که گیاه کاملینا در منطقه گرم و نیمه‌گرم کشور می‌تواند تحت تیمارهای کودهای شیمیایی نیتروژن+ فسفر + گوگرد و به همراه کودهای زیستی منجر به عملکرد بهتر و تولید روغنی با کیفیت بالا شود. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش، نشان داد که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی، می‌تواند در افزایش کارایی انحلال و فراهمی عناصر غذایی مانند فسفر موجود در کودهای شیمیایی و بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه کاملینا و در نهایت افزایش عملکرد دانه مؤثـر باشد. بر اساس یافته‌های این پژوهش کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی جهت افزایش عملکرد گیاه کاملینا، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و ارتقای سلامت خاک و محیط زیست به کشاورزان توصیه می‌شود.

منابع

امام، ی. و نیک‌نژاد، م. (۱۳۹۰) مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی، انتشارات دانشگاه شیراز، ۵۷۰ صفحه.

چاکرالحسینی، م.ر. (۱۳۸۵) اثرات نیتروژن و فسفر بر عملکرد کمی و کیفی گلرنگ در شرایط دیم نیمه گرمسیری. مجله علوم خاک و آب. جلد ۲۰: ۱۷ – ۲۵.

حسین‌زاده، ح. ۱۳۸۴. اثر کود زیستی فسفات بارور بر عملکرد محصولات. انتشارات جهاد دانشگاهی. تهران. ۴۵ صفحه.

ربیعی، م. و طوسی کهل، پ. (۱۳۹۰) اثر مقادیر کود نیتروژن و پتاسیم بر کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) به عنوان کشت دوم بعد از برنج در منطقه گیلان .مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۲: ۶۰۵–۶۱۵.

زند، ن. شکیبا، م.ر. مقدم، م. و دباغ محمدی نسب، ع. (۱۳۹۱) بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر سرعت جذب خالص و سطح ویژه برگ سورگوم دانه‌ای. دوازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ایران.

سجادی نیک، ر. بلوچی، ح.ر. فرجی، ه. و یدوی، ع. (۱۳۹۰) مقایسه تأثیر کودهای شیمیایی(اوره)، آلی (ورمی کمپوست) و زیستی(نیتروکسین) بر عملکرد کمی و کیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.) . نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد ۲۱:۲.

سبحانی، ع.ر. حمیدی، ح. (۱۳۹۳) ارزیابی عملکرد و شاخص‌های رشد سیب زمینی تحت سطوح مختلف تنش کم‌آبی. نشریه پژوهش‌های ایران. ۱۲: ۲۹۵ – ۲۸۳.

شیرانی راد، ا.ح. (۱۳۸۴) فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران. ۳۶۰ صفحه.

ضیائی، ج. (۱۳۷۷) توصیه‌هایی در مورد کشت توتون بارلی. انتشارت شرکت دخانیات ایران.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]

قبادی، ر. شیرخانی، ع. جلیلیان، ع. (۱۳۹۴) بررسی اثرات تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد و کارآیی مصرف آب و نیتروژن گیاه ذرت (SC 704). نشریه پژوهش های کاربردی زراعی. ۱۰۶: ۷۹ تا ۸۴.

قاسمی مهام، س. (۱۳۹۳) تاثیر کاربرد جداگانه و تلفیقی کودهای شیمیایی و گاوی بر عملکرد شنبلیله و اسفرزه در کشت مخلوط. پایان نامه کارشناسی ارشد اگرواکولوژی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهرکرد. ایران.

قنبری کاشان، م. میرزاخانی، م. و فریدهاشمی، س. ا. (۱۳۹۵) پاسخ کارایی فیزیولوژیک نیتروژن گلرنگ به مصرف کودهای دامی و شیمیایی در منطقه کاشان. نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی. ۴۱: ۶۴-۵۳.

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ.ح. (۱۳۸۸) فیزیولوژی گیاهان زراعی. چاپ پانزدهم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.

کوچکی، ع.ر. تبریزی، ل و قربانی، ر. (۱۳۸۷) ارزیابی اثر کودهای بیولوژیکی بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinali*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۶: ۱۲۷ – ۱۳۷.

مدنی، ح. نادری بروجردی، غ. آقاجانی، ح. و پازکی، ع. (۱۳۸۹) مقایسه اثرات مصرف کودهای شیمیایی فسفره و باکتری‌های حل کننده فسفات در عملکرد دانه، بیولوژیک و محتوای نسبی فسفر بافت‌ها در کلزای پاییزه. مجله زراعت و اصلاح و نباتات. ۴: ۹۳ – ۱۰۴.

مرادی، م. مدنی، ح. و پیله وری خمامی، ر. (۱۳۸۹) کاربرد فسفر بیولوژیک و مقایسه آن با فسفر شیمیایی بر خصوصیات کمی آفتابگردان در منطقه اراک. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. تهران. ایران.

محسن‌نیا، ا و ج. جلیلیان. (۱۳۹۱) اثر تنش خشکی و منابع کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) نشریه بوم شناسی کشاورزی. ۴: ۲۴۵ تا ۲۳۵.

مشبکی اصفهانی، ف. بشارتی، ح. (۱۳۹۴) بررسی اثر کودهای زیستی بر عملکرد و کیفیت خیار در شرایط مزرعه. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۹: ۱۱-۲۲.

میرزاشاهی، ک. (۱۳۹۳) تأثیر نیتروژن، گوگرد، روی و بور بر کارایی مصرف، عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا. نشریه پژوهش‌های خاک. ۲۸: ۲.

مختاری، م. بشارتی، ح. (۱۳۹۲) اثر باکتری‌های حل کننده فسفات بر عملکرد و برخی ترکیبات شیمیایی ذرت. مجله پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب). ۲۷:۴.

Adediran, J.A. Taiwo, L.B. Akande, M.O. Sobulo, R.A and Idowu, O.J.(2005) Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of plant nutrition 27: 1163-1181.

Bullock, D. G., R. L. Nielson and W. E. Nyquist. (1988) Growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. Society of Crop Scientists. 28:254-258.

Bashan, Y. Holguin, G. and de-Bashan, L. (2004) Azospirillum-plant relationships: physiological, molecular, agricultural and environmental. Canadian Journal of Microbiology 50: 521–577.

Cakmaci, R. Akmakc, I.A. Figen, B. Adil, A. Fikrettin, S. and Ahin, B.C. (2005) Growth Promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. Soil biology and Biochemistry 38: 1482-1487.

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.

Elmer, P. and Conn, N. (1982) Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Perkin Elmer. Journal of Chemical Education 49: 250A.

Fageria, N.K. Baligar, V.C. and Clark, R.B. (2006) Physiology of crop production. Food Product Prees. 345p.

Farre, I. Van Oijen, M. Leffelaar, P.A. Faci, J.M. (2000) Analysis of maiz growth for different irrigation strategies in Northeastern Spain. Agronomy 12: 225-238.

Gulsar, F. (2005) Effect of ammonium sulphate and urea on NO3 and NO2 accumulation nutrient contents and yield criteria in spinach. Scientic Horticuhturae 106: 330-340.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]

Huggins, D.R. and Pan, W.L. (1993) Nitrogen efficiency components analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. Agronomy Journal 85: 898- 905.

Malakoti, M.J. and Sepehr, A. (2004) Optimize nourishment for oil seeds (effective setap to attained oil independence in country). Khaniran prees. Thehran. 464p. (in Persian).

Malhi, S.S. and Leach, D. (2000) Restore canola yeild by correcting sulphur deficiency in the growing season. In Proc. 12th Annual meeting. Saskatchewan Soil conservation Association. Regina. SK. Canada.

Mirzakhani, M. (2009) Effect of co-inoculation of azotobacterand Micorrhiza under Nitrogen and Phosphorus levels on nutrients absorbtion efficiency in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Ph.D Thesis university of Islamic azad University. Science and Research Branch-Khouzestan. 288p.

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.

Sajedi, N. and Ardekani, A. (2008) Effect of nitrogen fertilizer, iron on the physiological indices forage maize in central provinces. Iranian Studies Journal of Agronomy 6: 99-110.

Salvagiotti, F. Castellarín, J.M. Miralles, D.J. and Pedrol, H.M. (2009) Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. Field Crop Research 113: 170-177.

Serrano, L. Filella, I. and Penuelas, J. (2000) Remote sensing of biomass and yield of winter wheat under different nitrogen supplies. Crope Science 40: 723-731.

Soleiman zadeh, H. Latifi, N. and Sotani, A. (2004) Study on relationship between phonogical and morphological features of grain yield in repaseed. In: proceedings of the Sth Iranian Congress of Crop Sciences. 27-30 Aug. Univercity of Guilan. Rasht. Iran. (In Farsi).

Spaepen, S. Vanderleyden, J. and Okon, Y. (2009) Plant growth-promoting actions of Rhizobacteria. Advance in botanical research 51: 283-320.

Wu, S.C. Cao, Z.H. Li, Z.G. Cheung, K.C. and Wong, M.H. (2005) Effect of biofertilizer conaining N-fixer, P and K solubilizers and AM fingi an maize growth: a greenhouse terial. Geoderma 125: 155-166.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]

The effect of chemical and biological fertilizers on leaf characteristics, yield and nutrient uptake and consumption efficiency, phosphorus and sulfur in *Camelina sativa* L.

Marzieh Hassani[1], Mahmoud Reza Tadayon[2*] and Ali Akbar Fadaei Tehrani[3]

[1]Graduate of Agroecology, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Shahrekord University,
[2]Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Shahrekord University
[3]Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahrekord University
(Received: 18/07/2020, Accepted: 29/12/2020)

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of chemical fertilizers of nitrogen, phosphorus, sulfur and biofertilizer on some growth indicators of experimental plant *Camelina sativa* L. during the crop year 2016 in a farm located in Kazerun and as a factorial in the form of complete randomized block design with three replications. Treatments included fertile biofertilizer 2 containing phosphate solvent bacteria (Pseudomonas putida Strain 13P bacteria and agglomerans Pantoea Strain 5P) as the first factor in 2 levels (consumption and non-consumption) and the second factor including chemical fertilizers regarding control treatments, nitrogen, phosphorus, sulfur fertilizers (50 respectively). (200 and 100 kg / ha) by themselve were optimal and chemical fertilizer treatment was 30% less than optimal. The results showed that the application of biofertilizer was significant only on crop yield and phosphorus, sulfur and nitrogen uptake traits. Chemical fertilizer treatment was significant on all traits, and the interaction of biofertilizer treatment with chemical fertilizer on grain yield, crop yield and phosphorus, sulfur and nitrogen adsorption traits was significant. The combined use of biofertilizers with nitrogen + phosphorus + sulfur chemical fertilizer compared to the control increased grain yield by 86.85%, improves crop yield of phosphorus, sulfur and nitrogen by 19.48, 12.62 and 14.90 kg / kg, respectively, and its adsorption efficiency. The elements were 42.2%, 30.01 and 36.97%, respectively. The combined use of chemical fertilizers with biofertilizer compared to the control increased the leaf area index by 13.60%, increased the plant weight ratio by 23.78% and the leaf surface area. Nitrogen + phosphorus treatment compared to the control showed an increase in plant growth rate of 53.64%. The best fertilizer combination in this experiment to increase the yield of whole plants was the combination of chemical fertilizer treatments containing nitrogen, phosphorus and sulfur with biofertilizers.

Keywords: Crop efficiency and uptake, *Camelina sativa* L., Chemical fertilizer, Grain yield, Leaf area index, Plant growth rate.

Corresponding author, Email: mrtadayon@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.45.4.2]