به زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۴
صفحه‌های ۱۶۸-۱۵۵

بررسی تأثیر کاربرد نانو کود آهن در مقایسه با کلات آن بر عملکرد کمی و کیفی زعفران زراعی (*Crocus sativus* L.)

سعیده ملکی فراهانی*[1] و مهدی عقیقی شاهوردی[2]

۱. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
۲. دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۲۰

چکیده

به‌منظور بررسی خصوصیات کمی و کیفی گیاه زعفران تحت تأثیر کاربرد کود آهن به‌صورت کلات معمولی و نانوکلات، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک کامل تصادفی در سه تکرار، در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه شاهد در دو سال زراعی ۹۱-۱۳۸۹ اجرا شد. فاکتور اول نوع کود آهن (نانوکلات و کلات معمولی)، و فاکتور دوم مقدار آهن (صفر، ۴۵۰ و ۹۰۰ گرم در هکتار) بود. نتایج نشان داد که نوع و مقدار کود آهن و اثر متقابل آنها بر اکثر صفات مورد بررسی معنادار شد. اضافه کردن کلات در هر دو شکل نانوکلات و کلات معمولی موجب افزایش عملکرد کلاله (حدود ۵۰ درصد) شد. اثر متقابل نوع کود در مقدار کود نیز بر صفات وزن تر و تعداد گل، عملکرد تر و خشک کلاله، وزن بنهٔ اصلی، تعداد بنه، تعداد برگ، کلروفیل a و کل، کارتنوئید و مادهٔ مؤثرهٔ سافرانال معنادار شد. کاربرد نانوکلات آهن به‌مقدار ۱۰ کیلوگرم در هکتار موجب تولید بیشترین عملکرد تر و خشک کلاله، تعداد برگ، غلظت کلروفیل a، غلظت کارتنوئید و مادهٔ مؤثرهٔ سافرانال نسبت به تیمار شاهد شد که افزایش تولید نسبت به تیمار شاهد در بعضی از صفات به بیش از دوبرابر نیز رسید. نتایج تحقیق حاضر، نقش و تأثیر بیشتر کود نانوکلات آهن را نشان داد، به‌طوری که کاربرد ۵ کیلوگرم نانوکلات آهن و ۱۰ کیلوگرم کود معمولی کلات آهن نتایج یکسانی داشتند. به‌نظر می‌رسد فقیر بودن مزرعه از نظر مقدار آهن از یک طرف و کارایی نانوکلات در رهایش تدریجی از طرف دیگر به افزایش عملکرد منجر شد.

کلیدواژه‌ها: بنه، پیکروکروسین، سافرانال، عملکرد کلاله، کروسین.

* نویسنده مسئول Email: maleki@shahed.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

زعفران زراعی[1] گیاهی علفی، چندساله و متعلق به خانوادهٔ زنبقیان است. ایران بزرگ‌ترین تولیدکننده و صادرکنندهٔ زعفران در جهان است. زعفران با وجود قدمت کشت، در مقایسه با بسیاری از گیاهان زراعی رایج در کشور از فناوری‌های نوین، سهم کمتری دارد و تولید آن بیشتر متکی بر دانش بومی است. در بین عناصر کم‌مصرف، بیشترین نیاز گیاهان به آهن است که ممکن است به‌صورت یون فریک (Fe^{3+}) یا فرو (Fe^{2+}) جذب شود، البته چون محلولیت یون فرو بیشتر است، جذب آن نیز بیشتر دیده می‌شود. کمبود آهن، موجب از بین رفتن همزمان کلروفیل و تخریب ساختمان کلروپلاست می‌شود. بنابر توصیهٔ محققان فرم کلات‌شدهٔ عناصر ریزمغذی از کارایی بیشتری نسبت به ترکیبات مرسوم برخوردارند [۲۵].

بررسی اثر کودهای شیمیایی و زیستی مختلف بر عملکرد کمی و کیفی زعفران نشان داد که عملکرد کلاله و خامهٔ زعفران با مصرف کودهای شیمیایی، به دلیل تغذیهٔ مناسب گیاه، به‌طور معناداری افزایش یافت [۱]. یافته‌های تحقیقات حاکی از آن است که نوع کود به‌شکل مؤثری سبب افزایش عملکرد و ویژگی‌های رشد زعفران شد و استفاده از کود دلفارد[2] نسبت به کود شیمیایی مرسوم و کودهای زیستی برتری دارد، به‌طوری که علت را ایجاد شرایط تغذیه‌ای بهینه از طریق فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه عنوان کرده‌اند [۸]. اهمیت آهن بیشتر به‌دلیل دو وظیفهٔ حیاتی آن است: ۱. آهن بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیاست و برای ساخت‌وساز کلروفیل نیز لازم است؛ ۲. آهن یکی از اجزای تعدادی از آنزیم‌های اکسیداز، نظیر کاتالاز و پراکسیداز است [۸].

افزودن ۲۰ کیلوگرم در هکتار نانوکلات آهن به صورت چال کود و اسپری محلول ۱ درصد کلات موجب افزایش ۷۰ درصد سطح برگ، ۳۷۵ درصد محتوای کلروفیل و ۳۵۰ درصد فعالیت فتوسنتز شد و محتوای کلسیم پسته را نیز ۱۲ درصد افزایش داد [۱۸]. تحقیقات در زمینهٔ اسفناج نشان داد که با کاربرد ۴ کیلوگرم نانوکلات آهن عملکرد ۳/۷ تن در هکتار به‌دست آمد که ۷۶ درصد نسبت به تیمار شاهد برتری داشت [۲۱]. استفاده از نانوکلات آهن به‌مقدار ۶ کیلوگرم در هکتار موجب پایداری عملکرد شد. به‌دلیل اسیدیتهٔ زیاد بیشتر خاک های ایران و مشکل عدم محلولیت آهن در این اسیدیته، به کودهایی نیاز است که جذب زیادی در این اسیدیته داشته باشند؛ کلات‌های آهن می توانند در این زمینه به رشد گیاه کمک کنند [۱۴]، اما باید از بین منابع مختلف کود آهن، از کودی استفاده کرد که جذب بیشتری داشته باشد تا هم در کاهش مصرف کود و هم در کاهش هزینه‌های تولید کمک مؤثری به سیستم‌های کشاورزی کند. استفاده از نانوکودها به‌منظور کنترل دقیق آزادسازی عناصر غذایی می تواند گامی مؤثر به منظور دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط زیست باشد [۱۵]. ازاین رو به نظر می‌رسد با به‌کارگیری نانوکودها به‌عنوان جایگزین کودهای مرسوم، عناصر غذایی کود به‌تدریج و به‌صورت کنترل‌شده در خاک آزاد شوند که در این حالت برای افزایش عملکرد کمی و کیفی زعفران زراعی، استفاده از فناوری‌های نوین به‌ویژه نانوفناوری می‌تواند افق تازه‌ای پیش روی کشاورزان ایرانی قرار دهد.

هدف پژوهش حاضر، بررسی کود کلات آهن با بنیان‌های متفاوت نانو و میکرو به‌منظور بررسی آثار متفاوت آنها بر عملکرد کمی و کیفی زعفران است.

۲. مواد و روش‌ها

به منظور بررسی کاربرد کود کلات آهن با نانوکلات آهن بر عملکرد کمی و کیفی زعفران زراعی، تحقیقی در مزرعهٔ

1. *Crocus sativus* L.
2. Delfard (N, K, Fe, Zn, Mn, Cu)

Archive of SID
www.SID.ir

آموزشی و تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شاهد در سال‌های زراعی ۹۱-۱۳۸۹ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول، نوع کود آهن شامل کاربرد نانوکلات خضراء (ساخت شرکت صدور احرار شرق) و کلات معمولی با بنیان ای دی دی اچ اس آ (ساخت شرکت اوپن گرین ایتالیا)؛ و عامل دوم، مقدار کود آهن در سه سطح کاربرد صفر، ۵ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار بود. مشخصات جغرافیایی و اقلیمی محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

بنه‌ها در تابستان ۱۳۸۹ از مزارع استان خراسان جنوبی منتقل و در ۲۰ شهریور ۱۳۸۹در زمین اصلی کشت شد. وزن بنه‌ها بین ۸ تا ۱۲ گرم متغیر بود. بنه‌ها در کرت‌هایی به ابعاد ۲ متر در ۵ متر در هشت ردیف به فاصلهٔ ۲۰ سانتی‌متر و فاصلهٔ روی ردیف ۵ سانتی‌متر، در عمق ۱۵ سانتی متر کشت شد. براساس نتایج آزمون خاک و نیاز گیاه، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به‌صورت تقسیطی پس از گلدهی و همچنین در اسفند به کرت‌ها اضافه شد (جدول ۲). تیمارهای کود آهن همراه آب آبیاری اول قبل از گلدهی در ۱۰ مهر ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ داخل کرت‌ها اعمال شد. مساحت هر کرت ۱۰ متر مربع بود که بنابر محاسبه به ازای هر کرت، ۵ گرم (تیمار ۵ کیلوگرم در هکتار) و ۱۰ گرم (تیمار۱۰ کیلوگرم در هکتار) نانوکلات به کرت مربوط افزوده شد و در تیمارهای کلات معمولی به‌منظور جبران کمتر بودن غلظت آهن، ۵/۱۵ گرم و ۱۰/۳۰ گرم کلات ای دی دی اچ اس آ اضافه شد. مقدار آهن کلات شده در کود ای دی دی اچ اس آ، ۶ درصد و مقدار آهن کلات شده در نانوکلات آهن ۹ درصد بود. نحوهٔ مصرف هر یک از کودها بدین صورت بود که ابتدا کودهای موردنظر در بطری کاملاً حل شده و سپس در حین آبیاری به کرت‌های مربوطه اضافه شد.

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی و اقلیمی مزرعهٔ پژوهشی زعفران دانشگاه شاهد

طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)	درجهٔ حرارت بیشینه (°C)	درجهٔ حرارت کمینه (°C)	نوع اقلیم	بارندگی (mm)
۵۳° ۴۸′	۳۶° ۳۱′	۱۰۵۰ متر	۴۰	-۸/۵	نیمه‌خشک	۲۵۹

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	اسیدیتهٔ خاک	هدایت الکتریکی (dS/m)	درصد کربن آلی (O.C)	درصد نیتروژن	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	Fe – DTPA (mg/kg)	Zn – DTPA (mg/kg)
سیلتی لوم	۷/۵	۶/۸۵	۰/۷۳	۰/۰۷	۲۵	۵۰۷	۲/۲	۰/۹۸

1. EDDHSA ethylenediaminedi (2-hydroxy-5- sulfophenylacetic) acid

Archive of SID
www.SID.ir

به‌دلیل اندک بودن عملکرد کلاله در سال‌های اول و عدم اطمینان از اثر تیمارها در سال اول برای بررسی عملکرد و سایر ویژگی‌های زعفران نمونه‌گیری در سال دوم به‌شرح زیر انجام گرفت. در هنگام گلدهی به‌مدت ۱۵ روز از سطح ۱ مترمربع با استفاده از کوادرات نمونه‌برداری انجام گرفت و تعداد گل، وزن تر گل، وزن تر کلاله و وزن خشک کلاله اندازه‌گیری شد. در زمان پایان دورهٔ رویشی و قبل از زرد شدن رنگ برگ‌ها نیز تعداد برگ هر بنه اندازه‌گیری شد. بنه‌ها از دو ردیف وسطی هر کرت به‌صورت خشکه‌کنی در اواخر اردیبهشت، خارج و تعداد کل بنه‌های دختری، قطر بزرگ‌ترین بنهٔ دختری (با کولیس) و وزن تر بنه‌های دختری (توسط ترازو با دقت ۰/۰۰۱ ساخت کشور آلمان) اندازه‌گیری و یادداشت شد.

برای اندازه‌گیری محتوای کروسین (عامل ایجاد رنگ)، پیکروسین (عامل ایجاد طعم) و سافرانال (عامل ایجاد عطر) زعفران، کلاله‌های مربوط به هر تیمار در دمای ۵۵ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۴۵ دقیقه خشک، و سپس توزین و پودر شد و برای تجزیهٔ شیمیایی به آزمایشگاه انتقال یافت. تجزیهٔ شیمیایی براساس روش ایزو ۳۶۳۲ که دقیقاً استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۲-۲۵۹ از آن اقتباس شده است، انجام گرفت [۱۹]. به این منظور، از اسپکتروفتومتر مدل جنوی ۶۳۰۵ برای اندازه‌گیری مقدار کروسین، سافرانال و پیکروکروسین به‌ترتیب در طول موج‌های ۴۴۰، ۳۳۰ و ۲۵۷ نانومتر استفاده شد. استاندارد جهانی ISO به شمارهٔ ۳۶۳۲ برای درجه‌بندی زعفران تدوین شده است. برای مقایسهٔ میانگین بین تیمارهای مختلف از فرمول $E^{1\%}_{1cm}$ که نمایانگر ضریب خاموشی در طول موجی خاص (۴۴۰، ۳۳۰ و ۲۵۷ نانومتر به‌ترتیب برای کروسین، سافرانال و پیکروکروسین) است استفاده شد [۱۹، ۱].

$$E^{1\%}_{1cm}=10000\times OD / m(100-H) \qquad (1)$$

در این رابطه، $E^{1\%}_{1cm}$ میزان جذب عصارهٔ آبی زعفران؛ OD جذب ویژه (قرائت اسپکتروفتومتر)؛ m وزن نمونه بر حسب گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر؛ و H مقدار رطوبت کلالهٔ خشک است که به‌طور معمول بین ۸ تا ۱۰ درصد است.

در زمان پایان دورهٔ رویشی و قبل از زرد شدن برگ‌های، نمونه‌های برگی تهیه و برای بررسی میزان جذب آهن توسط برگ گیاه، از داخل هر کرت ۱۰ بوته انتخاب شد. از هر بوته ۱۰ برگ جدا شد و طبق روش جوینز [۲۰] غلظت آهن نمونه‌ها با دستگاه جذب اتمی مدل جنوی ۶۴۰۰ ساخت آلمان و براساس روش هاریس [۱۷] قرائت شد. برای سنجش کلروفیل از بافت تازهٔ برگی استفاده شد. ۰/۲ گرم از بافت برگ با استن ۸۰ درصد به‌تدریج ساییده شد تا کلروفیل وارد محلول استنی شود و در نهایت حجم محلول با استن ۸۰ درصد به ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس جذب نوری محلول رویی در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد [۱۳]. در نهایت داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخهٔ ۹/۱) تجزیهٔ واریانس شد و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثرهای ساده و متقابل نوع کود و مقدار کود بر وزن تر گل معنادار بود. بررسی روند تغییرات نمودار نشان داد که با افزودن کود آهن، صفت وزن تر گل روند افزایشی داشته است. این افزایش در تیمارهای نانوکود با شیب بیشتری صعودی است. مقایسهٔ میانگین اثر متقابل این عوامل، گویای برتری تیمار کاربرد ۱۰ کیلوگرم نانوکلات به مقدار ۵۸ درصد نسبت به تیمار شاهد و کمترین وزن تر گل در تیمار شاهد بود (شکل ۱). به‌نظر می‌رسد نانوکود کلات، با نصف مقدار کوددهی (۵ کیلوگرم) به اندازهٔ کل کود کلات معمولی (۱۰ کیلوگرم) در این صفت مؤثر بوده است.

Archive of SID
www.SID.ir

بررسی تأثیر کود آهن در این صفت بیانگر آن است که فراهمی این عنصر در فرایند تولید گل مؤثر است و می‌تواند عامل اختلاف معنادار بین تیمارها باشد [۵].

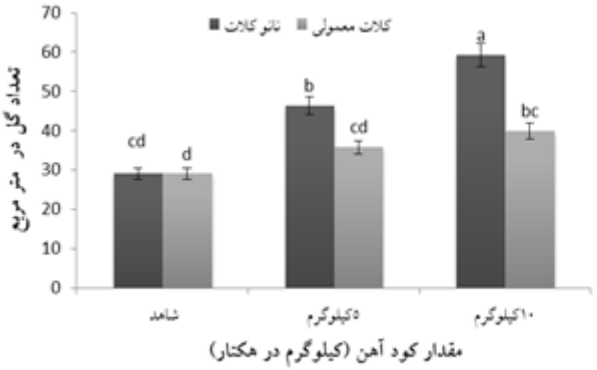
جدول تجزیهٔ واریانس نشان داد که نوع و مقدار کود آهن، هر کدام در سطح ۱ درصد، و اثرهای متقابل آنها در سطح ۵ درصد تعداد گل را تحت تأثیر قرار داده است. روند افزایشی نمودار مقایسهٔ میانگین‌ها در صفت تعداد گل حاکی از آن است که پاسخ گیاه زعفران به تیمارهای کودی در این صفت مثبت بود و با افزایش مقدار کود، تعداد گل در گیاه زعفران افزایش پیدا کرد، به‌طوری که تعداد گل در تیمار کاربرد ۱۰ کیلوگرم نانوکلات در هکتار، ۱۰۴ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. تیمار کاربرد ۵ کیلوگرم نانوکلات و ۱۰ کیلوگرم کلات معمولی در یک گروه آماری قرار گرفت، هرچند تعداد گل تولیدی در زعفران تیمارشده با کود معمولی کمتر از تیمار با کود نانوکلات بود. طبق بررسی محققان، تعداد گل در گیاه زعفران همبستگی زیادی با وزن بنه‌های کشت‌شده دارد و همچنین فراهمی عناصر به‌شکل مؤثری موجب افزایش تعداد گل شده است [۸، ۶، ۱]؛ به‌طوری که بر خلاف نیاز کودی کم این گیاه، حدود ۱۶ تا ۸۰ درصد تغییرات عملکرد گل به متغیرهای مربوط به خاک وابسته است [۲۴]. در این تحقیق، با وجود یکسان بودن وزن بنه‌های کشت‌شده تعداد گل به‌شکل معناداری تحت تأثیر تیمارها قرار گرفته است. بررسی تعداد گل حاکی از اختلاف زیاد تیمار نانوکلات و کلات معمولی است که به‌احتمال زیاد ناشی از توانایی رساندن و فراهمی عنصر توسط این نانوکلات به گیاه زعفران است (شکل ۲).

اثر متقابل نوع و مقدار کود آهن، وزن تر کلاله در گیاه زعفران را در سطح ۵ درصد تحت تأثیر قرار داد. بررسی نتایج نشان داد که کاربرد کود آهن بر عملکرد کلالهٔ تر تأثیرگذار بوده است و روندی افزایشی دارد. به‌ازای مصرف کود کلات آهن افزایش عملکرد کلالهٔ تر هم در تیمار کلات معمولی و هم در نانوکلات مشاهده می‌شود، اما کاربرد کود نانوکلات مؤثرتر از کود معمولی بوده است، به‌شکلی که روند تغییرات در این تیمار با شدت بیشتری صعودی است. در بین تیمارهای آزمایش، حداکثر میانگین این صفت برای تیمار کاربرد ۱۰ کیلوگرم نانوکلات ۲۱ کیلوگرم در هکتار و حداقل میانگین وزنی مشاهده‌شده برای تیمار شاهد ۸ کیلوگرم در هکتار بود (شکل۳). دلیل بیشتر بودن عملکرد کلاله را می‌توان چنین بیان کرد که در برگ‌های گیاهان تیمارشده با کود نانوکلات آهن، مقدار کلروفیل افزایش می‌یابد که به سنتز مواد فتوسنتزی و رشد بیشتر برگ منجر می‌شود. این پدیده در سال‌های اول و دوم این تحقیق نیز مشاهده شد (داده‌های سال اول نشان داده نشده‌اند) که در نهایت در پایان سال اول به تولید بنه‌های با وزن بیشتر منجر شد [۱۸]. ازآنجا که بنه‌های درشت‌تر گل‌های بیشتر و بزرگ‌تری تولید می‌کنند، این وضعیت در سال دوم که نتایج آن در این تحقیق نشان داده شده است به تولید کلاله و عملکرد بیشتر کلاله منجر شد.

تمام تیمارهای اعمال‌شده موجب افزایش وزن تر کلاله شد که ممکن است ناشی از تأثیر عنصر آهن در گل‌انگیزی بیشتر در خانوادهٔ زنبقیان باشد [۱]، همچنین تیمار ۵ کیلوگرم نانوکلات و تیمار ۱۰ کیلوگرم کلات معمولی در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند (شکل۳). عملکرد کلالهٔ تر از مهم‌ترین اجزای عملکرد است که ارزش اقتصادی محصول زعفران به آن وابسته است. بررسی محققان، همبستگی قوی بین تعداد گل و وزن تر کلاله را نشان داده است، به‌طوری که هرچه تعداد گل بیشتر باشد، کلالهٔ بیشتری نیز حاصل می‌شود [۱]. به‌نظر می‌رسد تفاوت ۶۱/۷ درصدی بین تیمار ۱۰ کیلوگرم نانوکلات و تیمار شاهد به دلیل کارایی زیاد نانوکلات باشد.

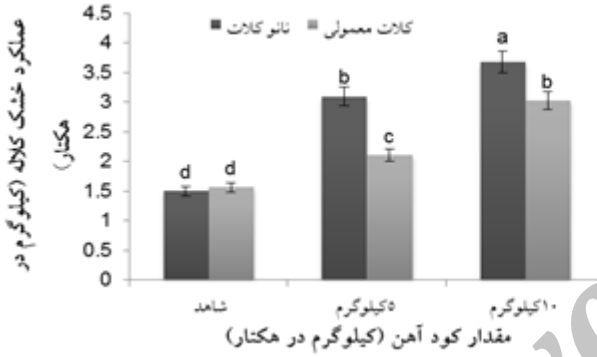
Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۱. اثر متقابل نوع و مقدار کود آهن بر وزن تر گل زعفران



شکل ۲. اثر متقابل نوع و مقدار کود آهن بر تعداد گل زعفران

شکل ۳. اثر متقابل نوع و مقدار کود آهن بر عملکرد تر کلالهٔ زعفران



شکل ۴. اثر متقابل نوع و مقدار کود آهن بر عملکرد خشک کلالهٔ زعفران

نوع و مقدار کود آهن هر کدام در سطح یک درصد و اثرهای متقابل آنها در سطح احتمال ۵ درصد وزن خشک کلاله را تحت تأثیر قرار داده است. بررسی نتایج نشان دهندهٔ روندی افزایشی در صفت وزن خشک کلاله در همهٔ تیمارهای آزمایش است، با اضافه کردن مقدار کلات آهن وزن خشک کلاله نیز افزایش یافت که این افزایش در تیمار نانوکلات با نرخ بیشتری دیده شد (شکل ۴). بیشترین و کمترین میانگین وزنی به ترتیب مربوط به تیمار ۱۰ کیلوگرم نانوکلات و تیمار شاهد به‌مقدار ۳/۶ و ۱/۵ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین تیمار کاربرد ۵ کیلوگرم نانوکلات و ۱۰ کیلوگرم کلات معمولی در یک گروه آماری قرار گرفت. کلالهٔ خشک (عملکرد زعفران) نیز همانند صفات وزن تر گل، تعداد گل و وزن تر کلاله به‌طور مؤثری تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت که حاکی از همبستگی قوی این صفت با صفات مذکور است (شکل ۴) [۱]. نانوکلات ۵۹/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد موجب افزایش عملکرد کلالهٔ خشک شد. به نظر می رسد محلول‌پاشی نانوکود کلات آهن سبب دسترسی بهتر عناصر غذایی، افزایش فتوسنتز و ماده‌سازی در گیاه شده و افزایش فتوسنتز و ماده‌سازی موجب افزایش چشمگیر وزن تر و خشک کلاله می‌شود؛ درحالی که وزن خشک کلاله با یک بار محلول‌پاشی کود کامل در نیمهٔ اسفند ۳۳ درصد افزایش پیدا کرد [۶]. فقیر بودن مزرعه از نظر مقدار آهن از یک طرف و کارایی نانوکلات در رهاشدن تدریجی از طرف

Archive of SID
www.SID.ir

دیگر، به‌احتمال زیاد به افزایش عملکرد منجر شده است؛ اضافه کردن کلات در هر دو صورت نانوکلات و کلات معمولی نیز سبب افزایش عملکرد شده که خود حاکی از مؤثر بودن عنصر آهن در این گیاه نظیر سایر گیاهان و تأثیر آهن در فرایندهای تنفس و آنابولیک است [۲۵].

جدول تجزیهٔ واریانس نشان داد که نوع و مقدار کود آهن هر کدام در سطح ۱ درصد و اثرهای متقابل آنها در سطح ۵ درصد، بزرگ‌ترین بنهٔ دختری را تحت تأثیر قرار داده است (جدول ۳). بررسی روند نمودار در این صفت حاکی از آن است که همهٔ تیمارها موجب افزایش وزن بنه شدند. شیب این نمودار در تیمارهای نانوکود با شدت بیشتری افزایش داشته است، به‌نحوی که وزن بنه‌های اصلی در تیمار ۱۰ کیلوگرم نانوکلات ۷۰ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. همچنین بعد از این تیمار، تیمارهای کاربرد ۵ کیلوگرم نانوکلات و ۱۰ کیلوگرم کلات معمولی با قرار گرفتن در یک گروه آماری، برتری ۵۰ درصدی بر تیمار شاهد داشتند (شکل ۵). این تیمارها به‌دلیل ایجاد شرایط تغذیه‌ای بهینه از طریق فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، تأثیر مثبتی بر رشد و عملکرد زعفران داشتند. وزن بنه از دیدگاه اقتصادی نیز دارای اهمیت است، زیرا بنه‌های کوچک به‌طور معمول در سال اول گل نمی‌دهند و کاشت آنها مقرون‌به صرفه نیست. تولید بنه با وزن بیشتر می‌تواند تولید گل و در نهایت عملکرد سال آینده را تضمین کند، به‌طوری که تحقیقات نشان داده است همبستگی مثبت بین وزن بنهٔ زعفران و عملکرد گل است [۱]. تجزیه‌وتحلیل داده‌های به دست‌آمده نشان داد وزن کل بنه‌ها تحت تأثیر اثرهای اصلی نوع و مقدار کود در سطح ۱ درصد آماری قرار گرفت. روند نمودار نشان دهندهٔ افزایشی بودن تیمارهای آزمایشی است، به‌شکلی که افزایش مقدار کلات آهن، وزن کل بنه‌ها را افزایش داد و نیز کاربرد کود نانوکلات آهن، وزن بنه‌ها را بیشتر از کلات معمولی آهن افزایش داد (جدول ۳). با توجه به معنادار بودن اثر تیمارهای کودی بر کلروفیل کل و همچنین تولید بیشتر برگ‌های طویل‌تر که به ایجاد شاخص سطح برگ بیشتر و فراهم کردن شرایط بهینه‌ای برای تولید ترکیبات فتوسنتزی منجر می‌شود، احتمالاً تولید بنه‌های با وزن بیشتر نسبت به تیمار شاهد را موجب شده است، به‌شکلی که رشد مطلوب برگ ها امکان استفادهٔ بیشتر از شرایط محیطی و افزایش مقدار مواد فتوسنتزی ساخته شده را به‌دنبال دارد که در نهایت موجب ایجاد بنه‌های بزرگ‌تر با وزن بیشتر در پایان فصل رشد می‌شود.

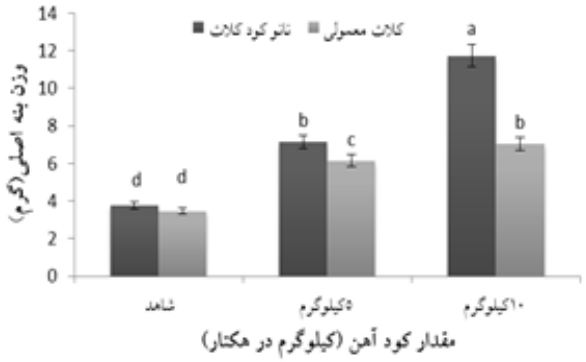
جدول ۳. مقایسهٔ میانگین اثرهای سادهٔ تأثیر نوع و مقدار کود آهن بر برخی صفات گیاه زعفران

تیمار	وزن کل بنه (kg/ha)	قطر بنه (cm)	عملکرد برگ (kg/ha)	غلظت آهن (gr/kg)	جذب آهن کل (kg/ha)	کروسین ($E^{1\%}_{1cm}$)	پیکروکروسین ($E^{1\%}_{1cm}$)
نوع کود آهن							
کلات معمولی	۱۸۵۰^{b}	۲/۳^{b}	۱۱۶۰^{b}	-	۰/۴۹^{b}	۸۹/۳۳^{b}	۷۷/۴۴^{b}
نانوکلات	۲۱۸۴^{a}	۲/۴۹^{a}	۱۳۰۰^{a}	-	۰/۵۵^{a}	۹۱/۸۸^{a}	۸۰/۱۱^{a}
مقدار کود آهن (Kg)							
۰	۱۴۷۴^{c}	۲/۰۱^{c}	۱۰۱۸^{c}	۵/۲۷^{a}	-	۸۳/۱۶^{c}	۷۲^{c}
۵	۲۱۷۲/۸^{b}	۲/۳۱^{b}	۱۱۷۰^{b}	۴/۸۷^{ab}	-	۹۱/۶۶^{b}	۷۸/۵^{b}
۱۰	۲۴۰۳/۶^{a}	۲/۸۸^{a}	۱۵۰۰^{a}	۴/۳^{b}	-	۹۷^{a}	۸۵/۸۳^{a}

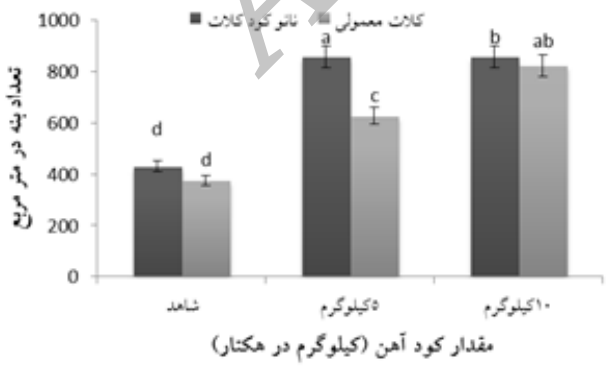
† - میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و برای هر فاکتور براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Archive of SID
www.SID.ir

تجزیه‌وتحلیل داده‌های به‌دست‌آمده نشان داد که قطر بزرگ‌ترین بنهٔ دختری تحت اثرهای اصلی نوع و مقدار کود در سطح ۱ درصد آماری قرار گرفت (جدول ۳). در بررسی انجام‌گرفته، تیمار نانوکلات سبب افزایش قطر بزرگ‌ترین بنهٔ دختری به میزان بیشتری نسبت به تیمار کلات معمولی شد. این افزایش قطر ممکن است ناشی از تأثیر و کارایی زیاد نانو نسبت به کلات معمولی باشد. همچنین قطر بزرگ‌ترین بنهٔ دختری با کاربرد ۵ و ۱۰ کیلوگرم کود آهن ۱۳ و ۲۸ نسبت به‌تیمار شاهد افزایش نشان داد، به‌نحوی که روند افزایشی در داده‌ها مشاهده می‌شود و به‌ازای یک واحد افزایش که در این پژوهش ۵ کیلوگرم است، قطر بنه در حدود دو برابر بزرگ‌تر شد (جدول ۵). اندازهٔ بنه یکی از عوامل اصلی است که ظرفیت این گیاه را برای گلدهی تعیین می‌کند [۱]. رابطه‌ای قوی بین اندازهٔ بنه و گلدهی در زعفران وجود دارد، به‌شکلی که بنه‌های بزرگ‌تر احتمال گلدهی بیشتری در سال آینده دارند و می‌توانند عملکرد بیشتری را از نظر کمی در مزرعهٔ زعفران داشته باشند. تعداد بنهٔ دختری تحت اثرهای اصلی نوع و مقدار کود در سطح ۱ درصد آماری قرار گرفت (جدول ۳). بررسی روند نمودار در سطح ۵ کیلوگرم در هکتار روندی افزایشی برای هر دو نوع نشان می‌دهد. ۱۰ کیلوگرم در هکتار نانوکود دارای روندی نزولی است؛ البته این روند با نرخ کمی در حال کاهش است، درصورتی که ۱۰ کیلوگرم کلات معمولی همچنان صعودی است. برای اثر متقابل نوع و سطوح کود در ارتباط با تعداد بنه، اختلاف معنادار از نظر آماری و در سطح ۱ درصد وجود دارد. بیشترین تعداد بنه تحت کاربرد نانوکلات به مقدار ۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد؛ البته شایان ذکر است که تیمارهای کاربرد ۱۰ کیلوگرم نانوکلات و کلات معمولی نیز با این تیمار در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۶). استفاده از عناصر ریزمغذی به‌خصوص آهن، در گیاه زعفران موجب افزایش وزن تازه و خشک، درصد مادهٔ خشک پیازها و تعداد بنه می‌شود و ریشه‌های پیاز را افزایش می‌دهد که این اثرها ممکن است در نتیجهٔ بهبود تغذیه و افزایش توان فتوسنتزی گیاه و در نهایت رشد بهتر گیاه باشد. افزایش تعداد بنه می‌تواند سبب افزایش عملکرد در سال آینده شود، درصورتی که وزن بنه‌های تولیدی نیز در حد مطلوبی باشد، به‌طوری که بنه‌های با وزن کمتر از ۸ گرم توان گل‌آوری محدودی دارند [۵].



شکل ۵. اثر متقابل نوع و مقدار کود آهن بر وزن بنهٔ اصلی زعفران



شکل ۶. اثر متقابل نوع و مقدار کود آهن بر تعداد بنهٔ زعفران

Archive of SID
www.SID.ir

بررسی میانگین مربعات جدول ۳ نشان‌دهندهٔ اثر متقابل معنادار نوع و مقدار کود بر تعداد برگ زعفران بود. بررسی روند نمودار، بیانگر افزایشی بودن پاسخ به تیمار آهن است و شیب نمودار در تیمار نانوکلات با نرخ بیشتری افزایش نشان می‌دهد که با وجود متقاطع نبودن نمودارها اثر برهمکنش معنادار شده است. مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد که تعداد برگ بیشتر در اثر کاربرد ۱۰ کیلوگرم نانوکلات به میزان ۶۰ درصد به‌دست آمد و تیمارهای کاربرد ۵ کیلوگرم نانوکلات و ۱۰ کیلوگرم کلات معمولی ۴۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد.

فراهمی عناصر غذایی از طریق تأثیر بر فرایندهای رشد گیاه زراعی، می‌تواند موجب افزایش عملکرد و بهبود رشد گیاه شود و در نهایت توانایی آن را برای جذب تشعشع خورشیدی با توسعهٔ سطح برگ افزایش خواهد داد [۲]. بین تعداد برگ و شاخص سطح برگ در گیاه زعفران رابطه‌ای قوی وجود دارد. ازآنجا که برگ به‌طور مستقیم از بنه خارج می‌شود و ساقه وجود ندارد، تعداد برگ بیشتر می‌تواند به‌شکل مستقیم موجب افزایش شاخص سطح برگ شود [۸].

عملکرد برگ تحت تأثیر مقادیر مختلف و نوع کود در سطح آماری ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۳). روند نمودار در صفت عملکرد خشک نسبت به اعمال مقادیر متفاوت کلات آهن افزایشی است، به‌نحوی که با افزایش مقدار کود، عملکرد خشک برگ نیز افزایش یافته است. بررسی نتایج مقایسهٔ میانگین برای صفت مذکور نشان داد کاربرد ۵ و ۱۰ کیلوگرم آهن به‌ترتیب سبب افزایش ۸ و ۱۴ درصدی وزن اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین نانوکلات سبب افزایش عملکرد خشک اندام هوایی نسبت به کلات معمولی به میزان ۴/۵ درصد شد. اندام هوایی یکی از اصلی‌ترین صفات برای بررسی تخصیص مواد فتوسنتزی به بنه است [۳]. وزن خشک اندام هوایی (وزن خشک برگ)، حاصل تعداد برگ در هر بنه، طول و عرض آن است. با توجه به معنادار شدن صفات طول برگ و تعداد برگ می‌توان معنادار شدن این صفت را پیش‌بینی کرد. طی پژوهشی بر روی گیاهان زراعی مختلف بیان شد که کمبود آهن ممکن است به کاهش وزن خشک محصولات زراعی منجر شود، اگرچه این کاهش بسته به نوع گیاه، متفاوت است [۷].

نتایج جدول تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که کاربرد سطوح مختلف کود اثرهای متفاوتی بر غلظت آهن در برگ داشته است، ولی نوع کود و اثرهای متقابل این دو عامل از لحاظ آماری اختلاف معناداری نشان نداد (جدول۴). مقایسهٔ میانگین داده‌ها برای سطوح کودی نشان‌دهندهٔ برتری شاهد است (جدول ۵). شایان ذکر است که کاربرد ۵ کیلوگرم کود نیز با شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت. آهن یکی از عناصر کم‌مصرف بسیار مهم برای گیاهان به حساب می‌آید که کمبود آن به بروز زردبرگی، تغییر غلظت و محتوای آهن و سایر عناصر فلزی در بافت‌های گیاهی منجر می‌شود که این صفات ارتباط نزدیکی با عملکرد گیاهان زراعی دارند [۴]. یافته‌های مشابهی نیز در مورد گیاه سویا حاکی از آن بود که با مصرف اف ای ای دی دی اچ آ[1] در این گیاه، آهن کل افزایش نشان داد [۱۱]. افزودن نانواکسیدآهن در خاک سبب افزایش غلظت آهن در اندام هوایی گندم شد [۲۲]. علت اصلی کاهش غلظت آهن، می‌تواند اثر رقت باشد که با افزایش تولید مادهٔ خشک بیشتر، غلظت عنصر آهن کاهش یافته است [۱۰].

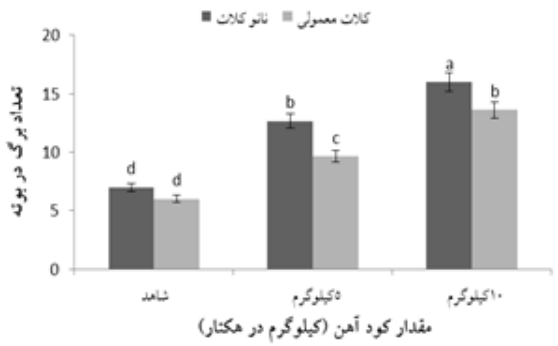
جذب آهن کل توسط گیاه در اندام هوایی تحت تأثیر نوع کلات در سطح آماری ۵ درصد قرار گرفت (جدول۴). بررسی نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که نانوکلات

1. FEEDDHA Fe ethylenediaminedi (*o*-hydroxyphenylacetic) acid

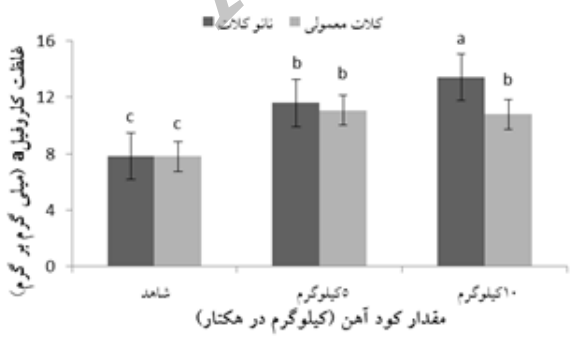
Archive of SID
www.SID.ir

نسبت به کلات معمولی در گروه‌بندی بالاتری قرار گرفت (جدول ۵). این صفت حاصل غلظت آهن در اندام هوایی و عملکرد برگ است و هرچه وزن خشک در واحد بیشتر باشد، جذب کل عناصر از خاک افزایش نشان خواهد داد. رابطهٔ مستقیمی بین مقدار جذب آهن کل و غلظت آهن در بافت مورد نظر وجود دارد که در این بررسی با وجود کاهش غلظت آهن به‌ازای افزایش مقدار کود به‌علت افزایش تولید اندام هوایی با نرخ بالاتر، اثر رقت می‌تواند دلیلی بر کاهش غلظت در اثر اعمال تیمار کلات آهن باشد [۲۳،۱۰]. نتایج بررسی واریانس داده‌ها نشان داد که محتوای کلروفیل a تحت تأثیر نوع کود و مقدار کود آهن و اثر متقابل این دو قرار گرفت، ولی عوامل آزمایش تأثیر معناداری از لحاظ آماری بر کلروفیل b نداشتند. مقایسهٔ میانگین اثرهای سادهٔ نوع کود برای صفت کلروفیل a نشان از برتری ۱۰ درصدی نانوکلات نسبت به کلات معمولی داشت. همچنین غلظت کلروفیل a در تیمارهای کاربرد کود نسبت به تیمار عدم کاربرد ببیشتر بود. علت احتمالی کاهش غلظت آهن در تیمارهای کاربرد کود، مصرف آهن در فرایند تولید کلروفیل و چرخه‌های انتقال انرژی است که بیانگر عملکرد بیشتر در تیمارهای کاربرد کود نیز است. بررسی‌ها در مورد لوبیاچیتی نشان داد که اعمال تیمار نانوکلات آهن به‌مقدار ۹ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش رنگیزه‌های کلروفیل a و b، کلروفیل کل و کارتنوئید شد [۹].

کلروفیل کل ضریبی از کلروفیل‌های a و b است. در این آزمایش با توجه به معنادار نبودن مقدار کلروفیلb تحت تأثیر عوامل آزمایش احتمالاً کلروفیل کل بیشتر تحت تأثیر کلروفیلa قرار گرفت. نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌های کلروفیل کل نشان‌دهندهٔ تأثیر معنادار اثر متقابل نوع و مقدار کود آهن بر این صفت بود. همچنین سطوح کود در سطح ۱ درصد از لحاظ آماری تأثیر معناداری بر محتوای کارتنوئید داشت. مقایسهٔ میانگین صفت کلروفیل کل نشان‌دهندهٔ برتری سه تیمار کاربرد ۵ و ۱۰ کیلوگرم نانوکلات و کاربرد ۱۰ کیلوگرم کلات معمولی با قرار گرفتن در یک گروه آماری بود. مقایسهٔ میانگین داده‌های کارتنوئید تحت سطوح کودی نشان‌دهندهٔ تأثیر مثبت کاربرد یکسان سطوح مختلف کود نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۱۰). کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار کلات آهن سبب افزایش ۳/۵ برابری محتوای کلروفیل و شاخص سطح برگ در درخت پسته بود [۱۸]. ضریب خاموشی کروسین حاصل از کلاله‌ها تحت تأثیر سطوح مختلف کود در سطح آماری ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۴). به‌ازای اضافه کردن یک واحد کود، ضریب خاموشی کروسین تیمارهای مربوط افزایش نشان داد.

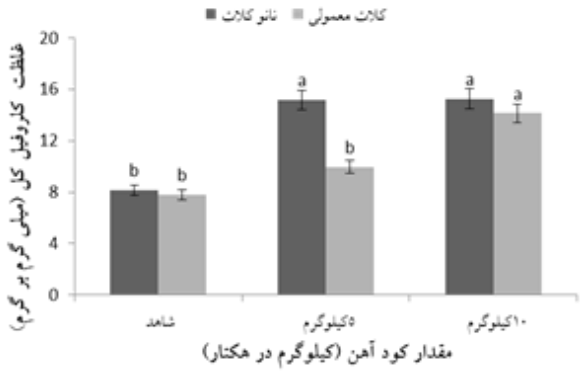


شکل ۷. اثر متقابل نوع و مقدار کود آهن بر تعداد برگ زعفران



شکل ۸ . اثر متقابل نوع و مقدار کود آهن بر غلظت کلروفیل a زعفران

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۹. اثر متقابل نوع و مقدار کود آهن بر کلروفیل کل زعفران

شکل ۱۰. اثر متقابل نوع و مقدار کود آهن بر غلظت کارتنوئید زعفران

شکل ۱۱. اثر متقابل نوع و مقدار کود آهن بر ضریب خاموشی سافرانال در کلالهٔ خشک زعفران

بررسی نتایج جدول مقایسهٔ میانگین برای صفت مذکور نشان داد که کاربرد ۵ و ۱۰ کیلوگرم آهن به‌ترتیب سبب افزایش ۹ و ۱۴ درصدی ضریب خاموشی کروسین نسبت به شاهد شد. میزان شاخص‌های کیفی زعفران به‌شدت به محیط کشت بستگی دارد، به‌طوری که شاخص‌های کیفی یک نژاد در محیط‌های گوناگون بسیار متفاوت خواهد بود [۱۶].

نتایج جدول تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که کاربرد سطوح مختلف کود اثر معناداری بر صفت ضریب خاموشی سافرانال در سطح ۱ درصد آماری داشت (جدول ۴). بررسی اثرهای متقابل این دو عامل از لحاظ آماری اختلاف معناداری نشان داد، به‌طوری که اعمال تیمار نانوکلات به‌مقدار ۱۰ کیلوگرم در هکتار در بالاترین گروه آماری، و تیمار شاهد در پایین‌ترین گروه آماری قرار گرفتند. تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار کلات معمولی و تیمار ۵ کیلوگرم در هکتار نانوکلات با دارا بودن یک حرف مشترک در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۱۱). یافته‌ها حاکی از آن است که سافرانال در کلالهٔ رسیده از هیدروکسی- بی- سیکلوسیترال[1] و بی- دی گلوکوپیرانوساید[2] ساخته می‌شود. هر چند ترکیبات زیادی همبستگی قوی با

1 . Hydroxyl-B-cyclocitral
2 . B-D-glucopyranoside

Archive of SID
www.SID.ir

سنتز سافرانال از خود نشان داده‌اند، ترکیبات فوق از ردهٔ ترپن‌هاست [۲۴]. براساس یافته‌های، عنصر آهن برای سنتز کلروپلاست و کارتنوئیدها لازم است و از طرف دیگر، بیوسنتز سافرانال در گیاه زعفران از جداسازی زازانتین[1] از چرخهٔ کارتنوئیدها شروع می‌شود؛ بنابراین افزایش کود آهن می‌تواند سنتز کارتنوئیدها را افزایش دهد و از این طریق بر بیوسنتز سافرانال تأثیر بگذارد [۱۲].

نتایج تجزیهٔ واریانس ضریب خاموشی پیکروکروسین زعفران نشان داد که عوامل نوع و مقدار کود آهن، اثر معناداری در سطح ۵ درصد بر این صفت داشت، به نحوی که گیاهان تیمار شده با نانوکلات غلظت بیشتری از کلات معمولی داشتند (جدول ۴). همچنین بررسی مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش مقدار کود آهن، ضریب خاموشی پیکروکروسین نیز افزایش یافت. شایان ذکر است که از لحاظ آماری بین کاربرد ۵ و ۱۰ کیلوگرم کود اختلاف معناداری دیده نشد (جدول ۵). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، کاربرد نانوکلات آهن به‌دلیل فراهمی و در دسترس قرار دادن عنصر غذایی آهن، نسبت به کلات معمولی دارای مزیت بیشتری بود، به طوری که در همهٔ صفات مورد اندازه‌گیری به‌خصوص صفات کمی کاربرد نانو کود آهن نسبت به کلات معمولی دارای میانگین تولیدی بیشتری بود. رنگیزه‌هایی نظیر کروسین و پیکروکروسین متابولیت‌های ثانویه های هستند که در مسیر اسید موالونیک بیوسنتز می شوند [۲۴]. اسید موالونیک از محصولات تنفس است، به طوری که استیل کوآنزیم A یک ترکیب واسط در تجزیهٔ تنفسی کربوهیدرات و متابولیسم اسید چرب بوده و شروع مسیر بیوسنتز موالونیک است. نقش آهن به‌عنوان یک کاتالیزور در فرآیند تنفس اثبات شده است، ازاین‌رو فراهمی عنصر آهن می‌تواند به‌شکل مؤثری موجب افزایش متابولیت‌های ثانویه به‌خصوص گروه ترپن‌ها شود. نانوکلات آهن با برتری بر کلات معمولی در گروه آماری بالاتری قرار گرفته است. کمبود آهن عارضه‌ای شایع است که در خیلی از نواحی جهان رشد گیاهان را تحت تأثیر قرار می دهد و به طور عمده با اسیدیته و آهکی بودن خاک در ارتباط است، زیرا کیفیت محصول و عملکرد ممکن است به شدت تحت تأثیر قرار گیرد [۳]. براساس نتایج به دست‌آمده، کاربرد کود آهن برای افزایش تولید از نظر کمیت و کیفیت برای زراعت زعفران لازم است و کاربرد کود آهن به‌صورت نانوکلات به‌دلیل استفادهٔ کمتر از این منبع کودی و عملکرد تولیدی بیشتر در مقایسه با کلات معمولی توصیه می‌شود.

1. zeaxanthin

منابع

۱. امیدی ح، نقدی‌بادی ح، گلزاد ع، ترابی ح و فتوکیان م (۱۳۸۸) تأثیر کود شیمیایی و زیستی نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی زعفران. گیاهان دارویی. ۳۰: ۱۵-۴.

۲. بهدانی م ع، کوچکی ع، نصیری محلاتی م و رضوانی مقدم پ (۱۳۸۴) ارزیابی روابط کمی بین عملکرد و مصرف عناصر غذایی در زعفران: مطالعه در مزارع کشاورزی On-Farm. پژوهش‌های زراعی ایران. ۳(۱): ۱۴-۱.

۳. پورابراهیمی م، روستا ح ر و حمیدپور م (۱۳۹۳) اثر متقابل بی‌کربنات سدیم و منابع مختلف آهن بر غلظت عناصر کم مصرف در گیاه فلفل دلمه‌ای. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۵(۱۷): ۳۸-۲۷.

۴. سادات طباطبایی س، رزازی ع، خوش‌گفتارمنش ا ح، خدائیان ن، مهرابی ز، عسگری ا، فتحیان ش و رمضان‌زاده ف (۱۳۹۰) تأثیر کمبود آهن بر غلظت، جذب و انتقال نسبی آهن، روی و منگنز در برخی محصولات زراعی با آهن کارایی مختلف در شرایط آبکشت. آب و خاک. ۲۵(۴): ۷۳۵-۷۲۸.

Archive of SID
www.SID.ir

۵. صادقی ب (۱۳۷۲) اثر انبارداری و تاریخ کاشت بنه در گل‌آوری زعفران. سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، مرکز خراسان.

۶. صادقی ب (۱۳۸۲) زعفران یک میراث فرهنگی، یک دغدغه ملی. مجموعهٔ چکیده مقالات سومین همایش ملی زعفران ایران، مشهد. ۸۵ ص.

۷. عشقی‌زاده ح ر، خوش‌گفتارمنش ا ح، اشرافی ع، معلم ا ح، پورسخی ن، پورقاسمیان ن و گرجی میلادی ا (۱۳۸۷) کارایی آهن تعدادی از محصولات زراعی در محیط کشت محلول. علوم فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴۶: ۶۶۴-۶۵۵.

۸. کوچکی ع، جهانی م، تبریزی ل و محمدآبادی ع ا (۱۳۹۰) ارزیابی اثر کودهای بیولوژیکی و شیمیایی و تراکم بر عملکرد گل و ویژگی‌های بنه زعفران (*Crocus sativus* L.). آب و خاک. ۲۵(۱): ۲۰۶-۱۹۶.

۹. محمدزاده آ، مجیدی ح، مقدم ح، مجنون حسینی ن و بقایی ن (۱۳۹۰) بررسی تأثیر نانوکود کلاته آهن بر محتوی آهن و کلروفیل در لوبیا چیتی. دومین کنفرانس ملی فیزیولوژی گیاهی ایران. ۹-۸ اردیبهشت ماه. یزد.

۱۰. ملکوتی م ج و سمر م (۱۳۷۷) روش‌های کاربردی برای مقابله با کمبود آهن در درختان میوه. مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب. نشر آموزش کشاورزی. ۱۴ ص.

۱۱. موسیوند م، خورگامی ع و رفیعی م (۱۳۸۸) بررسی تأثیر غلظت آهن بر رشد و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف سویا. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱(۴):۴۵-۳۵.

12. Akbarian MM, Heidari Sharifabad H, Noormohammadi G and Darvish Kojouri F (2012) The effect of potassium, zinc and iron foliar application on the production of saffron (*Crocus sativa*). Annals of Biological Research. 3(12): 5651-5658.

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

14. Baghaie N, Keshavarz N, Amini Dehaghai M and Nazaran MH (2012) Effect of Nano iron chelate fertilizer on yield and yield components of Cumin (*Cuminum Cyminum*) under different irrigation intervals. National Congress on Medicinal Plants. Kish Island. Iran.

15. Cui HC, Sun Q, Liu J and Jiang GU (2006) Applications of Nanotechnology in Agrochemical Formulation. Perpectiv, Challenges and Strategies, Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijig, China. Pp. 1-6.

16. Gresta F, Avola G, Lombardo GM, Siracusa L and Ruberto G (2009) Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by environmental conditions. Scientia Horticulturae. 119(3): 320-324.

17. Harris DC (2003) Quantitative Chemical Analysis. Sixth Edition, W.H. Freeman Publisher. P. 928.

18. Hokmabadi H, Haidarinezad A, Barfeie R, Nazaran M, Ashtian M and Abotalebi A (2006) A New Iron chelate Introduction and Their Effects on Photosynthesis activity, chlorophyll content and nutrients Uptake of Pistachio (*Pistacia vera* L.) 27th International Horticultural congress and Exhibition. Seoul. Korea. August 13-19.

Archive of SID

www.SID.ir

19. ISO/TS 3632-1/2 (2003) Technical Specification. Saffron (*Crocus sativus* L). Ed. ISO, Geneva, Switzerland.

20. Jones JR, Wolf JB and Mills HA (1991) Plant analysis hand book: A practical sampling preparation analysis and interpretation guide. MicroMacro Publishing Inc. Athens, Georgia, USA.

21. Ladan Moghadam A, Vattani H, Baghaei N and Keshavarz N (2012) Effect of Different Levels of Fertilizer Nano Iron Chelates on Growth and Yield Characteristics of Two Varieties of Spinach (*Spinacia oleracea* L.): Varamin 88 and Viroflay. Research of Applied Sciences, Engineering and Technology. 4(12): 4813-4818.

22. Mazaherinia S, Astaraei AR, Fotovat A and Monshi A (2010) Nano Iron Oxide Particles efficiency on Fe, Mn, Zn and Cu Concentrations in Wheat Plant. World Applied Sciences. 7: 36-40.

23. Romaheld V and Marschner H (1986) Mobilization of iron in the rhizosphere of different plant species. Plant Nutrition. 2: 155-204.

24. Rubio Moraga Á, Luis Rambla J, Ahrazem O, Granell A and Gómez-Gómez L (2009) Metabolite and target transcript analyses during *Crocus sativus* stigma development. Phytochemistry, 70: 1009-1016.

25. Zuo Y and Zhang F (2011) Soil and crop management strategies to prevent iron deficiency in crops. Plant and Soil. 339: 83-93.

Archive of SID

www.SID.ir