بررسی طیف جذبی صفات فیتوشیمیایی تحت تاثیر منابع متغیر کود در زعفران

زهرا رسولی*[1]، سعیده ملکی فراهانی[2]، حسین بشارتی[3]

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه شاهد؛ ۲ استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد
۳ رئیس موسسه تحقیقات خاک و آب

چکیده

هدف پژوهش پیش رو ارزیابی میزان تغییرات طیف جذبی صفات فیتوشیمیایی زعفران به عنوان تابعی از منابع کودی متنوع می باشد. کشت زعفران در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی انجام شد و آزمایشات مربوطه در آزمایشگاه های دانشگاه شاهد و موسسه خاک و آب کرج صورت گرفت. تیمارهای کودی با دو عامل اول مشتمل بر مقادیر مختلف کود شیمیایی NPK در ۳ سطح (۰، ۱۰۰ و ۵۰ درصد مقدار توصیهٔ کودی بر اساس آزمون خاک) و دوم شامل انواع مختلف کود زیستی در ۴ سطح (شاهد، ورمی کمپوست، کود زیستی حاوی باکتری های سودوموناس و باسیلوس، و تلفیق ورمی کمپوست و کود زیستی) اعمال شدند. در این تحقیق به منظور تخمین غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، آنتوسیانین ها، کارتنوئیدها، پیکروکروسین، سافرانال و کروسین به ترتیب از طول موج های ۶۶۳.۶، ۶۴۶.۶، ۶۵۰، ۴۷۰، ۲۵۷، ۳۳۰ و ۴۴۰ نانومتر استفاده شد. نتایج بدست آمده از این پژوهش که در نوع خود اولین تلاش پیرامون بررسی کیفیت جذب اندام های هوایی زعفران فارغ از اثر کمی تیمارهای بکار رفته است، نشان داد که کاربرد منابع مختلف کود نه تنها عملکرد کیفی را افزایش نمی دهد؛ بلکه از کیفیت عصاره به صورت معنی داری می کاهد. نیز تیمارهای منتخب جهت نیل به هر یک از پارامترهای هدف، با در نظر گرفتن مقایسات میانگین و همبستگی بین صفات پیشنهاد شدند.

کلمات کلیدی : طول موج، رنگدانه، کود شیمیایی، ورمی کمپوست، باکتری های سودوموناس و باسیلوس، زعفران

مقدمه

زعفران خوراکی (*Crocus sativus* L.) گیاهی چند ساله است که در فصل پاییز به گل می نشیند. این گیاه که در طب سنتی و نوین از جایگاه قابل توجهی برخوردار است (اسمال، ۱۹۴۲)، با داشتن طعم و رنگ مطبوع در میان مردم نیز کاملا شناخته شده است. در این میان، ایرانیان با عنایت به داشتن امتیاز شرایط کشت و واریته های مناسب زعفران، از هزاران سال پیش به زراعت آن مشغولند. لذا از نظر ارزآوری، جلوگیری از مهاجرت و اشتغال زایی جزء محصولات فوق استراتژیک محسوب می شود (شاه، ۲۰۰۸). از طرف دیگر، قیمت روزافزون و مراحل تولید و فراوری آسان این محصول کشاورزان را نیز ترغیب می کند (مسافری و همکاران، ۱۳۸۶). بطوریکه هم اکنون ۹۶٪ از زعفران ایران در خراسان جنوبی و مرکزی تولید شده و ۴۸۰۰۰۰

* مسئول نگارش مقاله به آدرس پست الکترونیک zahra_rasouli@ymail.com

کارگر را در ۲۲۰ روز کاری به خود مشغول می کند (دادخواه و همکاران، ۱۳۸۲).

زعفران در اکثر نقاط نیمه خشک و استپی جهان با تابستان های گرم و خشک کشت می شود (سریوستاوا، ۱۹۶۴)، بنابراین شرایط کم آبی را به خوبی تحمل می نماید و کشاورزان را کمتر با مشکلات کم آبی در فصول آبیاری دیگر محصولات مواجه می سازد. در طرف مقابل مشکلی که عملکرد اقتصادی زعفران را هدف قرار می دهد، کاربرد منابع و مقدار نامناسب کودهاست. بطور تجربی این امر بر کشاورزان اثبات شده است که کوددهی و رسیدگی به مزرعه زعفران در پاییز سال اول پس از کشت، در عین ضرورت، بر عملکرد سال های آتی تاثیر کمی خواهد داشت. در پی این امر، کشاورزان در شیوه سنتی رایج، بمنظور درشت شدن پیازها بخصوص در سال ۴ و ۵ (بری ابرقویی و همکاران، ۱۳۷۹) به وفور از کود اوره استفاده می کنند (جایاسکارا و همکاران، ۲۰۰۸؛ سیفی و همکاران، ۱۳۸٦)؛ این کود به میزان ۲۰۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به همراه کودهای فسفات، پتاس و دامی به ترتیب ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم و ۲۵-۱۵ تن در هکتار و کود مایع بصورت محلول پاشی اعمال می شود.

این در حالیست که از طرفی، مقدار مواد آلی در بیش از ٦۰٪ از خاک های زراعی ایران کمتر از ۱٪ و در بخش قابل توجهی از آن ها کمتر از ۰.۵٪ است (محمدپور و قاسم زاده، ۱۳۸۷) و این مسئله باعث بروز اثرات منفی در خواص فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک می گردد (صفرزاده شیرازی و یثربی، ۱۳۸٦)؛ که ما را ناتوان از حذف کودهای رایج می کند (ثابتی و همکاران، ۱۳۸٦). از طرف دیگر، نوسانات مکرر قیمت نفت، کاهش یارانه کود، خطرات جانی ناشی از افزایش مفرط میزان مواد شیمیایی در تولیدات کشاورزی و خطرات زیستی ترکیبات باقیمانده در پیکر گیاه، خاک و زه آب در دراز مدت سبب تلاش در جهت دستیابی به منابع جدید افزایش دهنده محصول گشته است (شارما، ۲۰۰۲ الف و ب؛ معصومی و همکاران، ۱۳۸۸). لذا آزمایش خاک مزرعه قبل و بعد از کشت و مدیریت منظم و هوشمندانه نهاده در طول فصل رشد، شرایط رشد و نمو زعفران را برای دستیابی به عملکرد مطلوب در ضمن حفظ حاصلخیزی خاک و سلامت محصول در راستای تحقق کشاورزی پایدار هدایت می نماید (گرستا و همکاران، ۲۰۰۹؛ صالح راستین، ۲۰۰۱).

از جمله جدیدترین این کودها، کودهای زیستی حاصل از فعالیت میکروارگانیسم هاست. گرچه میزان موفقیت این کودها همواره ابهام برانگیز بوده است، اکوسیستم زیر خاک بعنوان یک مجموعه تحت تاثیر میکروارگانیسم ها تعریف شده و پژوهشگران استفاده از آن ها را به دلیل عدم وجود اثرات مخرب زیست محیطی قابل توجیه می پندارند (برگ و همکاران، ۲۰۰۲). آنچه مسلم است، در کنار بررسی این منابع جدید، بهره گیری از منابع قدیمی موثر نیز لازم می باشد. لذا با توجه آنچه ذکر شد و عدم وجود طرح و یا پژوهشی متمرکز در ارتباط با تاثیرات متقابل موارد فوق، اثر کاربرد انواع کودهای آلی و معدنی در مقادیر مختلف بر روی طیف جذبی زعفران در پژوهش پیش رو مورد بررسی قرار می گیرد.

مواد و روش ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۴۷۰۷۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۸۲۶۰۰ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۰۶۲ متر از سطح دریا، به اجرا درآمد. میزان باران سالیانه به طور متوسط ۱۶۰ میلی‌متر بوده و بیشترین بارندگی با مقدار ۴۷.۹ میلی‌متر در اواسط ماه دی رخ داد. خشک ترین دوره اواخر مرداد ماه با حداقل ۱۰٪ و حداکثر ۳۸٪ رطوبت بود. حداکثر درجه حرارت در تابستان ۴۱،۴ درجه سانتی‌گراد بالای صفر و حداقل در زمستان به ۱۰ درجه سانتی‌گراد زیر صفر رسید. میانگین حداکثر دمای سالانه ۲۳.۷ و میانگین حداقل دمای سالانه ۱۰.۲۱ درجه با ۵۰ روز یخبندان بوده است. پیش از آماده سازی زمین زراعی، از ۵ نقطه به طور تصادفی و از عمق ۳۰ سانتی متری نمونه برداری از خاک به عمل آمد. آزمایشات نشان دادند که بافت خاک لومی- رسی و دارای واکنش گل اشباع اولیه ۷.۵ می باشد. سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک آزمایش شده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ - نتایج حاصل از آزمون تجزیه بافت خاک

واکنش گل اشباع	هدایت الکتریکی ($ds.m^{-1}$)	درصد اشباع (%)	مواد خنثی شونده (%)	ظرفیت زراعی (%)	کربن آلی (%)	ازت کل (%)
۷.۵	٦.۸۵	۴۰	۱۹.۳	۲۵،۴	۰.۷۳	۰.۰۷
فسفر قابل جذب (p.p.m.)	پتاسیم قابل جذب (p.p.m.)	مس قابل جذب (mg/kg)	روی قابل جذب (mg/kg)	منگنز قابل جذب (mg/kg)	آهن قابل جذب (mg/kg)	
۲۵	۵۰۷	۱.۳۸	۰.۹۸	۱۵.۹۲	۴.۵۲	

آزمایش به صورت فاکتوریل با دو عامل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار به اجرا در آمد. عامل اول مشتمل بر مقادیر مختلف کود شیمیایی NPK در ۳ سطح (۰، ۱۰۰ و ۵۰ درصد مقدار توصیهٔ کودی بر اساس آزمون خاک) و عامل دوم شامل انواع مختلف کود زیستی در ۴ سطح (شاهد، ورمی کمپوست، کود زیستی حاوی باکتری های سودوموناس و باسیلوس، و تلفیق ورمی کمپوست و کود زیستی) بود. لازم به توضیح است بنابر نظر کارشناسان، مقدار توصیهٔ کودی بر اساس آزمون خاک برای کود اوره، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۱۰۰، ۰ و ۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شدند.

بنابر یافته های پیشین (کوچکی و جهان، ۲۰۰۹)، ابتدا اندازه بنه ها در دامنه بزرگ (۱۰-۸ گرم) انتخاب گشته و پس از آماده سازی بستر و اعمال تیمارهای مورد نظر در کرت هایی با مساحت ۱۰ متر مربع (۵×۲ متر) کشت شدند. بنه ها در تراکم ۱۰۰ عدد در متر مربع، با فاصله بین ردیف و روی ردیف به ترتیب ۲۰ و ۵ سانتیمتر و عمق ۱۰ سانتیمتر (بهنیا، ۱۳۸۷) با دست کاشته شدند و نهایتا ۱-۰.۸ کیلوگرم بنه در متر مربع را شاهد بودیم. عملیات تلقیح بنه ها با سوسپانسیون آماده باکتری های سودوموناس و باسیلوس در تراکم 10^8 گرم بر لیتر آب مقطر انجام شده و سپس در سایه خشک شدند. بنه ها در مهرماه کاشته و تمامی اعمال زراعی نظیر آبیاری، مبارزه با علف های هرز و سله شکنی در تمام تیمارها به صورت یکسان اعمال شدند. کود ورمی کمپوست به مقدار ۱۰ تن در هکتار و قسط اول کودهای شیمیایی بر اساس نتایج آزمون خاک و نیاز کودی زعفران در مقادیر تعیین شده در زمان کاشت، با خاک مخلوط گشتند. قسط دوم کود در مقدار مشخص، همراه آب پاک (پس از برداشت

گل) و قسط آخر قبل از ظهور برگ (اسفند ماه) به کرت های مربوطه افزوده شد.

نمونه های اندام هوایی زایشی (نیمه آبان)، رویشی سبز (نیمه اردیبهشت ماه، قبل از زرد شدن برگ) و رویشی خشک (اواخر خرداد ماه، قبل از ریزش برگ) با حذف اثر حاشیه از ۴ ردیف میانی از سطح یک متر مربع در هر کرت برداشت شدند. جهت رسم نمودار طیف جذبی اندام زایشی و رویشی، به ترتیب روش های استاندارد ملی ایران (بی نام، ۱۳۸۵) و آرنن (۱۹۹۴) مورد استفاده قرار گرفتند و مقدار جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج های لازم خوانده و ثبت گردید. البته لازم به ذکر است، طبق آخرین بررسی های صورت گرفته بوسیله پرا (۲۰۰۳) طول موج های بیان شده توسط آرنن رد شده و در مقابل طول موج های ٦٤٦.٦، ٦٦٣.٦ نانومتر ارائه شدند.

به منظور مناسب تر شدن امکان استناد به نتایج حاصل از این تحقیق و بررسی فیزیولوژیک جذب نور فارغ از سایر اثرات متقابل موثر حاصل از خصوصیات آناتومیک گیاه، دادگان را با در نظر گرفتن میزان شاخص سطح برگ و تعداد کلاله در هر کرت، به جذب در واحد سطح برگ ($1\ cm^2$) و جذب به ازای هر عدد کلاله (غیر معنی دار در وزن و طول) تبدیل کردیم. در نهایت جدول تجزیه واریانس دادگان، بررسی همبستگی و رگرسیون با نرم افزار SPSS v.16.0 بدست آمد و مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد انجام شد. سپس جداول و نمودارها با نرم افزار Excel رسم شدند.

نتایج

بررسی طیف جذب

جذب طول موج ۴۷۰ nm

همانطور که در نمودار ۱ مشخص است، توانایی در جذب این موج به سنتز کارتنوئیدها کمک می کند. تیمارهای مختلف کود شیمیایی تنها تغییری در سطح احتمال ۵٪ در جذب حاصل کرده اند، لیکن تیمارهای کود ورمی کمپوست و زیستی میزان جذب را در سطح ۰.۱٪ افزایش داده اند؛ اما اثر متقابل این کود با کود شیمیایی نیز معنی دار بوده است (جدول ۲). نتایج گرفته شده از مقایسات میانگین کود آلی، نشان می دهد جذب طول موج ۴۷۰ nm در تیمارهای ۰ و ۵۰٪ و ۱۰۰٪ کود شیمایی و تلفیق ۱۰۰٪ کود شیمایی و ورمی کمپوست بیشترین و کمترین جذب را در تیمارهای تلفیق ۱۰۰٪ کود شیمایی و زیستی و ورمی کمپوست و سپس تلفیق ۱۰۰٪ کود شیمایی و زیستی دارند. سایر تیمارها کاملا نظیر یکدیگر براورد شده اند (نمودار۲).

جذب طول موج ۶۴۶.۶ nm

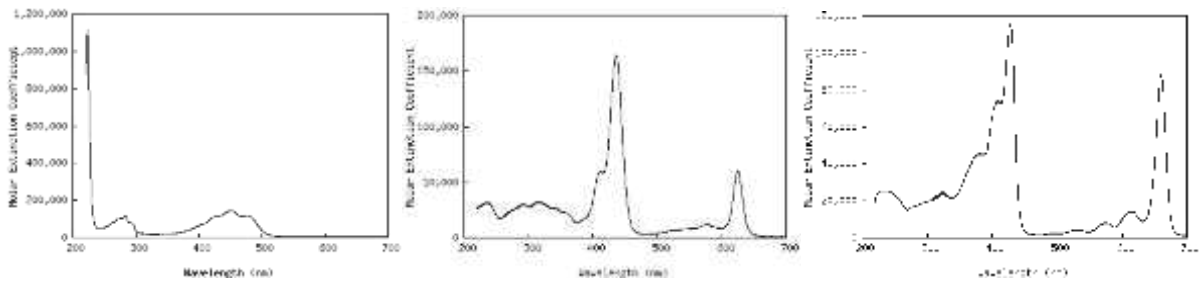
جذب این طول موج توسط کلروفیل ها، بخصوص کلروفیل b صورت می گیرد (نمودار ۱ - ب). اگر چه کود شیمیایی نتوانست مقدار جذب این موج را افزایش دهد، کودهای آلی قدرت جذب را به وضوح تغییر دادند (جدول ۲). در این میان تیمارهای ۰ و ۵۰٪ کود شیمایی و تلفیق ۱۰۰٪ کود شیمایی و ورمی کمپوست توانستند بیشترین جذب را به خود اختصاص دهند. سپس تلفیق کود زیستی و ورمی کمپوست، تلفیق ۱۰۰٪ کود شیمایی و زیستی و ۱۰۰٪ کود شیمایی در مراحل بعدی جای گرفتند. در نهایت، کمترین جذب به تیمار تلفیق ۱۰۰٪ کود شیمایی، زیستی و ورمی کمپوست و بعد از آن به تیمار تلفیق ۵۰٪ کود شیمایی و ورمی کمپوست تعلق گرفت. معنی داری سایر تیمارها یکسان بود (نمودار۲).

جذب طول موج ۶۵۲ nm

آنتوسیانین ها و سپس کلروفیل a بیشترین جذب را در این طول موج دارند (نمودار ۱- الف). در این بازه کودهای آلی بیشترین تاثیر را بر جذب داشتند (جدول ۲). تیمارهای ۰ و ۵۰٪ کود شیمیایی در اولین رتبه و در رتبه دوم، تلفیق کود زیستی و ورمی کمپوست، تلفیق ۱۰۰٪ کود شیمایی و ورمی کمپوست و ۱۰۰٪ کود شیمیایی منجر به بیشترین جذب و تیمار تلفیق ۱۰۰٪ کود شیمایی، زیستی و ورمی کمپوست و تلفیق ۵۰٪ کود شیمایی و ورمی کمپوست کمترین مقدار جذب را ناشی شد. در ادامه تلفیق ۵۰٪ کود شیمایی و زیستی نسبت به سایر تیمارها از وضعیت مطلوبتری برخوردار بود (نمودار۲).

جذب طول موج ۶۶۳.۶ nm

در طول موج ۶۶۳ نانومتر تنها کلروفیل a جذب معنی داری را دارد (نمودار ۱). در این بازه نیز کود آلی توانست بهترین تفاوت معنی دار را در سطح ۰.۱٪ ایجاد نماید. اثرات متقابل در این طول موج نیز معنی دار بود (جدول ۲). بطوریکه تیمارهای کود شیمیایی خالص بترتیب در سطوح ۰، ۵۰٪ و ۱۰۰٪ و در پی آن تیمارهای تلفیق کود زیستی و ورمی کمپوست، تلفیق ۵۰٪ کود شیمایی، زیستی و ورمی کمپوست و تلفیق ۱۰۰٪ کود شیمایی و ورمی کمپوست بیشترین تاثیر را بر جذب نور داشتند. اما کمترین جذب مربوط به تیمارهای تلفیق ۱۰۰٪ کود شیمایی، زیستی و ورمی کمپوست، تلفیق ۱۰۰٪ کود شیمایی و زیستی و تلفیق ۵۰٪ کود شیمایی و ورمی کمپوست بود. باقی تیمارها اختلاف معنی داری با هم نداشتند (نمودار۲).



(ج) (ب) (الف)

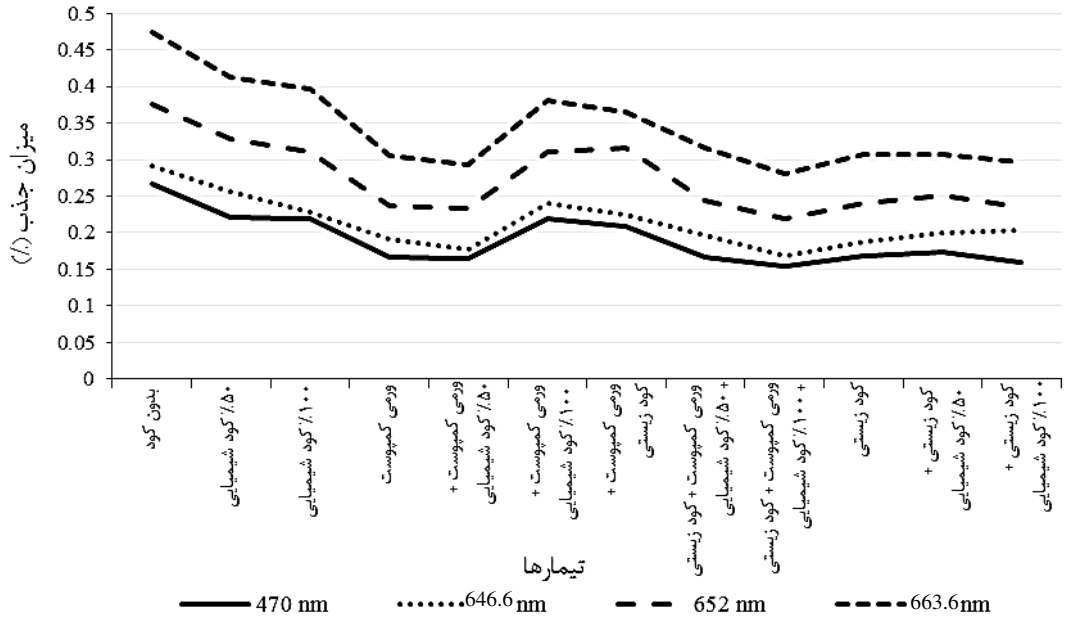
نمودار ۱ - بررسی میزان جذب در طیف طول موج موثر در سنتز

(الف) کلروفیل a، (ب) کلروفیل b و (ج) کارتنوئیدها (دو و همکاران، ۱۹۹۸)

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برخی طیف های جذبی از واحد سطح اندام هوایی رویشی زعفران

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS			
		جذب طول موج 470 nm	جذب طول موج 646.6 nm	جذب طول موج 652 nm	جذب طول موج 663.6 nm
R تکرار	۲	۰.۰۱E-۸ ns	۰.۰۱E-۸ ns	۰.۰۰۱ ns	۰.۰۰۳ ns
A کود شیمیایی	۲	۰.۰۰۲ *	۰.۰۰۱ ns	۰.۰۰۳ *	۰.۰۰۳ *
B کود آلی	۳	۰.۰۱۰ ***	۰.۰۰۹ ***	۰.۰۱۹ **	۰.۰۳۲ ***
AB کود شیمیایی × کود آلی	٦	۰.۰۰۲ *	۰.۰۰۳ *	۰.۰۰۵ *	۰.۰۰۵ *
Error اشتباه آزمایش	۲۲	۰.۰۰۱	۰.۰۰۱	۰.۰۰۲	۰.۰۰۳
Total کل	۳۵	-	-	-	-
C.V.% دامنه تغییرات	-	۱۵.۵۲	۱۲.۹۹	۱۶.۹۹	۱۴.۷۱

ns، *، ** و ***: به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال۵٪، ۱٪ و ۰.۱٪.



نمودار ۲- مقایسه میزان جذب اندام هوایی مرحله رویشی زعفران تحت تأثیر تمامی تیمارها

جذب طول موج ۲۵۷ nm

جذب این طول موج در کلاله منجر به ساخت پیکروکروسین، مسئول طعم بخشی به زعفران، می شود. مهانطور که در جدول ۱ دیده می شود، کودها تاثیر زیادی در جذب این موج و در نتیجه ایجاد طعمی مطلوب را دارند. کود آلی در سطح ۰،۱٪ و کود شیمیایی و اثر متقابل کودها در سطح ۱٪ معنی دار بوده است (جدول ۳). مقایسات میانگین تیمارها در این طول موج حاکی از تاثیر بسزای کاربرد ۵۰٪ کود شیمیایی بر میزان جذب است. در مقابل کاربرد ۱۰۰٪ کود شیمیایی بهمراه کودهای زیستی و ورمی کمپوست کمترین جذب کلاله را منجر شده است. در بین سایر تیمارها، تیمار ورمی کمپوست و

تلفیق ۵۰٪ کود شیمیایی و زیستی بیشترین و تیمار کود زیستی خالص کمترین تغییرات را نشان دادند. دیگر تیمارها مشابه بودند (نمودار ۳).

جذب طول موج ۳۳۰ nm

طول موج ۳۳۰ nm زمینه ساخت سافرانال، عطر دهنده عصاره زعفران، را فراهم می آورد. در این ستون نیز تمامی عوامل متغیر، به استثنای تکرار، معنی دار بودند (جدول ۳). اما معنی داری در این بخش به صورت تقریبا یکنواختی در تیمارها پخش شده است، بطوریکه کاربرد ۰ و ۵۰٪ کود شیمیایی و پس از آن، استفاده از ورمی کمپوست، تلفیق کود زیستی و ورمی کمپوست، تلفیق ۵۰٪ کود شیمیایی، زیستی و ورمی کمپوست و تلفیق ۱۰۰٪ کود شیمیایی و ورمی کمپوست اثرگذاری بیشتری را دارا بوده و سایر تیمارها نتایج مشابهی را نشان دادند (نمودار ۳).

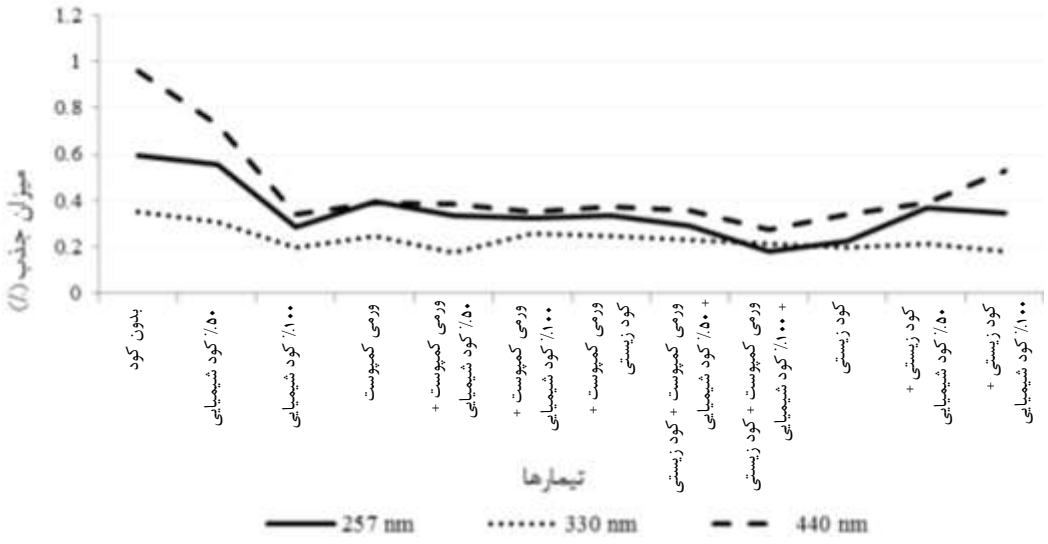
جذب طول موج ۴۴۰ nm

کروسین ها ترکیباتی رنگ دهنده هستند که در این بازه جذبی ساخته می شوند. کاربرد کود در این بهبود این مشخصه نیز بسیار معنی دار است، نیز بیشترین معنی داری در بررسی اثرات مقابل تیمارها را در این ستون شاهد هستیم (جدول ۳). در این میان کاربرد تیمار بدون کود با تفاوتی بسیار معنی دار و بعد از آن ۵۰٪ کود شیمیایی بهترین نتیجه و در پی آن ها استفاده همزمان از ۱۰۰٪ کود شیمیایی و زیستی، اثرات مطلوبی را حاصل کرده است. اعمال ۱۰۰٪ کود شیمیایی به صورت خالص و یا در حالت مخلوط با کودهای آلی و استفاده از کود زیستی به صورت خالص کمترین میزان جذب در این صفت را به خود اختصاص داده اند (نمودار ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس برخی طیف های جذبی از هر رشته کلاله زعفران

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS		
		جذب طول موج 257 nm	جذب طول موج 330 nm	جذب طول موج 440 nm
R تکرار	۲	۰.۰۰۴ ns	۰.۰۰۴ ns	۰.۰۰۸ ns
A کود شیمیایی	۲	۰.۰۴۷ **	۰.۰۰۸ *	۰.۰۷۱ **
B کود آلی	۳	۰.۰۷۸ ***	۰.۰۱۳ **	۰.۲۲۷ ***
AB کود شیمیایی × کود آلی	٦	۰.۰۳۰ **	۰.۰۰۸ *	۰.۱۰۰ ***
Error اشتباه آزمایش	۲۲	۰.۰۰۵	۰.۰۰۲	۰.۰۰۹
Total کل	۳۵	-	-	-
C.V.% دامنه تغییرات	-	۱۹.۱۸	۱۹.۲۳	۲۰.۸۷

ns، *، ** و ***: به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال۵٪، ۱٪ و ۰.۱٪.

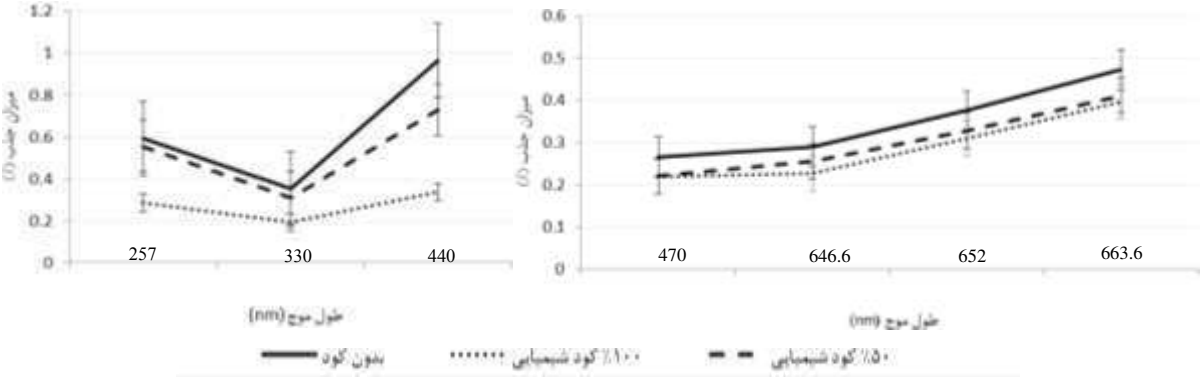


نمودار ۳- مقایسه میزان جذب اندام هوایی مرحله زایشی زعفران تحت تأثیر تمامی تیمارها

بررسی تیمارهای کودی

کود شیمیایی

همانطور که در بخش قبل ذکر شد، عدم کاربرد کود بهترین و بیشترین میزان جذب نور را در تمامی طیف موج بهمراه داشته است. این افزایش نسبت به سایر تیمارها، در بازه جذبی رنگیزه های فتوسنتزی با شیب یکنواخت دنبال می شود. اما در مورد ترکیبات فیتوشیمیایی با نوسانات بیشتری بخصوص در طول موج ۴۴۰ نانومتر اتفاق می افتد. نظیر تیمار بدون کود، کاربرد ۵۰٪ کود شیمیایی نیز تاثیر بهتری را در مقایسه با تیمار ۱۰۰٪ کود شیمیایی دارد. البته در طول موج ۴۷۰ نانومتر این تفاوت به حداقل می رسد. در طرف مقابل، کاربرد ۵۰٪ و ۱۰۰٪ کود شیمیایی در میزان جذب کلاله و ساخت ترکیبات فیتوشیمیایی اختلاف معنی داری را منجر می شود، بطوریکه تیمار ۱۰۰٪ کود شیمیایی باعث کاهش بسیار جذب در تمامی امواج می شود (نمودار ۴).

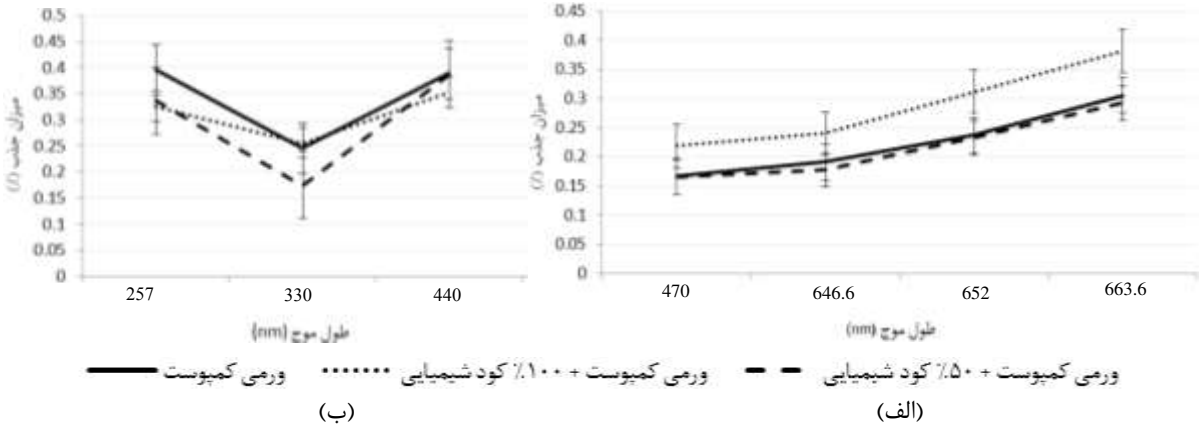


(ب) (الف)

نمودار ۴- میزان جذب (الف) رنگیزه های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کارتنوئیدها) و (ب) ترکیبات فیتوشیمیایی (رنگ، طعم و بو) تحت تأثیر کود شیمیایی

کود ورمی کمپوست و شیمیایی

کاربرد ورمی کمپوست بصورت خالص و یا در حالت تلفیق با ۵۰٪ کود شیمیایی تقریبا اثری مشابه را در جذب رنگیزه های فتوسنتزی دارند. اما میزان جذب این ترکیبات در حضور ۱۰۰٪ کود شیمیایی بسیار بیشتر است (نمودار ۵-الف). در ارتباط با جذب کلاله، استفاده از ورمی کمپوست خالص توانایی سنتز ترکیبات فیتوشیمیایی را بیشتر می کند. هر چند در طول موج ۳۳۰ نانومتر، کابرد همزمان ورمی کمپوست و ۱۰۰٪ کود شیمیایی کمی بهتر به نظر می آید. اما در ۲ طول موج دیگر، استفاده از ۵۰٪ کود شیمیایی موثرتر است (نمودار ۵-ب).

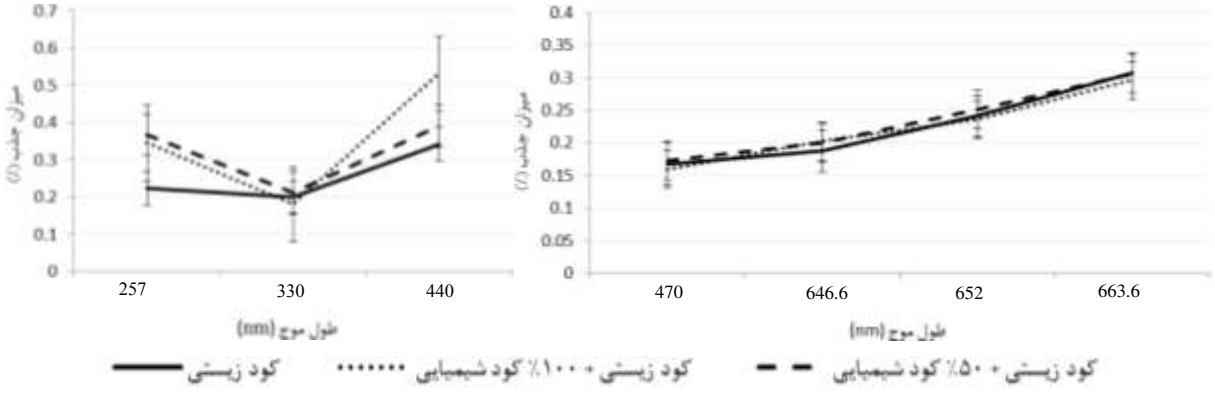


(ب) (الف)

نمودار ۵- میزان جذب (الف) رنگیزه های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کارتنوئیدها) و (ب) ترکیبات فیتوشیمیایی (رنگ، طعم و بو) تحت تأثیر کودهای شیمیایی و ورمی کمپوست

کود زیستی و شیمیایی

همانطور که در نمودار ٦-الف نشان داده شده است، اعمال تیمارهای مختلف کود زیستی نتوانستند تاثیر قابل تأملی را در جذب رنگیزه های فتوسنتزی ایجاد نمایند. اما در طرف دیگر در طول موج ۲۵۷ نانومتر، کود زیستی خالص کمترین اثر و در ۴۴۰ نانومتر، تیمار تلفیق ۱۰۰٪ کود شیمیایی و زیستی بیشترین تاثیر را در جذب کلاله داشتند. در این میان طول موج ۳۳۰ نانومتر، کمترین تغییرات را نشان داد (نمودار ٦-ب).

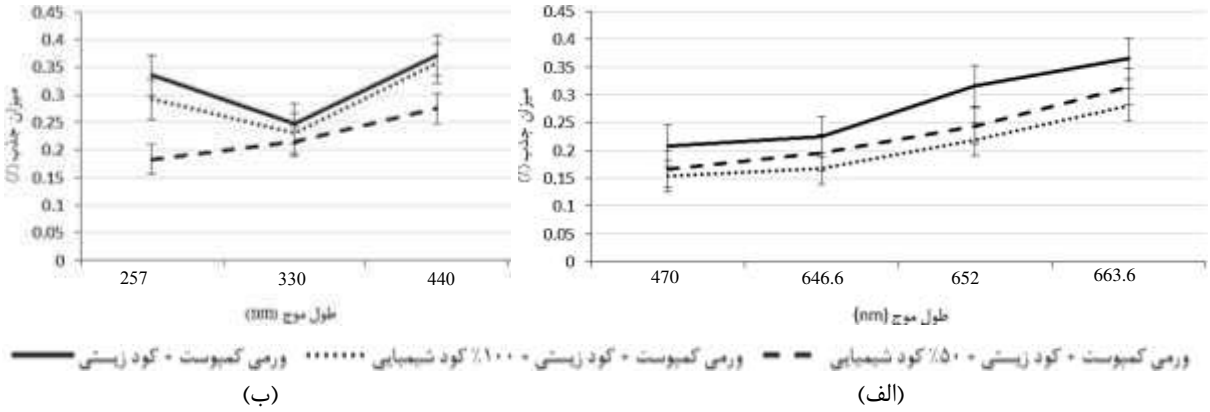


(ب) (الف)

نمودار ٦- میزان جذب (الف) رنگیزه های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کارتنوئیدها) و (ب) ترکیبات فیتوشیمیایی (رنگ، طعم و بو) تحت تأثیر تحت تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی

تلفیق کود ورمی کمپوست، زیستی و شیمیایی

اثر متقابل منابع کودی در نظر گرفته شده در نمودار ۷ بصورتی بسیار شفاف نشان داده شده است. در بخش الف، تـاثیر بسزای کاربرد همزمان کودهای ورمی کمپوست و زیستی را شاهد هستیم. این تاثیر در طول موج ٦٥٢ نانومتر به حداکثر مقدار خود می رسد. پس از این تیمار، تیمار تلفیق کود ورمی کمپوست، زیستی و ۵۰٪ شیمیایی قرار دارد. از بخش ب نمودار، تـاثیر مشابه تیمارهای تلفیق کود زیستی و ورمی کمپوست، و تلفیق کود ۱۰۰٪ شیمیایی زیستی و ورمی کمپوست نتیجه می شـود. در این نمودار کاربرد همزمان کودهای ۱۰۰٪ شیمیایی، زیستی و ورمی کمپوست، کمترین اثر را دارا می باشد.



(ب) (الف)

نمودار ۷- میزان جذب (الف) رنگیزه های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کارتنوئیدها) و (ب) ترکیبات فیتوشیمیایی (رنگ، طعم و بو) تحت تأثیر کودهای شیمیایی، ورمی و زیستی

بررسی همبستگی و رگرسیون

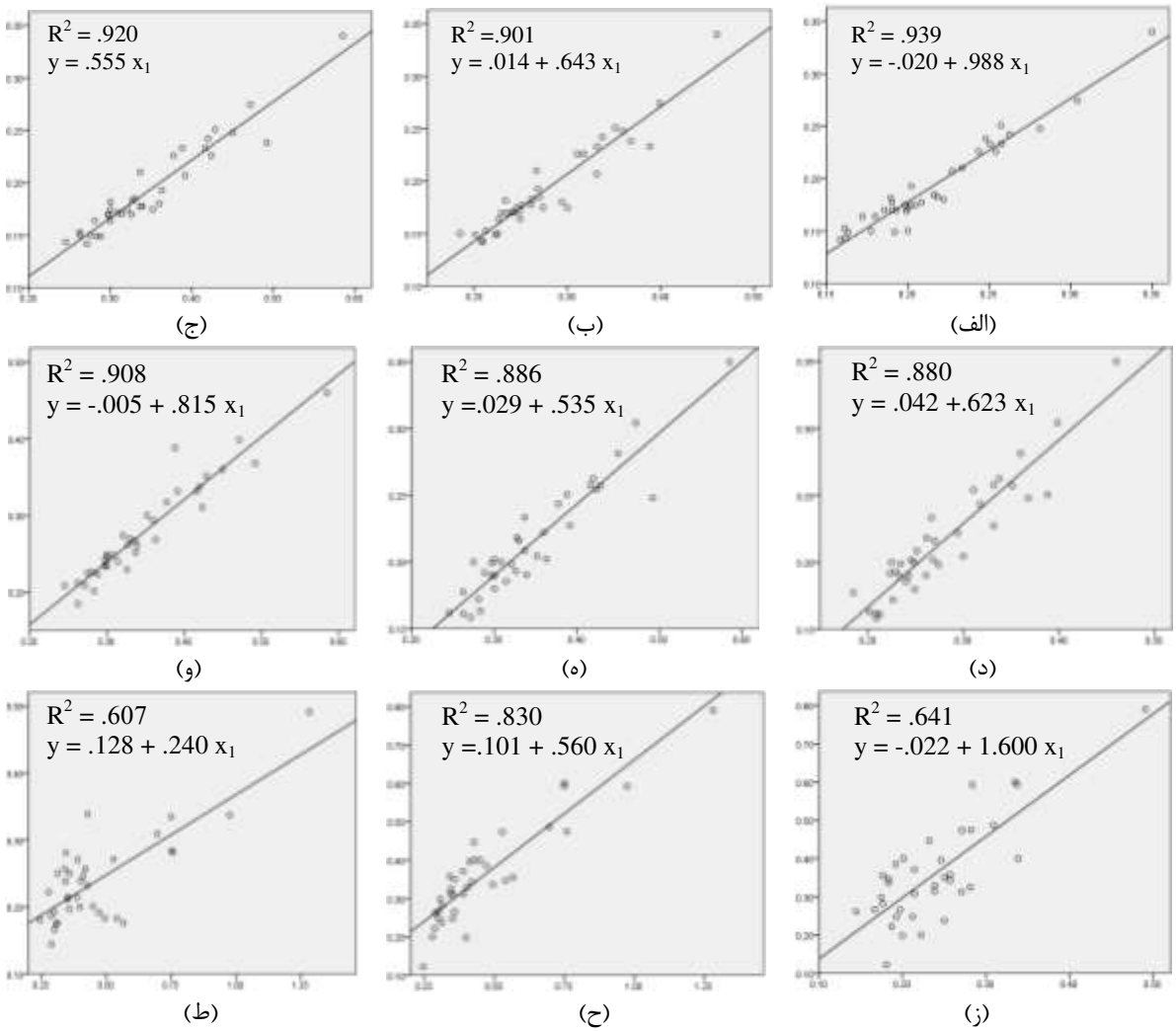
با استناد به جداول ۴ و ۵ کلیه مقادیر همبستگی پیرسون در بازه جذبی یاد شده، معنی دار مـی باشـد. بیشـترین ایـن معیار بین دو طول موج ۴۷۰ و ٦۴٦.٦ نانومتر و امواج ۲۵۷ و ۴۴۰ نانومتر حاکم است. در این بین، طول موج هـای ٦۴٦,٦ و ٦۵۲ نانومتر و ۳۳۰ و ۴۴۰ نانومتر کمترین ضریب را داشتند. در بررسی خطوط رگرسیون امواج، بیشترین و کمترین ضرایب بترتیـب متعلق به موج های دارای بیشترین و کمترین همبستگی است (نمودار ۸). در میان معادلات خـط بـازه هـای جـذب، حـداکثر شیب متعلق به طول موج های ۴۷۰ و ٦۴٦.٦ نانومتر و ۲۵۷ و ۳۳۰ نانومتر بوده و حداقل آن مربوط به طول موج هـای ٦۴٦,٦ و ٦٦۳,٦ نانومتر و ۳۳۰ و ۴۴۰ نانومتر می شود.

جدول ۴ – بررسی همبستگی پیرسون بین قدرت جذب طول موج های متغیر در رنگیزه های فتوسنتزی زعفران

جذب طول موج (nm)	470	646.6	652	663.6
470	۱	.۹٦۹**	.۹۴۹**	.۹۵۹**
646.6		۱	.۹۳۸**	.۹۴۱**
652			۱	.۹۵۳**
663.6				۱

جدول ۵ – بررسی همبستگی پیرسون بین قدرت جذب طول موج های متغیر در ترکیبات فیتوشیمیایی زعفران

جذب طول موج (nm)	257	330	440
257	۱	.۸۰۱**	.۹۱۱**
330		۱	.۷۷۹**
440			۱



نمودار ۸– بررسی رگرسیون و معادله خط برازش در بازه جذب (الف) ۴۷۰ و ٦۴٦.٦، (ب) ۴۷۰ و ٦۵۲، (ج) ۴۷۰ و ٦٦۳.٦، (د) ٦۴٦.٦ و ٦۵۲، (ه) ٦۴٦.٦ و ٦٦۳.٦، (و) ٦۵۲ و ٦٦۳.٦، (ز) ۲۵۷ و ۳۳۰، (ح) ۲۵۷ و ۴۴۰، (ط) ۳۳۰ و ۴۴۰ نانومتر

نتیجه گیری

در تمامی طول امواج مربوط به هر دو ماده آزمایشی برگ و کلاله گیاه زعفران، عدم کاربرد کود بهترین نتـایج را نشـان داد. لذا می توان به این دریافت رسید که عملکرد زعفران خودرو از لحاظ کیفی نسبت به کاربرد انواع کودهـا در مـزارع بیشـتر است و این گیاه به بهترین شکل، قادر به استفاده از نور در کمیت و کیفیت مطلوب می باشد. در نتیجه اعمـال منـابع مختلـف کود در مزارع زعفران، تنها منجر به افزایش بعد کمی عملکرد می شود و عملکرد اقتصادی بطـور کامـل تـابعی از مقـدار مـاده خشک محصول است.

در ادامه، کاربرد ۵۰٪ کود شیمیایی، ۱۰۰٪ کود شیمیایی و سپس تلفیق ۱۰۰٪ کود شیمیایی و ورمی کمپوست در میزان جذب رنگیزه های فتوسنتزی موثر است. این امر حاکی از آنست که از یک طرف، استفاده از ورمی کمپوست در کنار ۱۰۰٪ کود شیمیایی تفاوتی با کود شیمیایی خالص نداشته و کاربرد آن در صورت بهره گیری از کود شیمیایی بی نتیجه خواهد بود. از طرف دیگر، اگرچه کود شیمیایی میزان جذب را افزایش داده است؛ تفاوت بارزی میان کاربرد مقادیر ۵۰٪ و ۱۰۰٪ دیده نمی شود. بنابراین کاربرد نیمی از کود می تواند علاوه بر کاهش هزینه ها، با کاهش صدمات آلاینده های زیست محیطی مانند نیترات، میزان جذب و سنتز ترکیبات زعفران را افزایش دهد. به این ترتیب از مصرف لوکس مشاهده شده که هم اکنون در مرحله کاهش عملکرد به ازای افزایش مصرف قرار دارد، جلوگیری به عمل می آید. لازم به ذکر است، تنها در بازه ۶۴۶.۶ نانومتر و سنتز کلروفیل a کاربرد ورمی کمپوست افزون بر کود شیمیایی می تواند تاثیرگذار باشد. اما در سایر تیمارها، بدلیل بیشتر بودن میزان حلالیت کود شیمیایی و قابلیت دسترسی مواد غذایی از یک سو و از سوی دیگر، افزایش سرعت آزادسازی عناصر و همزمان شدن نیاز گیاه با این رهاسازی، کاربرد نیمی از کود شیمیایی مطلوب بنظر می رسد. پس از تیمارهای یاد شده، استفاده همزمان از کودهای زیستی و ورمی کمپوست موثر جلوه می کند. این اثر در موج ۶۵۲ نانومتر و سنتز آنتوسیانین ها بیشتر است، بطوریکه مقدار عددی آن با مقدار نظیر در تیمارهای مختلف کود شیمیایی خالص برابری می کند. بنابراین، در صورت مدنظر بودن آنتوسیانین ها بعنوان هدف می توان از تیمار اخیر به جای کودهای شیمیایی بهره جست. نیز در طول موج ۶۴۶،۶ نانومتر و جذب رنگیزه کلروفیل b، نتایج حاصل از تیمار تلفیق کود زیستی و ورمی کمپوست با تیمار تلفیق ۱۰۰٪ کود شیمیایی و زیستی یکسان است، این نتیجه مبین این مسئله است که با حذف کود شیمیایی در این صفت، می توان از کاربرد تلفیقی سایر منابع استفاده کرد.

اما نکته جالب و حائذ توجه در ارتباط با کاربرد کودهای شیمیایی آنست که در تمامی امواج طیف (به استثنای موج ۶۴۶،۶ نانومتر، توضیح داده شده در بالا)، استفاده همزمان کود شیمیایی در مقدار زیاد (۱۰۰٪) با باکتری های سودوموناس و باسیلوس منجر به کاهش معنی دار اثر هر دو تیمار کود زیستی و شیمیایی شده است. بنابراین این سویه ها تمایلی به برخورداری از کود شیمیایی با درصد کامل تجویز شده در کاربرد خالص نداشته و تنها به عنوان مکملی برای در دسترس قرار دادن مواد غذایی از ترکیب آن بهره می برند.

در رابطه با طیف جذبی کلاله، کاربرد ۵۰٪ کود شیمیایی بیشترین اثر را بر سنتز تمامی ترکیبات گذاشته است. اما تیمارهای ورمی کمپوست و تلفیق ۵۰٪ کود شیمیایی و زیستی در سنتز پیکروکروسین و تیمار ۱۰۰٪ کود شیمیایی و زیستی در سنتز کروسین در جایگاه بعدی اهمیت قرار داشتند. همچنین اعمال ۱۰۰٪ کود شیمیایی به صورت خالص و یا توام با باکتری ها و یا کلیه کودهای آلی، بیشترین اثر مخرب را بر ساخت ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه و افزایش کیفیت زعفران داشته است.

در باب تکمیل نتیجه گیری لازم به توضیح است، در تمامی رگرسیون ها معادلات از نوع خطی پیروی نمودند. همانطور که اشاره شد، طول موج های ۴۷۰ و ٦۴٦.٦ نانومتر و امواج ۲۵۷ و ۴۴۰ نانومتر بیشترین همبستگی را نشان دادند. لذا می توان گفت، میزان کارتنوئیدها و کلروفیل b و نیز سنتز پیکروکروسین و کروسین بیشترین وابستگی را به یکدیگر دارند. سپس به ترتیب جذب کارتنوئیدها و کلروفیل a، آنتوسیانین ها و کلروفیل a، کارتنوئیدها و آنتوسیانین ها، کلروفیل b و کلروفیل a و در نهایت کلروفیل b و آنتوسیانین ها در برگ و سنتز پیکروکروسین و سافرانال، و کروسین و سافرانال به یکدیگر وابسته اند. همچنین بیشترین شیب معادلات قرار گرفته در بازهٔ ۴۷۰ و ٦۴٦.٦ نانومتر و ۲۵۷ و ۳۳۰ نانومتر ارتباط مستقیم و نزدیک میزان جذب کارتنوئیدها و کلروفیل b، و پیکروکروسین و سافرانال را اثبات می کنند. بنابراین می توان گفت که در زعفران مقدار کارتنوئیدها در برگ می تواند بصورت تابعی از مقدار کلروفیل ها باشد. در مقابل تغییرات همزمان کلروفیل b با سایر رنگدانه ها شایع نمی باشد. همچنین می توان نتیجه گرفت، بدست آوردن رنگ و طعم مطلوب به صورت همزمان در زعفران ساده تر از ترکیب عطر با موارد ذکر شده است. نیز شدت طعم و عطر، در مقایسه با میزان رنگ و عطر، به یکدیگر وابسته ترند.

بحث

رنگدانه ها ترکیبات فوتوشیمیایی اند که گیاهان برای تبدیل نور خورشید به انرژی شیمیایی از آن ها استفاده می کنند؛ بنابراین بررسی عوامل موثر بر ساخت و سپس اندازه گیری غلظت این ترکیبات می تواند به عنوان تخمینی از زیست توده گیاهان قلمداد شود. در این میان کلروفیل یک ترکیب بسیار مهم است که دارای خاصیت ضدعفونی کنندگی و تحریک کنندگی سلولی می باشد. همچنین تجربیات نشان داده اند که بدن انسان قادر به تبدیل کلروفیل به هموگلوبین و در نتیجه غنی سازی خون است؛ زیراکه این ترکیب ساختاری تقریبا مشابه (یک عنصر منیزیم در مکان عنصر آهن در مرکز ساختار) با هموگلوبین در خون بشر را داراست (۴ و ۱). نوع دیگری از رنگدانه های مفید و شفابخش، رنگدانه های موجود در گل ها هستند. برای ساختن این مواد بی نظیر در گیاهان، عناصر غذایی ماکرو و میکرو ضروری می باشند. لذا زارعین ملزم به استفاده از کودهای در دسترس، زوداثر و ارزان هستند. در ایران، در دسترس ترین کودها کود شیمیایی است که مشکلات طولانی مدت آن را همین امروز به نظاره نشسته ایم. در این میان میبایست کم توجهی مسئولان امر را نیز مد نظر قرار داد. اکثر تحقیقات صورت گرفته در باب کاربرد منابع کودی نوین در ایران به نتایج روشن و مشخصی نائل آمده اند (امیدی و همکاران، ۱۳۸۸ و زارع مایوان و نخعی، ۱۳۷۹الف و ب). در پژوهش پیش رو نیز هرچند در برداشت محصولی با بالاترین کیفیت، عدم استفاده از کودها توصیه می شود، نیاز وافر به عملکرد کمی ما را وادار به کاربرد این کودها می نماید. در این راستا، اعمال تیمارهای کود ورمی کمپوست و زیستی از منبع باکتری های تسریع کننده و حل کننده فسفر، از کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی جلوگیری کرده و در مواردی جایگزین آن بوده است. با توجه به این امر که نتایج مندرج، حاصل تنها یک سال زراعی

از کشت گیاه می باشند، می توان اثبات کرد که برخلاف تصور عوام منابع به کار رفته در عوامل کمی، زود اثر و به صورت معنی داری مفیدند. امید است با ترویج هرچه بیشتر این منابع، افزایش کیفیت و کاهش صدمات زیستی – محیطی را شاهد باشیم.

منابع

۱. امیدی، ح.، گلزاد، ع.، نقدی بادی، ح. ع.، ترابی، ح. و فتوکیان، م. ح. تاثیر کود شیمیایی و زیستی نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.). فصلنامه گیاهان دارویی. ۳۰ (۱): ۹۸، ۱۳۸۸.

۲. بری ابرقویی، ح.، قلاوند، ا.، مظاهری، د.، نورمحمدی، ق. و صانعی، م. اثر دما بر گلدهی و پتانسیل توده های زعفران ایرانی. پژوهش و سازندگی. ۱۳ (۴): ٦۵-٦۹، ۱۳۷۹.

۳. بی نام. موسسه تحقیقات و استاندارد ایران. نشریه زعفران، شماره ۲۵۹، ۱۳۸۵.

۴. ثابتی، م. ع.، هندی، ا. و فلاح، ع. ر. مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی با استفاده از ازتوباکتر و نقش آن در عملکرد کمی و کیفی توتون. دهمین کنگره علوم خاک ایران. ۴ الی ٦ شهریور، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی تهران، ۱۳۸٦.

۵. دادخواه، م. ر.، احتشام، م. و فکرت، ح. زعفران ایران: گوهری ناشناخته. انتشارات شهرآشوب، تهران: ۱٦۰، ۱۳۸۲.

٦. زارع مایوان، ح. و نخعی، ع. اثرات متقابل میکوریزا و الگوی کشت زعفران. پژوهش و سازندگی.۱۳ (۳): ۱۸-۲۰، ۱۳۷۹الف.

۷. زارع مایوان، ح. و نخعی، ع. همزیستی میکوریزایی زعفران خوراکی با دو گونه قارچ *Glomineae*. پژوهش و سازندگی. ۱۳ (۳): ۸۰-۸۳، ۱۳۷۹ب.

۸. سیفی، م.، اردکانی، م. ر.، رجالی، ف. و امیرآبادی، م. بررسی کارایی ازتوباکتر و میکوریزا تحت تاثیر سطوح مختلف نیتروژن بر روی برخی صفات مورفولوژیکی و کیفی ذرت علوفه ای KSC704 در استان مرکزی. دهمین کنگره علوم خاک ایران. ۴ الی ٦ شهریور، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۳۸٦.

۹. صفرزاده شیرازی، ص. و یثربی، ج. بررسی معدنی شدن نیتروژن در دو خاک تیمار شده با کود گوسفندی و کمپوست زباله شهری به روش خوابانیدن زیستی هوازی. دهمین کنگره علوم خاک ایران. ۴ الی ٦ شهریور، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۳۸٦.

۱۰. محمدپور، ر. و قاسم زاده، ح. ر. بررسی اثر افزودن ورمی کمپوست و چای کمپوست به مواد خام بر روی میزان pH و EC در محصول نهایی. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. ٦ و ۷ شهریور، انجمن مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران، مشهد، ۱۳۸۷.

۱۱. مسافری، ح.، علی زاده، ا. و موسوی، س. ج. تاثیر آبیاری های تابستانه بر عملکرد زعفران. آب و خـاک. ۲۱ (۲): ۱۶۳-۱۶۹، ۱۳۸۶.

۱۲. معصومی، ح.، امینایی، م. م.، شریفی سیرچی، غ. ر. و طبیبی، ع. ا. کودهای زیستی تـوانی برتحـول جدیـد در بیوتکنولـوژی خاک های پسته خیزاستان کرمان. دومین همایش بیوتکنولوژی کشاورزی. ۲۴ و ۲۵ تیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۸۸.

13. Arnon, D.L. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology. 24:1-15, 1994.
14. Berg, G., Roskot, N., Steidle, A., Eberl, L., Zock, A. and Smalla, K. Plant dependent genotypic and phenotypic diversity of antagonistic rhizobacteria isolated from different Verticillium host plants. Applied and Enviromental Microbiology. 68 (7): 3328-3338, 2002.
15. Du, H., Fuh, R.A., Li, J., Corkan, A. and Lindsey, J.S. PhotochemCAD: A computer-aided design and research tool in photochemistry. *Photochemistry and Photobiology.* 68: 141-142, 1998.
16. Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G.M., Siracusa, L. and Ruberto, G. Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (Crocus sativus L.) as affected by environmental conditions. Scientia Horticulturae. 119 (3): 320-324, 2009.
18. Jayasekara, A.P.D.A., Seneviratne, G., De Silva, M.S.D.L., Jayasinghe, L.A.S.P. and Prematunga, P. Preliminary investigations on the potential applications of biofilmed biofertilizers for tea nurseries. Proceedings of the second symposium on plantation crop research - export competitiveness through quality improvements. Coconut Research Institute, Sri Lanka: 170-175, 2008.
19. Porra, RJ The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. Photosynthesis Research 73: 149 – 156, 2002.
20. Saleh Rastin, N. Biofertilizers and their role in order to reach to sustainable agriculture. A compilation of papers of necessity for the production of biofertilizers in Iran: 1-54, 2001.
21. Shah, S.A. Economic analysis of saffron under rainfed conditions of Kashmir. Spice India. 2277: 13-16, 2008.
22. Sharma, A.K. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India: 300 & 407, 2002a.
23. Sharma, A.K. A handbook of organic farming. Agrobios, India: 627, 2002b.
24. Small, J. Saffron. Food. 134 (11): 3-5, 1942.
25. Srivastava, R.P. Saffron finds a New Home in U.P. Indian Farming. 13 (10): 20-22, 1964.