به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۸ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۵
صفحه‌های ۷۱۱-۷۰۱

# اثر کود دامی و شیمیایی روی برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه سرخارگل

وحید اکبرپور[۱]* ، محبوبه آشناور [۲] و محمدعلی بهمنیار[۳]

۱. استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری – ایران
۲. دانشجوی دکتری گیاهان دارویی، گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان – ایران
۳. استاد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری – ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۷/۱۴ تاریخ پذیرش مقاله:۱۳۹۴/۱۱/۲۳

## چکیده

مواد ثانویه گیاهی نقش مهمی را در سلامت و تغذیه انسان ایفا می‌کنند. باتوجه به اهمیت گیاه سرخارگل در تولید مواد ثانویه و همچنین تأثیر مواد مغذی در میزان مواد ثانویه، آزمایشی به صورت گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و در ۳ تکرار در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، در سال ۱۳۹۴ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل: کود شیمیایی (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن، ۱۲۰ کیلوگرم انیدرید فسفریک و ۲۵۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم در هکتار به ترتیب از منبع اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم)، ۳۰ تن کود دامی در هکتار، ۱۵ تن کود دامی + ۲۵ درصد تیمار کود شیمیایی در هکتار، ۱۵ تن کود دامی + ۵۰ درصد تیمار کود شیمیایی در هکتار و ۱۵ تن کود دامی + ۷۵ درصد تیمار کود شیمیایی در هکتار و شاهد (بدون مصرف کودهای شیمیایی و دامی) بود. نتایج نشان داد که تمامی صفات اندازه‌گیری شده نظیر غلظت کلروفیل a و b، عملکرد آنتوسیانین و فلاونوئید برگ و ریشه، عملکرد فنل کل گل و درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی در مرحله تمام‌گل تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی قرار گرفت. به‌طوری‌که بیشترین غلظت کلروفیل a و b (به‌ترتیب ۱۱/۳۳ و ۲/۴۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) مربوط به کاربرد کود شیمیایی بود که با تیمارهای تلفیق کود دامی و شیمیایی (۱۵ تن کود دامی به همراه ۲۵ درصد تیمار کود شیمیایی و ۱۵ تن کود دامی به همراه ۷۵ درصد تیمار کود شیمیایی) از نظر آماری در یک سطح قرار داشت. همچنین، کاربرد ۳۰ تن کود دامی در هکتار، بیشترین تأثیر را بر عملکرد آنتوسیانین و فلاونوئید برگ و ریشه و فنل کل گل داشته است. حداکثر فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز با کاربرد ۱۵ تن کود دامی به همراه ۲۵ درصد کود شیمیایی به‌دست آمد که نسبت به تیمارهای شاهد و کود شیمیایی به ترتیب ۱۰ و ۸۰ درصد افزایش نشان داد.

**کلیدواژه‌ها:** آنتوسیانین، سرخارگل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فلاونوئید، فنل کل

* نویسنده مسئول
Email:

## ۱. مقدمه

مـواد ثانویـه ترکیبـاتی هسـتند کـه توسـط گیاهـان و میکروارگانیسـم‌هـا تولیـد مـی‌شـوند و فعالیـت‌هـای فیزیولوژیکی اساسی که مواد اولیه در گیاه انجام می‌دهند را بر عهده ندارند، اما این ترکیبات نقش اساسی در سازگاری گیاهان به محیط اطراف دارند [۱]. برخی از این مواد ثانویه مانند فنل و فلاونوئید تام مشتق از گیاهـان دارای پتانسـیل قوی برای پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد می‌باشند که در تمام قسمت‌های مختلف گیاهی نظیر برگ، میـوه، دانـه، ریشـه و پوسـت وجـود دارنـد [۳۲]. گیـاه دارویـی سـرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) گیاهی علفی و چندساله متعلـق به تیره کاسنی[1] می‌باشد و منشـأ آن شـمال آمریکـا گـزارش شده است [۳]. این گیاه قرن‌ها است که به‌طـور سـنتی بـرای درمان سـرماخوردگی، سـرفه، برونشـیت، عفونـت دسـتگاه تنفسی فوقانی و بعضـی التهابـات بـه کـار مـی‌رود. امـروزه اِکیناسه برای عفونت‌های باکتریـایی، ویروسـی، پرتـوزایی و قارچی به‌کار می‌رود [۶]. همچنین پمادهای تهیه شـده از آن می‌توانند سرعت بهبود زخـم‌هـایی را کـه بـه کنـدی تـرمیم می‌یابند، افزایش دهند [۸]. تمام پیکر این گیاه اعم از ریشه و اندام رویشی حاوی مواد مؤثره ارزشـمندی اسـت. بیشـترین خاصیت دارویی این گیاه مربوط به فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، اینولین‌ها، اسید شیکوریک و آلکیل آمیدها است [۱۷].

در سال‌های اخیر اطمینان از تولید پایدار فـرآورده‌هـای غذایی سالم همـراه بـا حفـظ محـیط زیسـت و توجـه بـه مناسبات اجتماعی و اقتصـادی موضـوع قابـل تـوجهی در علوم مختلف مانند کشاورزی، اکولـوژی و محـیط زیسـت بوده و مـورد توجـه روزافـزون کشـاورزان، پژوهشـگران، دولتمردان و سیاستگذاران قـرار گرفتـه اسـت [۳۸]. نتـایج تحقیقات بیانگر این امـر اسـت کـه اسـتفاده بـیش از حـد کودهای شیمیایی، عملکرد گیاهان زراعـی را کـاهش مـی‌دهد. این کاهش به دلایـل مختلفـی اعـم از اسـیدی شـدن خـاک، کـاهش فعالیـت‌هـای بیولـوژیکی خـاک، اُفـت خصوصیات فیزیکی خاک و عدم وجـود ریزمغـذی‌هـا در کودهای NPK می‌باشد [۱۰ و ۱۳]. در بسیاری از موارد نیز کاربرد کودهای شیمیایی موجب آلودگی محیط و صـدمات اکولوژیکی می‌گردد که خود باعـث افـزایش هزینـه تولیـد می‌شود [۲۴]. بنابراین، استفاده از نهاده‌هایی کـه عـلاوه بـر تأمین نیازهای غذایی گیاه، جنبه‌های اکولوژیکی سیسـتم را بهبود بخشند و مخاطرات محیطی را کاهش دهند، ضروری به نظر می‌رسد [۷ و ۳۷].

مواد آلی به علت اثـرات مفیـدی کـه بـر خصوصـیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و حاصلخیزی خـاک دارنـد، یکی از ارکـان مهـم بـاروری خـاک محسـوب مـی‌شـوند. کودهای آلی باعث افزایش ماده آلی خاک مـی‌شـوند و بـه سبب بهبود خصوصیات شیمیایی خاک نظیـر pH، ظرفیـت تبادل کاتیونی و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و میـزان دسترسی به مواد غذایی، باعث افزایش باروری خاک مـی‌گردند [۴۳]. همچنین، زراعت گیاهان دارویی بـا کودهـای آلی و بیولوژیک، کیفیت دارویی آنها را افزایش می‌دهد، لذا بسـیاری از شـرکت‌هـای تولیدکننـده داروهـای گیـاهی، ترکیبات گیاهی را که از طریق کشـت آلـی یـا بیودینامیـک تولید شده باشند، ترجیح می‌دهند [۲۵]. امروزه در زراعـت ارگانیک علاوه بر کمیت تولید، به کیفیت، ثبات و پایـداری در تولید نیز توجه خاص می‌شود. با ایـن حـال بـه یکبـاره نمی‌توان کودهای شیمیایی را از سیستم‌های زراعی حـذف نمود، زیرا لازمه پایداری در کشاورزی، اطمینـان از درآمـد کافی و امنیت غذایی است و در ایـن رابطـه، کـاربرد تـوأم کودهای شیمیایی و آلی، نه تنها کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد، بلکه سبب ذخیره انـرژی، کـاهش آلـودگی محیط، بهبود شرایط فیزیکی خـاک و قابلیـت جـذب آنهـا توسط گیاه می‌شود [۲ و ۳۳].

یکی از عمده‌ترین منابع تأمین‌کننـده مـواد آلـی خـاک، کود دامی است که امروزه با توجـه بـه کشـاورزی پایـدار،

1. Asteraceae

استفاده از آنها تا حد زیادی مورد توجه قرار گرفته است [۱۸]. کودهای دامی در مقایسه با کودهای شیمیایی دارای مقادیر زیادی عناصر غذایی هستند که می‌توانند این عناصر را به مرور زمان در اختیار گیاه قرار دهند [۱۹]. در پژوهشی که بر روی گیاه دارویی سرخارگل صورت گرفت، بیشترین عملکرد وزن تر و خشک گل و اندام هوایی در گیاه دارویی سرخارگل از تیمار ۲۰ درصد وزنی خاک کود دامی + ۱۰ درصد پرلیت حاصل شده است [۵]. نتایج بررسی‌ها در مورد تأثیر مواد آلی بر رشد و عملکرد گیاه دارویی سرخارگل در روسیه نشان داده است که خاک‌هایی با مواد آلی بالا، بیشترین مقدار عملکرد را تولید کرده‌اند [۲۹]. در پژوهشی با بررسی مقادیر مختلف کود دامی، کودهای شیمیایی و به‌کارگیری توأم آنها در گیاه رازیانه مشخص شد که کاربرد کود دامی موجب افزایش ۷۸ درصد محصول رازیانه گردید [۱۱]. همچنین عملکرد دانه گشنیز در تیمار تلفیق کودهای شیمیایی (NPK) با کود دامی، بیشتر از کاربرد جداگانه هر یک از آنها بود. دلیل این امر را می‌توان به نقش کود دامی در بهبود خواص فیزیکی خاک و افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه نسبت داد [۳۰].

به دلیل اهمیت گیاهان دارویی در تأمین سلامت جامعه، تحقیق در ارتباط با کشت ارگانیک، به منظور تولید محصول پاک با عملکرد مطلوب، اهمیت زیادی یافته است. بدین‌منظور ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه گیاه ضروری است [۲۸]. با توجه به گرایش جهانی در جهت تولید و تکثیر گیاهان دارویی در سیستم‌های کشاورزی پایدار و همچنین کمبود مطالعات در رابطه با به‌زراعی سرخارگل و واکنش این گیاه نسبت به منابع مختلف کودی، هدف از انجام پژوهش حاضر، ادغام کود دامی با کود شیمیایی به عنوان جزء مهمی از کشاورزی پایدار و تأثیر آنها بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی سرخارگل می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. آزمایش به صورت گلدانی و در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار کودی مختلف و سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل: $T_1$: تیمار شاهد (بدون مصرف کودهای شیمیایی و دامی)، $T_2$: کود شیمیایی (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن، ۱۲۰ کیلوگرم انیدرید فسفریک و ۲۵۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم در هکتار به ترتیب از منابع اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم)، $T_3$: ۳۰ تن کود دامی در هکتار، $T_4$: ۱۵ تن کود دامی + ۲۵ درصد تیمار کود شیمیایی در هکتار، $T_5$: ۱۵ تن کود دامی + ۵۰ درصد تیمار کود شیمیایی در هکتار، $T_6$: ۱۵ تن کود دامی + ۷۵ درصد تیمار کود شیمیایی در هکتار بود. برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و کود دامی مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

**جدول ۱ . برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و خصوصیات شیمیایی کود دامی مورد استفاده در آزمایش**

| بستر | بافت | اسیدیته (pH) | هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$) | ماده آلی (٪) | نیتروژن (٪) | فسفر قابل جذب (mg/kg) | پتاسیم قابل جذب (mg/kg) | آهن قابل جذب (mg/kg) | روی قابل جذب (mg/kg) | مس قابل جذب (mg/kg) | منگنز قابل جذب (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاک | لومی – رسی | ۷/۸۳ | ۱/۷۵ | ۲/۱۶ | ۰/۱۲ | ۳۴/۲۷ | ۱۸۰ | ۱۴/۵ | ۰/۶۴ | ۲/۰۲ | ۴/۶ |
| کود دامی | – | ۷/۸۴ | ۹/۶۸* | ۳۰/۴۰ | ۱/۷۶ | ۱۰۱۲ | ۲۴۸۶ | ۳۳۶۸ | ۸۸/۶۵ | ۲۱/۶۶ | ۳۳/۷۸ |

* – عصاره ۱:۵

تیمارهای کودی (تمامی کودهای دامی، سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم و یک سوم اوره) پیش از انتقال نشاها به گلدان‌های اصلی اعمال شدند. اما دو سوم باقیمانده کود اوره به صورت سرک در دو مرحله (مرحله پنجه‌زنی و مرحله آغاز گلدهی) به گلدان‌ها اضافه گردید. به دلیل کند بودن رشد اولیه سرخارگل، بذور این گیاه در دی‌ماه در خزانه کشت و در اردیبهشت ۱۳۹۱ به گلدان‌های اصلی منتقل شدند، به‌طوری‌که در هر گلدان یک بوته کشت شد و زمانی‌که ۶۰ درصد آب قابل استفاده در خاک گلدان موجود بود، آبیاری صورت پذیرفت. برخی از صفات مانند غلظت کلروفیل a و b، آنتوسیانین و فلاونوئید برگ، آنتوسیانین و فلاونوئید ریشه، فنل کل گل و درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی در مرحله تمام گل اندازه‌گیری شدند.

## سنجش غلظت کلروفیل a و b

برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل a و b از معادلات زیر و براساس روش استخراج با استن ۸۰ درصد و اندازه‌گیری طیف نور جذبی محلول حاصل با دستگاه اسپکتروفتومتر[1] در دو طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر استفاده شد [۱۶]:

رابطه ۱

$$\text{کلروفیل a} = (19/3A_{663} - 0/86\ A_{645})\ V/100W$$

رابطه ۲

$$\text{کلروفیل b} = (19/3A_{645} - 3/6\ A_{663})\ V/100W$$

در این رابطه‌ها، A جذب طول موج ویژه، V حجم نهایی کلروفیل و W وزن تر بافت استخراج شده می‌باشد.

سنجش میزان فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها: یک گرم بافت تر برگ در ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (شامل الکل متیلیک ۹۹/۵ درصد و هیدروکلریک اسید خالص به نسبت ۹۹ به ۱) همگن و سانتریفوژ شد. عصاره رویی پس از جداسازی، ۱۰ بار رقیق گشت و سپس در طول موج‌های ۳۰۰ و ۵۳۰ نانومتر به ترتیب برای فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد و نتیجه به صورت میزان جذب در گرم وزن تر بیان شد [۴۰].

## سنجش میزان فنل کل

میزان فنل کل با روش Folin-Ciocalteu و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد [۳۴]. ابتدا ۰/۱ گرم اسیدگالیک با متانول به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس، محلول ۱۰ درصد فولین (پنج میلی‌لیتر فولین با آب‌مقطر به حجم ۵۰ رسانده شد) و ۷/۵ درصد کربنات سدیم (۷/۵ گرم کربنات سدیم در ۱۰۰ سی‌سی آب) تهیه شد. در ادامه عصاره‌های تهیه شده ۱۰ بار رقیق شدند، سپس به ۱۲۵ میکرولیتر از هر یک از این نمونه‌ها ۳۷۵ میکرولیتر آب، ۲/۵ میلی‌لیتر فولین ۱۰ درصد اضافه شد و بعد از شش دقیقه، دو میلی‌لیتر کربنات‌سدیم ۷/۵ درصد نیز به آنها اضافه گردید. محلول حاصل به مدت ۱/۵ ساعت در تاریکی و در دمای اتاق نگهداری شد و بعد از آن، میزان جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای به‌دست آوردن منحنی استاندارد از اسیدگالیک استفاده شد. بدین‌ترتیب که حجم‌های ۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرولیتر از محلول آماده شده اسیدگالیک در داخل لوله‌های فالکون کوچک ریخته شد و به هر کدام مقدار یک سی‌سی آب اضافه گردید. سپس به ۱۲۵ میکرولیتر از آنها نیز مانند نمونه‌های گیاه ۳۷۵ میکرولیتر آب، ۲/۵ میلی‌لیتر فولین ۱۰ درصد و دو میلی‌لیتر کربنات‌سدیم ۷/۵ درصد اضافه شد و بعد از ۱/۵ ساعت تاریکی میزان جذب آنها نیز در طول‌موج ۷۶۰ نانومتر قرائت و سپس منحنی استاندارد رسم گردید. پیش از قرائت میزان جذب استاندارد اسید گالیک و نمونه‌ها، نمونه شاهد (صفر) که شامل ۱۲۵ میکرولیتر حلال استخراج، ۳۷۵ میکرولیتر آب، ۲/۵ میلی‌لیتر فولین ۱۰ درصد و دو میلی‌لیتر کربنات سدیم بود

1. 6405.UV/Vis-Jenway-england

تهیه شد و دستگاه با آن کالیبره شد (میزان جذب آن روی صفر تنظیم شد). حجم آزمون برای نمونه‌ها، استاندارد و شاهد (صفر) سه میلی‌لیتر بود. این آزمایش برای نمونه‌های گیاه به‌طور جداگانه در سه تکرار انجام شد. میزان فنل کل از روی میزان جذب نمونه و استاندارد برحسب میکروگرم اسیدگالیک در یک گرم بافت خشک بیان شد. درصد رقیق کردن نیز در محاسبات منظور گردید.

### سنجش درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی

پس از تهیه عصاره گیاهی، برای قرائت نمونه پیش از قرار دادن در اسپکتروفتومتر دو میلی‌لیتر عصاره به دو میلی‌لیتر محلول ۲و۲-دیفنیل ۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) ۰/۱ میلی‌مولار (چهار میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول خالص) اضافه شد. مخلوط حاصل پس از افزودن DPPH ورتکس شده و در دمای اتاق در تاریکی نگهداری گردید [۲۲].

رادیکال DPPH چربی‌دوست است که حداکثر جذب آن در طول موج ۵۱۷ نانومتر می‌باشد. در این آزمون، رادیکال‌های DPPH با آنتی‌اکسیدان‌های موجود در بافت واکنش داده و مقدار آن کاهش می‌یابد، درنتیجه جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر کاهش می‌یابد. کاهش مولکول‌های DPPH با تعداد گروه‌های هیدروکسیل در دسترس تقریباً معادل است. گروه‌های هیدروکسیل با دادن هیدروژن به رادیکال‌های DPPH، آنها را از رنگ بنفش تیره به زرد روشن تبدیل می‌کنند. جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر بیانگر مقدار DPPH باقیمانده است [۱۷ و ۳۰]. فعالیت خنثی‌کنندگی رادیکال DPPH توسط عصاره که معیاری از میزان فعالیت آنتی‌رادیکالی عصاره است، مطابق رابطه زیر محاسبه گردید:

رابطه۳)

$$RSA\% = \frac{OD(control) - OD(sample)}{OD(control)} \times 100$$

در این رابطه، OD (control) جذب کنترل، OD (sample) جذب نمونه و RSA[1] فعالیت حذف‌کنندگی رادیکال آزاد می‌باشد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد و میانگین داده‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

## نتایج و بحث

### تجزیه واریانس اثر تیمارها روی صفات اندازه‌گیری شده

براساس جدول تجزیه واریانس، غلظت کلروفیل a و b برگ در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری را نشان داد، همچنین عملکرد آنتوسیانین برگ و ریشه، فلاونوئید برگ و ریشه، فنل کل گل و درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد در تیمارهای مختلف کودی نشان دادند (جدول ۲).

**اثر تیمارها روی غلظت کلروفیل a و b**: غلظت کلروفیل برگ‌ها شاخص مستقیم سلامتی گیاه و وضعیت رشد آن و شاخصی از فعالیت فتوسنتزی برگ می‌باشد. بیشترین میزان کلروفیل a و b در تیمار کود شیمیایی مشاهده شد که با تیمارهای ۱۵ تن کود دامی + ۲۵ درصد تیمار کود شیمیایی و ۱۵ تن کود دامی + ۷۵ درصد تیمار کود شیمیایی در هکتار از نظر آماری در یک سطح قرار داشت (جدول ۳).

1. Radical Scavenging Activity

جدول ۲ . تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای مختلف کودی بر برخی صفات فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی سرخارگل

| منابع تغییرات | درجه آزادی | کلروفیل a | کلروفیل b | عملکرد آنتوسیانین برگ | عملکرد آنتوسیانین ریشه | عملکرد فلاونوئید برگ | عملکرد فلاونوئید ریشه | عملکرد فنل کل گل | فعالیت آنتی‌اکسیدانی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تیمار کودی | ۵ | ۱۴/۱۲* | ۰/۴۳* | ۱۸۵۲۰/۹۰** | ۵۸۷/۰۱** | ۸۸۴۸۹/۷۹** | ۱۷۷۸۵/۲۹** | ۱۰۶۳۲۳۷/۳۴** | ۳۲۷/۶۹** |
| خطای آزمایش | ۱۲ | ۳/۶۱ | ۰/۱۴ | ۳۸۳/۷۳ | ۲۱/۱۳ | ۳۷۰۲/۷۶ | ۱۵۰۸/۲۹ | ۱۳۹۷۴/۷۲ | ۳۹/۵۳ |
| ضریب تغییرات (٪) | – | ۲۰/۱۴ | ۱۷/۷۵ | ۹/۲۷ | ۱۱/۵۱ | ۱۳/۹۵ | ۱۱/۴۳ | ۱۱/۶۱ | ۱۳/۲۴ |

* و ** - به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳: مقایسه میانگین برخی صفات فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی سرخارگل تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

| تیمار | کلروفیل a (mg.g-1 F.W) | کلروفیل b (mg.g-1 F.W) | عملکرد آنتوسیانین برگ (mg.g-1 per plant) | عملکرد آنتوسیانین ریشه (mg.g-1 per plant) | عملکرد فلاونوئید برگ (mg.g-1 per plant) | عملکرد فلاونوئید ریشه (mg.g-1 per plant) | عملکرد فنل کل گل (µg galic acid per plant) | فعالیت آنتی اکسیدانی (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Control | ۶/۳۶$^{c}$ | ۱/۷۸$^{ab}$ | ۸۱/۴۵$^{c}$ | ۲۷/۷۶$^{b}$ | ۲۳۱/۴۸$^{d}$ | ۲۳۷/۶۸$^{e}$ | ۶۹۰/۶۱$^{cd}$ | ۵۵/۴۱$^{ab}$ |
| CF | ۱۱/۳۳$^{a}$ | ۲/۴۱$^{a}$ | ۲۱۰/۱۲$^{b}$ | ۳۴/۱۱$^{b}$ | ۵۰۸/۶۱$^{b}$ | ۲۸۶/۹۲$^{de}$ | ۸۲۹/۷۴$^{bc}$ | ۳۳/۵۰$^{d}$ |
| $CM_{30}$ | ۹/۷۴$^{ab}$ | ۲/۲۱$^{a}$ | ۳۲۶/۴۹$^{a}$ | ۵۷/۸۷$^{a}$ | ۷۳۵/۷۸$^{a}$ | ۴۴۹/۱۵$^{a}$ | ۲۲۰۴/۳۶$^{a}$ | ۵۲/۱۷$^{ab}$ |
| $CM_{15}$+25%CF | ۱۰/۶۹$^{a}$ | ۲/۳۱$^{a}$ | ۲۳۷/۳۱$^{b}$ | ۲۸/۰۴$^{b}$ | ۴۰۷/۷۷$^{bc}$ | ۳۶۳/۹۷$^{bc}$ | ۸۳۴/۲۷$^{bc}$ | ۶۰/۵۷$^{a}$ |
| $CM_{15}$+50%CF | ۶/۸۳$^{bc}$ | ۱/۴۶$^{b}$ | ۲۰۸/۹۷$^{b}$ | ۳۴/۳۵$^{b}$ | ۳۷۳/۲۶$^{c}$ | ۳۰۷/۷۱$^{cd}$ | ۵۸۸/۳۸$^{d}$ | ۳۸/۰۰$^{cd}$ |
| $CM_{15}$+75%CF | ۱۰/۹۰$^{a}$ | ۲/۳۳$^{a}$ | ۲۰۳/۹۵$^{b}$ | ۵۷/۳۱$^{a}$ | ۳۵۹/۹۸$^{c}$ | ۳۹۳/۱۳$^{ab}$ | ۹۵۷/۴۸$^{b}$ | ۴۵/۳۶$^{bc}$ |

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. CF: کود شیمیایی، CM: کود دامی

در پژوهشی، بیشترین میزان سبزینگی برگ در سرخارگل با کاربرد شش تن کود آلی ورمی‌کمپوست در هکتار به‌دست آمد [۹]. همچنین در مطالعه‌ای بر روی گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) مشخص شد که در بین سه نوع کود مصرفی (کود شیمیایی، کود دامی و کمپوست زباله شهری)، کود شیمیایی از بیشترین کارایی نسبت به دو نوع کود دیگر در افزایش میزان کلروفیل a و کلروفیل b برخوردار بود [۴]. احتمالاً به این دلیل که عمده این ترکیبات دارای ساختار نیتروژنی هستند، از این‌رو استفاده از نیتروژن می‌تواند تا حد زیادی سبب افزایش مقدار کلروفیل برگ در گیاه شود [۳۱]. همچنین با افزایش میزان مصرف کودهای شیمیایی و آلی، جذب ازت توسط ریشه‌ها بیشتر شده و لذا منجر به افزایش رشد رویشی و تولید برگ‌های بیشتر می‌گردد. درنتیجه، افزایش تعداد برگ‌ها به منزله افزایش سطح جذب نوری و سطح فتوسنتز گیاه است [۱۲]. اما در آزمایشی دیگر که به منظور بررسی تأثیر کود آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر شاخص‌های کلروفیل گیاه اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) صورت گرفت، بیشترین میزان کلروفیل a و کلروفیل b به ترتیب مربوط به تیمارهای کود دامی و ورمی‌کمپوست بود [۴۲].

## اثر تیمارها روی میزان آنتوسیانین برگ و ریشه

حداکثر عملکرد آنتوسیانین برگ (۳۲۶/۴۹ میلی‌گرم در بوته) از تیمار ۳۰ تن کود دامی در هکتار به‌دست آمد که نسبت به تیمار کود شیمیایی ۵۵ درصد افزایش یافت. بیشترین میزان عملکرد آنتوسیانین ریشه نیز مربوط به تیمار ۳۰ تن کود دامی در هکتار (دو برابر تیمار شاهد) می‌باشد که با تیمار ۱۵ تن کود دامی + ۷۵ درصد تیمار کود شیمیایی در هکتار از لحاظ آماری در یک سطح قرار دارد (جدول ۳).

در بررسی تأثیر کمپوست، آمینواسید و هیومیک اسید بر رشد، عملکرد و پارامترهای شیمیایی توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa*)، بیشترین مقدار آنتوسیانین کل از تیمار هشت تن کود آلی کمپوست در هکتار حاصل شده است، به‌طوری‌که استفاده از کمپوست به تنهایی یا در ترکیب با هیومیک اسید یا آمینواسید، به‌طور معنی‌داری میزان آنتوسیانین موجود در میوه توت‌فرنگی را افزایش می‌دهد [۴۴]. آنتوسیانین‌ها ترکیبات گلیکوزیدی هستند که وجود قند برای تشکیل آنها ضروری است. استفاده از کودهای دامی سبب بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، افزایش جذب عناصر توسط ریشه‌ها، تولید پیکر رویشی بیشتر و سطح فتوسنتزی بالاتر، تولید کربوهیدرات بیشتر و درنهایت سبب افزایش تولید آنتوسیانین می‌گردد [۲۶]. در پژوهشی که بر روی کشت سوسپانسون انگور صورت گرفت، مشخص شد که افزایش فعالیت آنزیم دی-هیدروفلاونول ریدوکتاز یا دی‌هیدروکامفرول ۴-ریدوکتاز (دی-اف-آر) سبب افزایش میزان آنتوسیانین گردید. باتوجه به این گزارش به نظر می‌رسد که افزایش کودهای آلی با اثر بر افزایش آنزیم دی-اف-آر، سبب افزایش میزان آنتوسیانین می‌شود [۲۰].

## اثر تیمارها روی میزان فلاونوئید برگ و ریشه

عملکرد فلاونوئید برگ (۷۳۵/۷۸ میلی‌گرم در بوته) و فلاونوئید ریشه (۴۴۹/۱۵ میلی‌گرم در بوته) در تیمار ۳۰ تن کود دامی در هکتار دارای بیشترین مقدار بود که به ترتیب نسبت به تیمار شاهد به ۳/۱۷ و ۱/۸۸ برابر افزایش یافت (جدول ۳).

## اثر تیمارها روی فنل کل گل

حداکثر عملکرد فنل کل گل (۲۲۰۴/۳۶ میکروگرم اسیدگالیک در بوته) با کاربرد ۳۰ تن کود دامی در هکتار به‌دست آمد که به ترتیب نسبت به تیمارهای شاهد و کود شیمیایی به ۳/۱۹ و ۲/۶۵ برابر افزایش یافت (جدول ۳).

بیشترین میزان فنل کل فلفل (*Capsicum annum* L.) در گیاهان تیمار شده با ۱۰ تن کمپوست در هکتار به‌دست آمد، درحالی‌که کمترین مقدار در تیمار شاهد ثبت شد [۱۵]. استفاده از کود شیمیایی سبب افزایش در میزان فنل کل در گیاه مرزه گردید [۱۴]. از آنجا که براساس دو فرضیه تعادل کربن به مواد معدنی و فرضیه تمایز رشد، رابطه دوطرفه بین متابولیسم اولیه و ثانویه اثبات شده است [۳۵]، لذا افزایش عناصر غذایی در خاک تیمار شده با کودهای دامی، منجر به افزایش میزان فتوسنتز خالص در گیاه و درنتیجه افزایش فعالیت آنزیم‌های درگیر با بیوسنتز نشاسته و پروتئین در سنتز ترکیبات ثانویه می‌گردد [۲۳ و ۳۶]. از طرف دیگر، افزایش ترکیبات فنلی با افزایش میزان کربوهیدرات‌ها در گیاه ارتباط مستقیم دارد. از آنجا که هیدرات‌های کربن اسکلت موردنیاز برای ساخت ترکیبات فنلی شناخته شده‌اند، لذا افزایش در مقدار آنها به عنوان افزایش سوبسترا برای ترکیبات فنلی می‌باشد که این امر ممکن است به اختصاص یافتن بیشتر کربن به مسیر شیک میک اسید مربوط باشد [۳۹].

## اثر تیمارها روی میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی

بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی (قدرت حذف‌کنندگی رادیکال آزاد) در تیمار ۱۵ تن کود دامی + ۲۵ درصد کود شیمیایی در هکتار مشاهده شد و کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به تیمار کود شیمیایی بوده است (جدول ۳).

پژوهشی که بر روی گیاه زنجبیل (*Zingiber officinale* Roscoe) صورت گرفت، مؤید این امر بود که تحت شرایط بهبود خصوصیات خاک و درنتیجه افزایش فتوسنتز، محتوای فلاونوئید و فنل در این گیاه افزایش یافت. که این امر نیز با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه همراه بود. می‌توان اظهار داشت که ارتباط مثبت بین محتوای فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد [۲۳]. در پژوهشی بر روی گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) مشخص شد که میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سطوح مختلف کود کامل، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، ولی این مشخصه در همه تیمارهای کودی افزایش یافت. همچنین مشخص شد که ارتباط مثبتی بین میزان فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در این گیاه وجود دارد. [۱۴ و ۲۷]. میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه فلفل (فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، فلاونوئید کل و بتاکاروتن) تحت تأثیر تیمارهای کمپوست افزایش یافت [۱۵]. به نظر می‌رسد که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه با افزایش میزان فنل کل و فلاونوئیدها، در جریان استفاده از کودهای آلی افزایش می‌یابد.

## نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که غلظت کلروفیل‌های a و b برگ در تیمار کود شیمیایی بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد که با تیمارهای تلفیقی در یک سطح آماری قرار داشت. همچنین حداکثر عملکرد آنتوسیانین و فلاونوئید برگ و ریشه و فنل کل گل مربوط به تیمار ۳۰ تن کود دامی در هکتار بود. بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز با کاربرد ۱۵ تن کود دامی به همراه ۲۵ درصد تیمار کود شیمیایی در هکتار حاصل شد. بنابراین با کاربرد کود دامی به تنهایی و یا در تلفیق با کود شیمیایی می‌توان بسیاری از خصوصیات فیزیولوژی و فیتوشیمیایی را در گیاه دارویی سرخارگل بهبود بخشید. لذا جایگزین نمودن بخشی از کود شیمیایی با کود دامی در راستای کشت و اهلی نمودن گیاه دارویی سرخارگل علاوه بر ارتقاء صفات کمی و کیفی آن، موجب کاهش مصرف کود شیمیایی به عنوان یکی از نهاده‌های پرهزینه و همچنین استفاده بهینه از کود دامی در راستای اهداف کشاورزی پایدار به عنوان یکی از منابع کودی در دسترس خواهد شد.

## منابع


۱. احسان‌پور ع و امینی ف (۱۳۸۲) کشت سلول و بافت گیاهی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۸۲ ص.

۲. اکبری نیا ا، قلاوند ا و شریفی ا (۱۳۸۳) تأثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر خواص خاک، جذب و غلظت عناصر توسط گیاه دارویی زنیان و عملکرد آن. پژوهش و سازندگی. ۶۲: ۱۱-۱۹.

۳. امیدبیگی ر (۱۳۸۱) بررسی کشت و سازگاری سرخارگل (Echinacea pupurea) در شمال تهران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۶(۲): ۲۴۰-۲۳۱.

۴. آرزمجو ا، حیدری م و قنبری ا (۱۳۸۸) بررسی تنش خشکی و سه نوع کود بر عملکرد گل، پارامترهای فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در گیاه دارویی بابونه (Matricaria chamomilla L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۵(۴): ۴۹۴-۴۸۲.

۵. بناگر ف و گلچین ا (۱۳۸۶) بررسی تأثیر منبع و مقدار کود آلی با و بدون پرلیت بر رشد و نمو گیاه دارویی اکیناسه در محیط کشت گلدانی. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران. صص. ۷۷۴-۷۷۳.

۶. تقی‌زاده م، جاروندی ص و یاسا ن (۱۳۸۱) مروری بر گیاه اکیناسه. فصلنامه گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی. ۴: ۲۵-۱۳.

۷. تهامی زرندی م ک، رضوانی‌مقدم پ و جهان م (۱۳۸۹) مقایسه تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی ریحان (Ocimum basilicum). بوم‌شناسی کشاورزی. ۲(۱): ۸۲-۷۰.

۸. خدمت ح (۱۳۷۹) راهنمای بیماری‌های شایع گیاه درمانی، هومیوپاتی، رژیم‌های غذایی و مکمل‌ها. انتشارات تیمورزاده. ۲۴۴ ص.

۹. رضوی‌نیا س م، آقاعلیخانی م و نقدی‌بادی ح ع (۱۳۹۱) بررسی تأثیر کودهای آلی، شیمیایی و تلفیقی بر صفات عملکرد کمی گیاه دارویی سرخارگل (Echinacea purpurea L.). همایش ملی فرآورده‌های طبیعی و گیاهان دارویی. صص ۲۴۵.

۱۰. سیلسپور م (۱۳۸۰) امکان سنجی استفاده از کمپوست حاصل از زباله شهری در زراعت گندم و جایگزینی آن با کودهای شیمیایی. مجموعه مقالات همایش بهره‌برداری از منابع تجدیدشونده و بازیافت در کشاورزی. صص. ۶۶-۵۴.

۱۱. شریفی عاشورآبادی ا (۱۳۷۸) بررسی تأثیر حاصلخیزی خاک در اکوسیستم‌های زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. تهران. رساله دکتری.

۱۲. صدقی‌مقدم م و میرزایی م (۱۳۸۷) بررسی اثر کمپوست زباله شهری روی برخی خصوصیات کمی و کیفی کدو حلوایی (Cucurbita moschata Duch.). مجموعه مقالات سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی، اصفهان.

13. Adediran JA, Taiwo LB, Akande MO, Sobulo RA and Idowu OJ (2004) Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition. 27(7): 1163-1181.

14. Alizadeh A, Khoshkhui M, Javidnia K, Firuzi OR, Tafazoli E and Khalighi A (2010) Effects of fertilizer on yield, essential oil composition, total phenolic content and antioxidant activity in Satureja hortensis L. (Lamiaceae) cultivated in Iran. Journal of Medicinal Plants Research. 4(1): 33-40.

15. Aminifard MH, Aroiee H, Azizi M, Nemati H and Jaafar Hawa ZE (2012) The influence of compost on antioxidant activities and quality of hot pepper (Capsicum annum L.). 1st National Congress on Medicinal Plants. Kish Island. Iran. Pp: 50.

16. Arnon AN (1967) Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23: 112-121.

17. Bauer R and Wagner H (1991) Echinacea species as potential immunostimulatory drugs. Economic and Medicinal Plants Research. 5: 253-321.

18. Brussard L and Ferrera Cenato R (1997) Soil ecology in sustainable agricultural systems. Lewis puplishers, New York, 168 p.

19. Chaudhry MA, Rehman A, Naeem MA and Mushtaq N (1999) Effect of organic and inorganic fertilizers on nutrient contents and some properties of eroded loess soils. Pakistan Journal of Soil Science. 16: 63-68.

20. Dedaldechamp F, Uhel C and Macheix JJ (1995) Enhancement of anthocyanin synthesis and dihydroflavonol reductase (DFR) activity in response to phosphate deprivation in grape cell suspensions. Phytochemistry. 40(5): 1357-1360.

21. Demirci B, Kosar M and Demirci F (2007) Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil of Chaerophyllum libanoticum Boiss. Kotschy. Food Chemistry. 105(4): 151-157.

22. Ebrahimzadeh MA, Pourmorad F and Hafezi S (2008) Antioxidant activities of Iranian corn silk. Turkish Journal of Biology. 32(1): 43-49.

23. Ghasemzadeh A and Jaafar HZ (2011) Effect of CO2 Enrichment on Synthesis of Some Primary and Secondary Metabolites in Ginger (Zingiber officinale Roscoe). International Journal of Molecular Sciences. 12(2): 1101-1114.

24. Ghosh BC and Bhat R (1998) Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. Environmental Pollution. 102(1): 123-126.

25. Griffe P, Metha S and Shankar D (2003) Organic production of medicinal, aromatic and dye-yielding plants (MADPs): Forward, Preface and Introduction, FAO, Rome, Italy.

26. Hapkins WG (1999) Introductin to plant physiology. Vol 1 and 2, John wiley and Sons, New York.

27. Javanmardi J, Stushnoff C, Locke E and Vivanco JM (2003) Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian Ocimum accessions. Food Chemistry. 83(4): 547-550.

28. Jeliazkova EA, Zheljazkov VD, Craker LE, Yankov B and Georgieva T (1999) NPK fertilizer and yield of peppermint (Mentha piperita). Acta Horticulture. 502: 231-236.

29. Larid SA (1999) The botanical medicine industry. In the commercial use of biodiversity: access to genetic resources and benefit sharing, Earthscan, London.

30. Mallanagouda B (1995) Effect of N.P.K and FYM on growth parameters of onion, garlic and coriander. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science. 4: 916-918.

31. Marschner H (1995) Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition. Academic Press, Ltd., London, 862 p.

32. Mathew S and Abraham TE (2006) In vitro antioxidant activity and scavenging effects of Cinnamomum verum leaf extract assayed by different methodologies. Food Chemistry Toxicology. 44(2): 198-206.

33. Matos GD and Arrunda MAZ (2003) Vermicompost as natural adsorbent for removing metal ions from laboratory effluents. Process Biochemistry. 39(1): 81-88.

34. McDonald S, Prenzler PD, Antolovich M and Robards K (2001) Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. Food Chemistry. 73(1): 73-84.

35. McKey D (1979) The distribution of secondary compounds within plants. In: Rosenthal GA, Janzen DH, editors. Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites. Academic Press, New York. Pp. 55-133.

36. Muller V, Lankes C, Zimmermann BF, Noga G and Hunsche M (2013) Centelloside accumulation in leaves of Centella asiatica is determined by resource partitioning between primary and secondary metabolism while influenced by supply levels of either nitrogen, phosphorus or potassium. Journal of Plant Physiology. 170(13): 1165-1175.

37. Murty MG and Ladha JK (1988) Influence of Azospirillum inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. Plant and Soil. 108(2): 281-285.

38. Neeson R (2004) Organic processing tomato production. Agfact H8.3.6, first edition, 162 p.

39. Nguyen PhM, Kwee EM and Niemeyer ED (2010) Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (Ocimum basilicum L.) leaves. Food Chemistry. 123(4): 1235-1241.

40. Nogues S and Baker NR (2000) Effects of drought on photosynthesis in mediterranean plants growth under enhanced UV-B radiation. Journal of Experimental Botany. 51(348): 1309-1317.

41. Paixao N, Perestleo R, Marques JC and Camara JS (2007) Relationship between antioxidant capacity and total phenolic content of red rose and white wines. Food Chemistry. 105(1): 204-214.

42. Raeisi ASh, Galavi M, Ramroodi M, Rahimi M and Farhadi R (2012) Effect of organic manure, biological and chemical fertilizers on chlorophyll indicators of herb Isabgol. 1st National Congress on Medicinal Plants. Kish Island. Iran. Pp: 186.

43. Renato Y, Ferreira ME, Cruz MC and Barbosa JC (2003) Organic matter fractions and soil fertility under influence of liming, vermicompost and cattle manure. Bioresource Technology. 60(3): 59-63.

44. Shehata SA, Gharib AA, Mohamed El-Mogy A, Abdel Gawad KF and Shalaby EA (2011) Influence of compost, amino and humic acids on the growth, yield and chemical parameters of strawberries. Journal of Medicinal Plants Research. 5(11): 2304-2308.