نشریه پژوهش‌های زعفران ۲(۱۳۹۲) ۱۶۹-۱۵۶.

ارزیابی مقایسه کود کلات آهن با بنیان‌های نانو و میکرو بر عملکرد کمی و تخصیص مواد فتوسنتزی زعفران زراعی (*Crocus sativus* L.)

نسیم بقایی[1*] و سعیده ملکی فراهانی[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران

*- نویسنده مسئول: E-mail: maleki@shahed.ac.ir

بقایی، ن.، و ملکی فراهانی، س.، ۱۳۹۲. مقایسه کود کلات آهن با بنیان‌های نانو و میکرو بر عملکرد کمی و تخصیص مواد فتوسنتزی زعفران زراعی (*Crocus sativus* L.). نشریه پژوهش‌های زعفران ۱(۲): ۱۶۹-۱۵۶.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۱۳

چکیده

به منظور بررسی اثر کود آهن با بنیان‌های متفاوت نانو و میکرو بر عملکرد کمی و تخصیص مواد فتوسنتزی زعفران آزمایشی به صورت فاکتوریل در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل دو نوع کود کلات آهن معمولی و نانو در سه سطح صفر، ۵ و ۱۰کیلوگرم در هکتار بود. صفات مورد بررسی از قبیل طول برگ، تعداد برگ، تعداد گل، وزن کل پداژه، وزن تر گل، وزن پداژه اصلی، تعداد پداژه، عملکرد خشک کلاله، غلظت آهن در اندام هوایی و قطر پداژه اصلی به طور معنی‌داری (در سطح ۱ تا ۵ درصد) تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت. با افزایش مقدار هر دو نوع کود، عملکرد زعفران افزایش یافت و کاربرد ۱۰ کیلوگرم نانو کلات سبب افزایش وزن خشک کلاله (۵۹ درصد)، وزن تر گل (۶۹ درصد)، تعداد گل (۵۱ درصد)، تعداد برگ (۶۲ درصد)، طول برگ (۱۴ درصد)، قطر پداژه اصلی (۳۳ درصد) و وزن کل پداژه (۴۲ درصد) نسبت به شاهد گردید. تیمار کاربرد ۵ کیلوگرم نانو کلات منجر به افزایش ۵۶ درصدی تعداد پداژه نسبت به شاهد گردید. بررسی غلظت آهن در اندام هوایی تحت تأثیر نوع کود قرار نگرفت، اما با افزایش مقدار کود آهن، غلظت آهن در اندام هوایی کاهش یافت. جذب آهن کل در اندام هوایی در تیمار کود نانو ۱۱ درصد نسبت به کود میکرو افزایش معنی‌دار نشان داد. به طور کلی، نتایج نشان داد که کود آهن با بنیان نانو نسبت به میکرو مؤثرتر می باشد به نحوی که در بیشتر صفات تیمار پنج کیلوگرم نانو کلات معادل ۱۰ کیلوگرم کود کلات معمولی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پداژه، زعفران، کلاله، کود آهن، نانو کود.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. متعلق به خانواده زنبق از با ارزش‌ترین و گران بهاترین گونه‌های گیاهان زراعی ، ادویه‌ای در دنیا است که اغلب در مناطقی که اقلیم خشک دارند، کشت می‌شود (Abdullaev, 2003; Melnyk et al.,2010; Molina et al, 2004). عملکرد و کیفیت زعفران تحت تأثیر ویژگی‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، آموزشی و فرهنگی زعفران‌کاران قرار دارد (Aghaee & Rezagholizadeh, 2011). عملیات به زراعی و بهسازی فرآیند تولید و عرضه محصول و بالاخره ایجاد تحولات لازم در جهت بهبود وضع کمی و کیفی محصول در گرو تحقیق، آموزش و ترویج فنون جدید کاشت، داشت، برداشت محصول است. کاربرد تکنیک‌های جدید می‌تواند به زعفران ایران کمک کند تا در بازارهای جهانی با زعفران تولیدی سایر کشورها به رقابت بپردازد (Aghaee & Rezagholizadeh, 2011).

در حال حاضر ایران ۸۵ درصد تولید جهانی زعفران را به خود اختصاص داده است و سطح زیر کشت سالیانه آن در ایران به طور دائم رو به افزایش‌است، به طوری‌که سطح زیر کشت آن در استان خراسان[1] از۲۹۵۰ هکتار در سال ۱۳۵۲ به حدود ۵۴۵۵۰ هکتار در سال ۱۳۸۹ رسیده است (Anonymous, 2011). علیرغم قدمت کشت زعفران، این گیاه در مقایسه با بسیاری از محصولات زراعی رایج در کشور سهم کمتری از فناوری‌های نوین، داشته و تولید آن بیشتر متکی بر دانش بومی بوده است (Koocheki, 2004).

نانو به‌تدریج در حال گذار از مرحله‌ی آزمایشگاهی به مرحله‌ی عملیاتی و کاربردی است و این امر منجر به حضور محسوس‌تر این فناوری در بخش کشاورزی خواهد گردید (Baruah & Dutta, 2009). در این راستا، استفاده از نانو کودها به منظور کنترل دقیق آزادسازی عناصر غذایی می‌تواند گامی مؤثر در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط زیست باشد (Cui et al., 2006). با بکارگیری نانوکودها به عنوان جایگزین کودهای مرسوم، عناصر غذایی کود به تدریج و به صورت کنترل شده در خاک آزاد می‌شوند (Chinnamuthu& Murugesa, 2009).

کشت زعفران بیشتر در مناطق خشک و نیمه خشک معمول می باشد و این مناطق به علت pH بالا، قلیایی بودن خاک و بالا بودن هدایت الکتریکی و کربنات‌های آزاد خاک با مشکل کلروز آهن مواجه بوده به شکلی که عملکرد محصولات زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Zuo & Zhang, 2011). اهمیت آهن در تغذیه گیاهی با توجه به راهبردهایی که گیاهان برای جذب این عنصر تحت شرایط تنش آهن به کار می‌گیرند، مورد تأکید قرار گرفته است. آهن ممکن است به صورت یون فریک (Fe^{3+}) یا فرو (Fe^{2+}) جذب شود، البته چون حلالیت یون فرو بیشتر است، جذب آن نیز بیشتر دیده می‌شود. به طور کلی گیاهان از دو استراتژی مشخص برای محلول نمودن و جذب آهن از خاک استفاده می‌کنند: استراتژی اول که در دو لپ‌های‌ها و تک لپ‌های‌های غیر گرامینه در عکس‌العمل به کمبود آهن مشاهده می‌شود، یک سری واکنش‌ها و تغییرات از لحاظ شکل و وظایف فیزیولوژیک در ریشه‌ها صورت می‌گیرد که این تغییرات موجب افزایش توانایی گیاه برای حل و جذب نمودن آهن از محیط می‌گردد.گیاهان این دسته برای جبران کمبود آهن، در داخل ریشه خود پروتون (احیا کننده) ایجاد کرده که این پروتون به خارج از ریشه پمپ شده و در نتیجه آهن فریک به آهن فرو تبدیل می‌گردد که بیشتر قابل جذب گیاه است. استراتژی دوم در گیاهانی مانند گرامینه‌ها و گراس‌ها مشاهده می‌گردد، ترشح و آزادسازی ترکیبات احیاء کننده در ریشه‌ها از جمله اسید سیتریک و اسید مالیک و همچنین ترشح لیگاندهای آلی با وزن مولکولی کم، به نام سیدروفور که یک آمینو اسید غیر پروتئینی است که موجب تبدیل و احیای Fe^{3+} به Fe^{2+} و افزایش حلالیت می‌گردد (Marschner, 1986). طبق توصیه محققین (Zuo & Zhang, 2011; Ahmadi & Jabbari,2009) فرم کلات شده عناصر ریزمغذی از کارایی بالاتری نسبت به ترکیبات مرسوم برخودار می‌باشند، بدین ترتیب می‌توان کمبود آهن را با مصرف مستقیم آهن کلات شده در ناحیه ریشه یا محلول-پاشی آن به شاخ و برگ گیاه جبران کرد (Ahmadi & Khoshgophtarmanesh et al., 2011; Jabbari, 2009). عامل کلات کننده EDDHA، با قدرت زیادی آهن سه ظرفیتی را نگهداری کرده و از رسوب آن در خاک جلوگیری می‌کند، بدین ترتیب، غلظت آهن در محلول خاک افزایش

۱- منظور استان خراسان قبل از تقسیم به سه استان فعلی است.

Archive of SID

www.SID.ir

چشمگیری می‌یابد و در مجاورت ریشه به دنبال ترشح مواد اسیدی، آهن به فرم دو ظرفیتی احیاء می‌شود. از آنجا که پایداری عامل کلات کننده با آهن دو ظرفیتی چندان زیاد نیست، در مجاورت ریشه آهن از کلات جدا شده و به راحتی توسط ریشه جذب می‌شود (Malakouti & Samar, 1998). نانو کود کلات آهن، با پایه هیدورکربنی ساده بدون پیوند اتیلنی بدون هورمون، با پایداری بالا و رهایش تدریجی عنصر آهن در pH وسیع ۳ تا ۱۱ می‌تواند یک منبع غنی و مطمئن برای تأمین آهن دو ظرفیتی برای گیاه عنوان گردد (Baghaie et al., 2012). بررسی‌های بقایی و همکاران (Baghaie et al., 2012) روی زیره‌سبز نشان داد در شرایط محدودیت آبیاری، می‌توان با کاربرد شش کیلو گرم نانو کود آهن در هکتار، کاهش عملکرد ناشی از افزایش دور آبیاری را جبران نمود. لادن و همکاران (LadanMoghadam et al. 2012) طی پژوهشی در اسفناج مشخص نمودندکه با کاربرد چهار کیلوگرم در هکتار نانو کلات آهن، می‌توان به عملکرد ۳/۷ تن در هکتار در رقم ویروفلای دست یافت که ۷۶ درصد نسبت به شاهد برتری داشت. محققین پس از بررسی و مقایسه انواع کلات‌ها شامل EDDHA، N-ethylenediamine BIS'N و (hydroxyphenylacetic-O) در خاک رسی شنی با pH ۷/۷ گزارش نمودند تیمار گیاه سویا با کلات آهن Fe-EDDHA، آهن کل را تا ۵۰٪ افزایش داد (Schenkeveld et al., 2008). حمزه پور و همکاران (Hamzehpor et al., 2010) به منظور بررسی بر همکنش عناصر روی، آهن و منگنز با هم و تأثیر آهن بر غلظت این عناصر در اندام های مختلف گندم، تحقیق گلخان‌های انجام دادند، تیمارها شامل سه سطح روی (۰، ۴۰ و ۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، سه سطح آهن و سه سطح منگنز (۰، ۱۵ و ۳۰ گرم در کیلوگرم خاک) بودند، چنین نتیجه گرفتند که مصرف خاکی کلات Fe-EDDHA باعث کاهش غلظت روی و منگنز در خوشه (به ترتیب از ۴۶/۶ و ۴۳/۳۱ به ۴۴/۱۸ و ۳۳/۷۶ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک) و ساقه (به ترتیب از ۳۴/۳۵ و ۲۴/۴۳ به ۲۵/۹۷ و ۲۰/۴۲ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک) و افزایش غلظت آن‌ها در ریشه گردید. کمبود آهن، همواره موجب از بین رفتن کلروفیل و تخریب ساختمان کلروپلاست می‌شود (Ahmadi & Jabbari, 2009). از آنجا که تاکنون کودهای کلاته آهن در مقیاس نانو و میکرو به لحاظ اثر بر عملکرد و رشد زعفران مقایسه نشده‌اند، این تحقیق با هدف ارزیابی اثر نانو کلات آهن و کلات آهن معمولی بر عملکرد کمی و نحوه تخصیص مواد فتوسنتزی زعفران انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر نوع و مقدار کود آهن بر رشد و عملکرد زعفران، این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. مشخصات جغرافیایی و اقلیمی مزرعه در جدول ۱ آورده شده است.

فاکتور اول مورد بررسی شامل دو نوع کود آهن نانو کلات (تولیدی شرکت دانش بنیان صدور احرار شرق) و کلات معمولی با بنیان EDDHSA (تولید کشور ایتالیا) و فاکتور دوم، مقدار کود در سه سطح صفر، ۵ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار بود.

بنه‌ها در کرت‌هایی به عرض دو متر در طول پنج متر کشت شد. بنه‌های کشت شده در محدوده وزنی ۱۲-۸ گرم قرار داشتند. بنه‌ها در هر کرت در هشت ردیف به فاصله ۲۰ سانتی-متر و فاصله روی ردیف پنج سانتی‌متر، در عمق ۱۵ سانتی‌متر در تاریخ ۲۵ شهریور کشت شد. تجزیه خاک انجام شده توسط موسسه تحقیقات خاک و آب (جدول ۲) نشان داد که خاک مزرعه دچار کمبود نیتروژن است و بر اساس محاسبات ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره (به شکل تقسیطی) به کرت‌ها اضافه شد، ماده آلی خاک نسبتاً پایین بوده و کود دامی به میزان ۴۰ تن در هکتار قبل از کاشت به زمین زراعی داده شد. تیمارهای کودی آهن در زمان آبیاری قبل از گلدهی داخل کرت های مورد نظر اعمال شد برای حصول اطمینان از یکنواخت قرار گرفتن کود در ناحیه توسعه ریشه در تمام سطح کرت، ابتدا کودهای مورد نظر در بطری کاملاً حل شده سپس در حین آبیاری به کرت‌های مربوطه اضافه شدند. لازم به ذکر است که به دلیل ناچیز بودن عملکرد گل در سال اول و همچنین احتمال عدم تأثیر تیمارهای کود آهن بر ویژگی‌های گل در سال اول، تیمارها در سال دوم نیز اعمال شد و بررسی عملکرد و سایر ویژگی‌ها در سال دوم انجام شد. برای مبارزه با علف‌های

Archive of SID

www.SID.ir

هرز در طول دوره رشد و زمان خواب تابستانه گیاه، وجین با دست انجام گرفت.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و اقلیمی مزرعه پژوهشی زعفران دانشگاه شاهد

Table 1- Geographic and climatic characteristics of Saffron Research Farm of Shahed University

Rainfall (mm) بارندگی (میلی متر)	Climate اقلیم	Minimum temperature (°C) دمای کمینه (درجه سانتی گراد)	Maximum temperature (°C) دمای بیشینه (درجه سانتی گراد)	Altitude (m) ارتفاع (متر)	Latitude عرض جغرافیایی	Longitude طول جغرافیایی
259	Semi-arid	-8.5	40	1050	36° .31′	53° .48′

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه (عمق cm ۲۰- ۰)

Table 2- Physical and chemical properties of soil (0-20 cm depth)

P ($mg.kg^{-1}$)	Fe ($mg.kg^{-1}$)	Zn ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)	N (%)	OM (%)	TNV (%)	Saturation extract pH	EC ($dS.m^{-1}$)	Soil texture
2.2	0.98	507	25	0.07	0.73	19.33	7.5	6.85	loam Silty

بمنظور اندازه‌گیری عملکرد کمی زعفران، در سال دوم در هنگام گلدهی (۲۵ مهرماه) به مدت ۱۵ روز از سطح ۱ متر مربع از هر کرت با استفاده از کوادرات نمونه برداری انجام شد تعداد گل، وزن تر گل، وزن تر کلاله و وزن خشک کلاله اندازه-گیری گردید و در زمان برگ دهی کامل تعداد برگ هر بنه و طول هر برگ اندازه‌گیری شد. برگ‌ها جهت بررسی غلظت آهن توسط دستگاه جذب اتمی با روش جونز و همکاران (Jones et al., 1991) تهیه و توسط دستگاه اتمیک مدل قرائت انجام شد جهت اندازه‌گیری جذب آهن کل، غلظت آهن در میزان عملکرد اندام هوایی ضرب گردید و مقدار جذب آهن کل بر حسب میلی‌گرم در هکتار بیان شد. در پایان اردیبهشت پداژه‌ها از دو ردیف وسطی هر کرت به صورت خشکه کنی خارج شد و تعداد کل پداژه، قطر پداژه دختری اصلی ووزن تر پداژه‌های دختری اندازه‌گیری و یادداشت برداری شد. داده‌های این مطالعه توسط نرم‌افزار آماری SAS 9.1 تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج انجام گردید.

نتایج و بحث

اثر نوع و میزان کود آهن بر تمامی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده معنی‌دار است. اثر متقابل نوع کود آهن و میزان کود آهن بر تمام ویژگی‌ها به جز عملکرد کلاله تر، وزن کل پداژه، قطر پداژه و طول برگ معنی‌دار بود (جدول ۳).

تعداد گل در تیمار کاربرد ۱۰ کیلوگرم نانو کلات ۲۷ درصد بیشتر از تیمار کود کلات معمولی بود با افزایش مقدار کود آهن تعداد گل در واحد سطح در هر دو نوع کود افزایش یافت، ولی در تیمار کود نانو کلات با شدت بیشتری افزایش یافت. تیمار کاربرد پنج کیلوگرم نانوکلات و ۱۰ کیلوگرم کلات معمولی در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۱-A). فراهمی عناصر به شکل مؤثری باعث افزایش تعداد گل می‌شود (Koocheki, 2011)؛ به طوری‌که بر خلاف نیاز کودی کم این گیاه، حدود ۱۶ تا ۸۰ درصد تغییرات عملکرد گل به متغیرهای مربوط به خاک وابسته است (Temperini et al., 2009).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر نوع و مقدار کود آهن بر ویژگی های اندازه گیری شده در زعفران

Table 3-Analysis of variance and the effect of iron fertilization on characteristics measured at Saffron

		میانگین مربعات Mean of squares											
منابع تغییر Sources of Variation	درجه آزادی df	تعداد گل Number of flowers	وزن تر گل Fresh weight of flowers	عملکرد تر کلاله Yield of fresh stigma	عملکرد خشک کلاله Dry stigma yield	تعداد پداژه Number of corm	وزن پداژه اصلی Main corm weight	وزن کل پداژه Total weight of corm	غلظت آهن در اندام هوایی Fe concentration in shoots	جذب آهن در اندام هوایی Fe uptake in shoots	قطر پداژه Corm diameter	طول برگ Leaf length	تعداد برگ Number of leaf
Replicate تکرار	2	7.04^{ns}	14.17^{ns}	2.49^{ns}	0.04^{ns}	66.8^{ns}	0.006^{ns}	2.77^{ns}	0.196^{ns}	0.002^{ns}	0.005^{ns}	0.22^{ns}	1.05^{ns}
Kinds of Fertilizer نوع کود	1	379.96^{**}	10306.8^{**}	80.74^{**}	1.25^{**}	2722.22^{**}	17.01^{**}	215.07^{**}	0.938^{ns}	0.013^{*}	0.16^{**}	26.88^{**}	18.0^{**}
Amount of Fertilizer مقدار کود	2	569.2^{**}	25424.1^{**}	161.561^{**}	5^{**}	274684.22^{**}	51.52^{**}	602.26^{**}	1.44^{*}	0.002^{ns}	1.17^{**}	17.17^{**}	100.38^{**}
Kinds of Fertilizer * Amount of Fertilizer نوع کود * مقدار کود	2	177.3^{**}	2438.28^{*}	15.1^{ns}	0.44^{*}	29514.88^{**}	7.55^{**}	43.07^{ns}	0.022^{ns}	0.004^{ns}	0.02^{ns}	4.95^{ns}	2.16^{*}
Error خطای آزمایش	10	24.25	467.02	1.14	0.08	938.08	0.22	5.37	0.287	0.0035	0.01	2.22	0.45
Coefficient of Variation ضریب تغییرات		12.22	11.47	7.66	11.33	4.72	7.24	5.55	10.9	8.87	4.39	4.13	6.19

ns: غیر معنی دار * و ** معنی دار درسطح احتمال پنج و یک درصد

ns: Not significant.* and **significant at 5 and 1% probability level.

www.SID.ir

جدول شماره ۴- مقایسه میانگین های اثر ساده تیمارهای کودی بر صفات مورد بررسی

Table 4-Comparison the simple effects of treatments on the characteristics

Variable متغیر	سطوح متغیر Variable levels	تعداد گل Number of flowers	وزن تر گل Fresh weight of flowers (Kg/ha)	عملکرد تر کلاله Fresh stigma yield (Kg/ha)	عملکرد خشک کلاله Dry stigma yield (Kg/ha)	تعداد بلال Number of corm	وزن بلال اصلی Main corm weight	وزن کل بلال Total weight of corm	غلظت آهن در اندام هوایی Fe concentration in shoots	جذب آهن در اندام هوایی Fe uptake in shoots	قطر بلال Corm diameter	طول برگ Leaf length	تعداد برگ Number of leaf
Kinds of Fertilizer نوع کود	نانو کلات Nano chelate	45.6 a	212.31a	16.08 a	2.75a	687.1 a	7.55 a	2260.72 a	5.04 a	1073.52 a	2.49 a	37.32 a	11.88 a
	کلات معمولی Ordinary chelate	34.9 b	164.45 b	11.84 b	2.23 b	609.3 b	5.61 b	1915.17 b	4.59 a	954.72 b	2.3 b	34.7 b	9.88 b
Amount of Fertilizer مقدار کود	0 kg/ha	30.16 C	119.47 c	8.55 c	1.53 c	403.3 c	3.62 c	1526.08 c	5.27 a	865.42 c	2.01 c	34.4 b	6.66 c
	5 kg/ha	41.05 b	196.85 b	14.43 b	2.6 b	742.3 b	6.65 b	2249.42 b	4.87 ab	965.32 b	2.31 b	36.11 ab	11.16 b
	10 kg/ha	49.6 a	248.83 a	16.02 a	3.35 a	799a	9.48 a	2488.33 a	4.3 b	1068.2 a	2.88 a	37.78 a	14.83 a

www.SID.ir

مقایسه میانگین اثر متقابل نوع و مقدار کود آهن بر وزن تر گل گویای برتری تیمار کاربرد ۱۰ کیلوگرم نانو کلات به میزان ۵۸ درصد نسبت به شاهد (پایین‌ترین وزن تر گل) بود. در این صفت تیمار کاربرد پنج کیلوگرم نانوکلات و ۱۰ کیلوگرم کلات معمولی بعد از تیمار ۱۰ کیلوگرم نانو کلات از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند (شکل ۱-B).

نتایج نشان می‌دهد کاربرد کود آهن بر وزن ترگل اثر گذار بوده است؛ به طوری‌که با کاربرد ۵ و ۱۰ کیلوگرم از هر دو کود آهن وزن تر گل افزایش یافته است. همچنین نتایج حاکی از آن است که کاربرد کود نانو کلات مؤثرتر از کود معمولی بوده است. میانگین وزن تر گل در تیمار پنج کیلوگرم نانو کلات و ۱۰ کیلوگرم کود کلات معمولی در یک گروه آماری قرار گرفت چنین به نظر می‌رسد که به علت کارآیی بالاتر نانوکود کلات، با نصف مقدار کوددهی کود کلات معمولی، در این صفت مؤثر بوده است.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل نوع و مقدار کود آهن بر صفت وزن تر کلاله مؤثر نبود و فاکتورهای آزمایش به طور ساده صفت مورد بررسی را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار داد. در بین تیمارهای آزمایش نانو کلات آهن باعث افزایش ۴۵ درصدی عملکرد کلاله تر نسبت به کلات معمولی گردید، همچنین مقدار کود به شکل افزایشی این صفت را تحت تاثیر قرار داده است؛ به نحوی که به ترتیب اعمال تیمارهای کودی پنج کیلوگرم و ۱۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد به میزان ۴۰ و ۱۰۰ درصد عملکرد کلاله تر گردیده است (جدول ۴). این افزایش می‌تواند ناشی از تأثیر عنصر آهن در گل‌انگیزی بیشتر در خانواده زنبقیان باشد. عملکرد کلاله تر از مهمترین اجزای عملکرد می باشد که ارزش اقتصادی محصول زعفران به آن وابسته است.

بررسی‌های امیدی و همکاران (Omidi et al., 2010) همبستگی بالایی بین تعداد گل و وزن تر کلاله نشان داده‌است به طوری که هرچه تعداد گل بیشتری حاصل گردد عملکرد کلاله بیشتر نیز بدست خواهد آمد که با یافته‌های مطالعه حاضر نیز سازگار بود. به نظر می‌رسد که با توجه به نتایج آزمایش خاک و تایید کمبود عنصر آهن و همچنین کارایی بالای نانو کلات، افزایش به اختلاف ۶۱/۷ درصدی عملکرد کلاله تر در تیمار ۱۰ کیلوگرم نانو کلات نسبت به شاهد، دور از انتظار نمی‌باشد.

عملکرد خشک کلاله نیز تحت تأثیر اثر متقابل عوامل آزمایش قرار گرفت (جدول ۳)؛ به نحوی‌که بیشترین و کمترین میانگین عملکرد به ترتیب با توجه به شکل ۱-C مربوط به تیمار ۱۰ کیلوگرم نانو کلات و شاهد به میزان ۳/۶ و ۱/۵ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین تیمار کاربرد پنج کیلوگرم نانوکلات با ۱۰ کیلوگرم کلات معمولی در یک گروه آماری قرار گرفت. همانگونه که در شکل مشخص است عملکرد کلاله خشک به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار های کودی قرار گرفت که مشابه با روند تتغییرات صفات وزن ترگل، تعداد گل و عملکرد تر کلاله در پاسخ به مقدار و نوع کود آهن به کار رفته می باشد که حاکی از همبستگی بالای این صفت با صفات مذکور می-باشد (Omidi et al., 2010).

تیمار ۱۰ کیلوگرم نانوکلات به میزان ۵۹/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش عملکرد کلاله خشک گردیده است، که همسو با پژوهش‌های محققین مبنی بر مؤثر بودن عناصر تغذی‌های در کنار سایر عوامل مانند دما، رطوبت و وزن بنه بر عملکرد زعفران یا همان کلاله خشک (Koocheki et al., 2011; Gresta et al, 2009) می‌باشد. فقیر بودن مزرعه از نظر محتوی آهن از یک طرف و کارایی نانوکلات در رهایش تدریجی از طرف دیگر به احتمال زیاد منجر به افزایش عملکرد گردیده است. همچنین اضافه نمودن کلات در هر دو صورت نانو کلات و کلات معمولی باعث افزایش عملکرد کلاله خشک شده که خود حاکی از مؤثر بودن عنصر آهن و نقش کلیدی آن در فرآیندهای تنفس و آنابولیک می‌باشد (Zuo & Zhang, 2011).

تأثیر نوع و سطوح کود بر وزن پداژه اصلی معنی‌دار بود؛ به نحوی که وزن پداژه های اصلی در تیمار ۱۰ کیلوگرم نانو کلات به میزان ۷۰ درصد نسبت به شاهد بالاتر بود. همچنین بعد از این تیمار، تیمارهای کاربرد پنج کیلوگرم نانو کلات و ۱۰ کیلوگرم کلات معمولی با قرار گرفتن در یک گروه آماری به میزان ۵۰ درصد نسبت به شاهد برتر بودند (جدول ۴).

نتایج جدول ۳ نشان داد که برهمکنش عوامل مورد بررسی بر وزن کل پداژه‌ها معنی‌دار نشد، ولی اثرات نوع و مقدار کود در سطح احتمال یک معنی‌دار بود. با بررسی مقایسه میانگین مشاهده شدکه کاربرد ۵ و ۱۰ کیلوگرم کود کلات باعث افزایش

Archive of SID

www.SID.ir

وزن کل پداژه‌ها گردید؛ به طوری‌که بیشترین وزن کل پداژه (۲۲۶۰ کیلوگرم در هکتار) در برابر کلات معمولی (۱۹۱۵کیلوگرم در هکتار) به وجود آورد (جدول ۴).

آنالیز داده‌های به دست آمده نشان داد که قطر پداژه اصلی تحت تأثیر اثرات اصلی نوع و سطوح کود در سطح احتمال یک درصد آماری قرار گرفت (جدول ۳).

در بررسی انجام شده تیمار نانو کلات سبب افزایش قطر پداژه اصلی به میزان بیشتری نسبت به تیمار کلات معمولی گردید. همچنین قطر پداژه اصلی با کاربرد ۱۰ و ۵ کیلوگرم به میزان ۲۸ و ۱۳ نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۴).

توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) برهمکنش نوع و سطوح کود بر تعداد پداژه در سطح یک درصد معنی‌دار است. با افزایش کود کلات معمولی تعداد پداژه به طور معنی‌داری افزایش یافت، ولی در تیمار نانو کلات با افزایش کود تا پنج کیلوگرم تعداد پداژه به طور معنی‌داری افزایش یافت و پس از آن با افزایش کود به ۱۰ کیلوگرم مقدار آن کاهش یافت (شکل ۱-D).

بیشترین تعداد پداژه تحت کاربرد نانوکلات به میزان پنج کیلوگرم در هکتار به دست آمد، البته قابل ذکر است که تیمارهای کاربرد ۱۰ کیلوگرم نانو کلات و کلات معمولی نیز با این تیمار در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). تجزیه واریانس طول برگ در جدول ۳ نشان داد که عوامل نوع و سطوح کود دارای اثر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد روی این صفت داشت، به نحوی که گیاهان تیمار شده با نانو کلات طول برگ بیشتری داشتند. همچنین افزایش سطوح کود سبب افزایش طول برگ گردید. قابل ذکر است از لحاظ آماری بین کاربرد ۵ و ۱۰ کیلوگرم کود اختلاف معنی‌دار دیده نشد (جدول ۴). بررسی تجزیه واریانس در جدول ۳ نشان دهنده اثر معنی‌دار برهمکنش عوامل مورد بررسی بر تعداد برگ در سطح احتمال پنج می‌باشد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد تعداد برگ بیشتر در اثر کاربرد ۱۰ کیلوگرم نانوکلات به میزان ۶۰ درصد به دست آمد، و تیمارهای کاربرد ۵ کیلوگرم نانوکلات و ۱۰ کیلوگرم کلات معمولی به میزان ۴۵ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان دادند (شکل ۲-F). به طور کلی، با افزایش مقدار کود از هر دو نوع کود به کار رفته تعداد برگ افزایش یافت، ولی شدت افزایش در کود نانو کلات بیشتر از کود کلات معمولی بود. نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که کاربرد سطوح مختلف کود اثر معنی‌دار بر غلظت آهن در برگ داشته است، ولی نوع کود و اثرات متقابل این دو عامل از لحاظ آماری اثر معنی‌داری نشان نداد.

مقایسه میانگین داده‌ها برای سطوح کودی نشان دهنده برتری شاهد می‌باشد و افزایش کود باعث کاهش غلظت آهن در اندام هوایی شد (شکل ۳). شایان ذکر است، کاربرد پنج کیلوگرم کود نیز با شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت.

نتایج حاکی از آن است که کاربرد نانو کلات آهن سبب افزایش بیشتر وزن خشک کلاله، وزن تر کلاله، تعداد گل، وزن تر گل، تعداد برگ، طول برگ، تعداد پداژه، وزن کل پداژه، وزن پداژه اصلی و قطر پداژه اصلی، نسبت به کود کلات معمولی گردید. فراهمی عناصر غذایی از طریق تأثیر بر فرآیندهای رشد گیاه زراعی، می‌تواند موجب افزایش عملکرد گردد (Behdani et al., 2005). بهبود عملکرد توسط نانو کلات نسبت به کلات معمولی می‌تواند ناشی از کارایی کلات با ساختار نانو در رسانش و فراهمی بهینه عنصر آهن در فرآیندهای فیزیولوژیکی باشد. احتمالاً با فعال شدن فرآیندهای فیزولوژیکی کلروفیل‌سازی افزایش یافته که در پی آن بهبود فرایند فتوسنتز اتفاق می‌افتد و نهایتاً منجر به افزایش تعداد برگ زعفران‌های تیمار شده با نانو کلات گردیده است. این نتایج با تحقیقات حکم آبادی و همکاران (Hokmabadi et al., 2006) که کاربرد ۲۰ کیلوگرم در هکتار کلات آهن سبب افزایش ۳/۵ برابری محتوی کلروفیل و شاخص سطح برگ در درخت پسته گردید. بررسی‌های متعددی (Zuo & Zhang, 2010; Marschner, 1995) در این زمینه مؤید آن است که کمبود آهن، همواره موجب از بین رفتن کلروفیل و تخریب ساختمان کلروپلاست و کاهش فعالیت آنزیم‌های اکسیداز نظیرکاتالاز و پراکسیداز می‌گردد. تعداد و طول برگ در اثر کاربرد نانوکلات به طور معنی‌داری افزایش داشت که با توجه به مطالب ارائه شده در خصوص ساختار نانو کلات و نقش آهن این اختلاف در قیاس با کلات معمولی و شاهد دلیل بر کارایی بیشتر این ساختارها می‌باشد. بررسی‌های به عمل آمده در رابطه با مواد نانو ساختار یا نانو مقیاس به عنوان حامل کودی یا ناقل کنترل‌کننده‌ی رهاسازی به منظور ایجاد کودهای هوشمند، فناوری نانو منشاء امیدواری‌های بسیاری در جهت عبور از محدودیت‌های تکنیکی موجود

Archive of SID

www.SID.ir

بر سر راه آزادسازی آرام و کنترل‌شده‌ی عناصر کودها شده است (Cui et al., 2006).

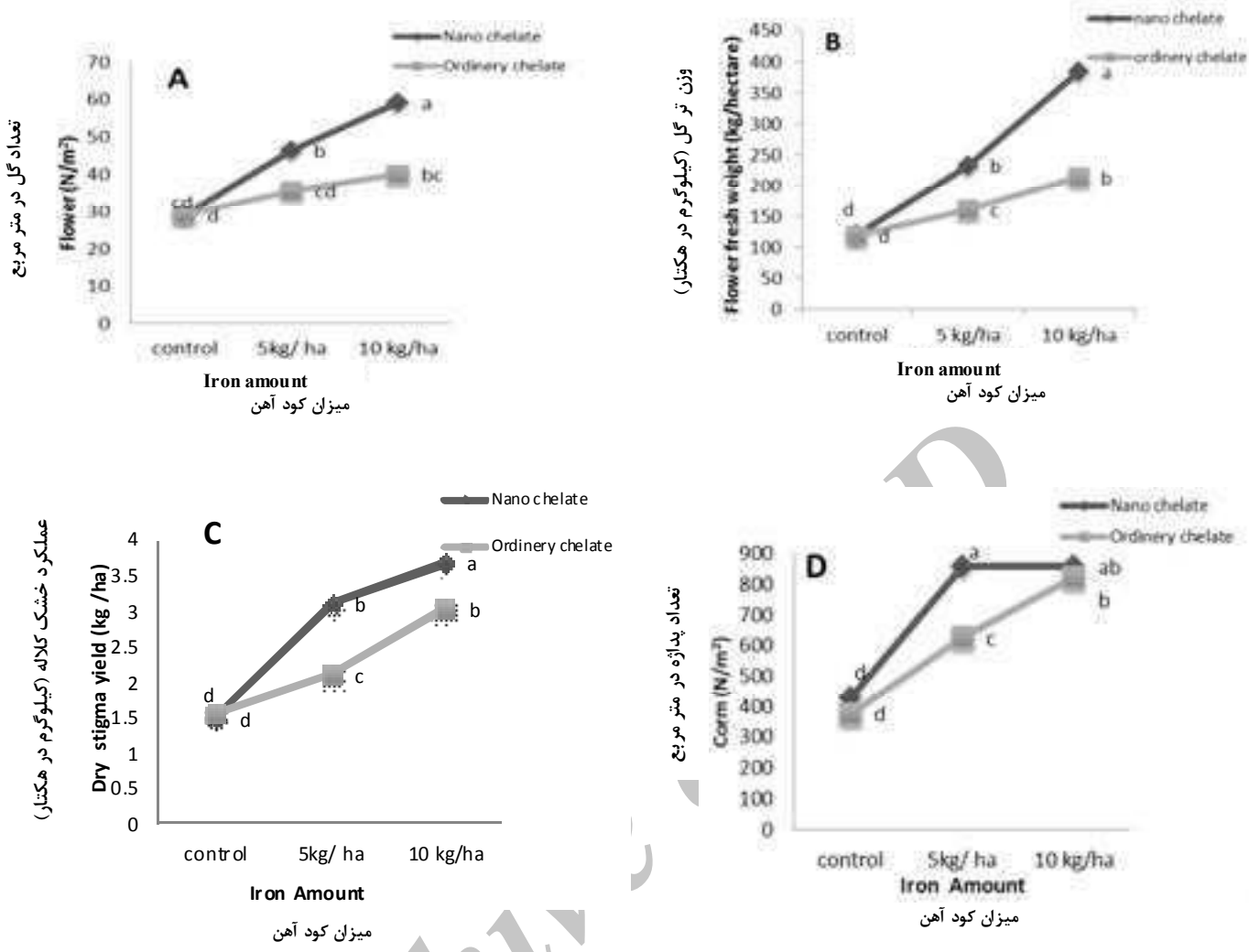
برتری عملکرد کلاله تر و خشک گیاهان تیمار شده با نانو کلات نسبت به کلات معمولی می‌تواند به علت افزایش تولید مواد فتوسنتزی به سبب تعداد برگ بیشتر و انتقال بهینه این مواد به سمت مخازن در مرحله اول گل و سپس بنه (پداژه) باشد رشد رویشی و زایشی (گل، اجزای گل و برگ) گیاه زعفران به مواد غذایی مورد نیاز گیاه وابسته است به خصوص زمانی که سن مزرعه بالا رفته و مواد غذایی در ناحیه ریشه شروع به کاهش نموده و از طرفی، افزایش تراکم پداژه‌های دختری، باعث کاهش دسترسی و افزایش رقابت بین بوته برای تأمین نهاده‌ها می‌گردد می‌توان با تغذیه متعادل و تأمین نیاز بنه‌ها عملکرد را بهبود بخشید (Hokmabadi et al., 2006; Behdani et al., 2005).

بررسی پداژه‌ها در این پژوهش نشان داد وزن کل پداژه‌ها در کاربرد ۵ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار نانو کلات به یک میزان افزایش داشت، که تولید تعداد پداژه‌ها در تیمار پنج کیلوگرم در هکتار نانو کلات بیش از تیمار کاربرد ۱۰ کیلوگرم در هکتار بود و این امر با توجه به یکسان بودن وزن کل پداژه‌ها منجر به کاهش وزن پداژه‌های اصلی در این تیمار گردید و بالعکس میانگین وزن پداژه‌های اصلی در تیمار ۱۰ کیلوگرم در هکتار نانو کلات بالاتر و تعداد آن‌ها کمتر است که ایجاد پداژه‌های غنی و بزرگ، گل‌دهی بیشتر و عملکرد بالاتر را درپی خواهد داشت. در فرایند رشد زعفران، عناصر غذایی پداژه بسیار حائز اهمیت است، زیرا پداژه‌های غنی و بزرگ شروع به گل‌دهی با سرعت بیشتر و کیفیت بالاتر دارند (Hosseini et al., 2004).

اندازه بنه یکی از عوامل اصلی است که ظرفیت این گیاه را برای گلدهی تعیین می‌کند. مطالعات نشان داده است که رابطه نزدیکی بین اندازه بنه و گلدهی در زعفران وجود دارد (Molina et al., 2005; Nassiri Mahalati et al., 2007).

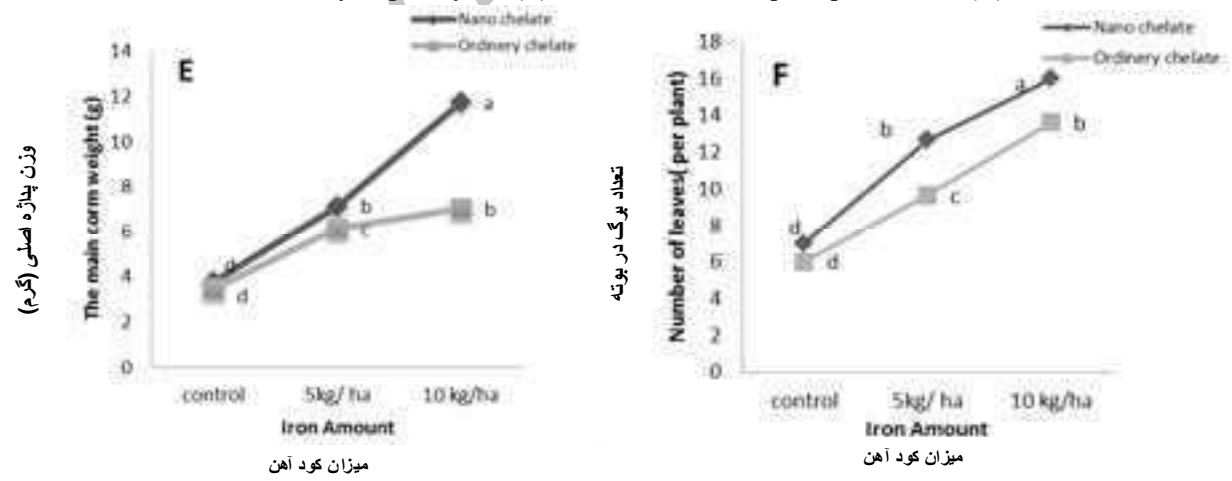
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱-اثر متقابل نوع و میزان کود آهن بر تعداد گل (A)، وزن ترگل (B)، عملکرد کلاله خشک (C) و تعداد پداژه در متر مربع (D)

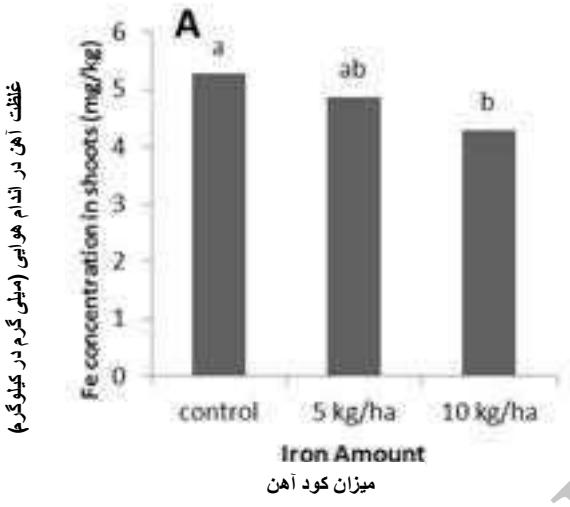
Fig. 1- Interaction the effect of kind and amount of iron fertilizer on flower number (A), flower fresh weight (B), dry stigmas yield (C) and corm number per square meter (D)



شکل ۲- اثر متقابل نوع و میزان کود آهن بر وزن بزرگترین پداژه (E) و تعداد برگ در بوته (F)

Fig. 2- Interaction effect of kind and amount of iron fertilizer on main corm weight (E) and number of leaves per plant (F)

www.SID.ir



شکل ۳- اثر میزان کود آهن بر غلظت آهن

Fig. 3- Effect of amount of iron fertilizer on Fe concentration

وزن بنه از دیدگاه اقتصادی نیز دارای اهمیت است، زیرا بنه‌های کوچک معمولاً در سال گل نمی‌دهند و کاشت آن‌ها مقرون به صرفه نمی‌باشد (Kafi et al., 2002). نتایج حاصل از بررسی وزن بنه در گل آوری زعفران نشان داد که در بنه‌های با وزن کمتر از هشت گرم توان گل آوری محدود است؛ در حالیکه درصد گل آوری و مقدار گل بنه های درشت از طریق تولید بنه های دختری بیشتر ظرفیت گل آوری و عملکرد را در سال‌های بعد افزایش دادند (Sadeghi, 1993).

بررسی‌های کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011) در این زمینه نیز نشان داد به دلیل افزوده شدن پداژه‌های دختری در هر سال به تراکم‌های موجود زمینه ایجاد رقابت در بهره‌برداری از فضای مناسب جهت رشد و توسعه ریشه و کسب منابع موجود افزایش یافته است، که در نتیجه زمینه‌ساز کاهش عملکرد زعفران در سال‌های مورد آزمایش گردید، که بررسی-های این پژوهش نشان داد با تأمین به موقع عناصر غذایی و حذف محدودیت تأمین مواد وزن پداژه اصلی و در نتیجه عملکرد گل در سال بعد افزایش نشان داد.

کاهش غلظت آهن در اندام هوایی با افزایش مقدار کود آهن ناشی از اثر رقت می‌باشد، چرا که با افزایش وزن خشک معمولاً غلظت عناصر به دلیل اثر رقت کاهش می‌یابد (Feil et al., 2005)، اما جذب کل آهن در تیمار کود نانو کلات به دلیل بالاتر بودن وزن خشک اندام هوایی در این تیمار افزایش نشان داد از آنجا که آهن یکی از عناصر کم مصرف بسیار مهم برای گیاهان به حساب می‌آید که کمبود آن منجر به بروز زردی برگ، تغییر غلظت و محتوی آهن و سایر عناصر فلزی در بافت-های گیاهی می‌شود که این صفات ارتباط نزدیکی با عملکرد گیاهان زراعی دارند، چنین می‌توان نتیجه گرفت که افزایش جذب اهن در تیمار نانو کلات منجر به افزایش صفات مربوط به عملکرد در این تیمار شده است.

به طور کلی، نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بالاترین عملکرد کلاله خشک و پداژه تولیدی با کاربرد ۱۰ کیلوگرم نانو کلات آهن به دست آمد این کود نانو کلات ضمن حصول عملکرد بالا احتمالاً به علت افزایش نرخ فتوسنتز ناشی از جذب بیشتر آهن منجر به تولید پداژه با وزن بالا شده است. همچنین تیمار پنج کیلوگرم کود نانو کلات با ۱۰ کیلوگرم کود کلات معمولی در عملکرد خشک کلاله و وزن پداژه اصلی در یک گروه آماری قرار گرفتند که می‌تواند ناشی عملکرد نسبی بهتر نانو کلات نسبت به کلات معمولی باشد، لذا جهت حصول عملکرد بالاتر در زعفران‌زارها تحقیق و پژوهش در زمینه به کارگیری تکنولوژی‌های نوین از جمله نانوکودها ضروری بوده به نحوی که زمان و نحوه بهینه کاربرد نانو کودها را تعیین نمود تا بتوان تولید پایدار را تضمین نمود.

Archive of SID

www.SID.ir

قدردانی

بدینوسیله از زحمات مرحوم زنده یاد جناب آقای دکتر غلامرضا ثواقبی عضو هیأت علمی دانشکده علوم خاک دانشگاه تهران، به خاطر راهنمایی‌های ارزشمندشان در انجام بخشی از این پروژه سپاسگزاری می‌گردد و برای روح بلند این استاد گرانقدر طلب آمرزش و علو درجات مسئلت می‌نماییم.

منابع

Abdullaev, F.I., Riverón-Negrete, L., Caballero-Ortega, H., Manuel Hernández J., Pérez-Lopez, I., Pereda-Miranda, R., 2003. Use of in vitro assays to assess the potential antigenotoxic and cytotoxic effect of saffron (*Crocus sativus*). Toxicol *in Vitro*.17, 731–6.

Aghaee, M., and Rezagholizadeh, M., 2011. Assessment of comparative advantaging the production of saffron J. Agri. Eco. Development. 25 (1), 121-132. [in Persian with English Summary].

Ahmadi, A., Jabbari, F., 2009. Introduction to Plant Physiology. Tehran University Press. First Volume. pp. 163-158. [in Persian].

Anonymous. Ministry of Agriculture Statistics. 2010. Publications Ministry of Agriculture. [in Persian]

Baghai, N., Keshavarz, N., AminiDehaghai, M., and Nazaran, M.H., 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. [in Persian].

Baruah, S., Dutta, J., 2009. Nanotechnology applications in sensing and pollution degradation in agriculture: a review. Environ. Chem. Lett. 7, 191-204

Behdani, M.A., Koocheki A., Nassiri, M., Rezvani, P., 2005. Evaluation of quantitative relationships between saffron and nutrition (on-farm trial). J. Agri. Res. 3 (1), 1-14. [in Persian with English Summary].

Chinnamuthu, C.R., Boopathi, M., 2009. Nanotechnology and Agroecosystem. Madras Agri. J. 96, 17-31.

Cui, H.C., Sun, Q., Liu, J., Gu, W., 2006. Applications of Nanotechnology in Agrochemical Formulation. Perspectiv, Challenges and Strategies, Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijig, China. p. 1-6.

Feil, B., Moser, S.B., Jampatong, S., Stamp, P., 2005. Mineral composition of the grains of tropical maize varieties as affected by pre-anthesis drought and rate of nitrogen fertilization. Crop Sci. 45, 516–523.

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

Hemmati kakhaki, A., Hosseini, M., 2004. A review of 15 years of Research Technology Development Research Center of Khorasan. Press, Ferdowsi University of Mashhad. [in Persian with English Summary].

Hokmabadi, H., Haidarinezad, A., Barfeie, R., Nazaran, M., Ashtian, M., 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.

Hosseini, M., Sadeghian, B., Aghamiri S.A., 2004. Influence of foliar fertilization on yield of saffron (*Crocus sativus* L.): I. International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology [in Persian with English Summary].

Jones, J.R., Wolf, J.B., Mills, H.A., 1991. Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling Preparation Analysis and Interpretation Guide. MicroMacro Publishing Inc. Athens, Georgia, USA.

Kafi, M., Rashed Mohassel, M., Koocheki, A., Filabi, A., 2002. Saffron production technology Press, Ferdowsi University of Mashhad. p. 65. [in Persian].

Khoshgophtarmanesh, A., Razizadeh, E., Eshghizadeh, H., Sharifi, H., Savaghebi, G., Afyooni, D., Tadayon Nejad, M., 2012. Comparison of spring wheat varieties in

Archive of SID

www.SID.ir

response to iron fertilization in a calcareous soil. J. Agri. Natural Resou. Sci. Tech. 55, 99-107. [in Persian].

Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., Mohamadabadi, A., 2011. Evaluation of biological and chemical fertilizer and corms density on flower yield and characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.). Water. Soil. 25 (1), 206-196. (in Persian with English Summary).

Koocheki, A., Soltani, A., Azizi, M., 1997. Ecoplantphysiology. Publications Mashhad Jahad University. [in Persian].

Koocheki, A., 2004. Indigenous knowledge in agriculture with particular reference to saffron production in Iran. Acta Hort. 650, 175-182.

Ladan Moghadam, A., Vattani, H., Baghaei, N., 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. Res. J. App. Sci. Engin. Tech. 4(12), 4813-4818.

Malakouti, M.J., Samar, M., 1998. Ways to counter iron deficiency in fruit trees. Technical Bulletin of Soil and Water Research Institute. Agricultural Education Publication, p. 14. [in Persian].

Marschner, H., 1995. Mineral nutrition of higher plants, 2nd ed. Academic, Boston.

Moez Ardalan, M., Savaghebi Firoozabadi, G., 2009. Soil Fertility for Sustainable Agriculture. Tehran University Press. 378 pp. [in Persian].

Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Garcia-Luis, A., Guardiola, L., 2003. Low temperature storage of corms extends the flowering season of saffron (*Crocus sativus* L.). J. Hort. Sci. Biotech. 80, 319-326.

Nasiri Mahalati, M., Kocheki, A., Rezazadeh Boroumand, Z., Tabrizi, L., 2007. Effects of weight and storage period on how the allocation of assimilates in the plant corms of saffron (*Crocus sativus* L.). J. Agri. Res. 5 (1), 1-12. [in Persian with English Summary].

Omidi, H., Naghdi Buddy, H., Golzad, A., Torabi, H., Fotokyan, M., 2010. Biological effects of nitrogen fertilizer on yield and quality and quantity of saffron. J. Medic. Plant. 9(30), 98-109. [In Persian with English Summary].

Melnyk, J.P., Wang, S., Marcone, M.F., 2010. Chemical and biological properties of the world's most expensive spice: Saffron. Food Res. Int. 43, 1981-1989.

Sadeghi, B., 1993. Effect of corms weight on flowering saffron. Publication of Scientific and Industrial Research Organization. Center of Khorasan. [in Persian].

Sadeghi, B., 2003. Saffron, a heritage, a national concern. Abstracts of the Third National Conference of saffron in Iran, Mashhad. 85 p. [in Persian].

Temperini, O., Rea, R., Temperini, A., Colla, G., Rouphael, Y., 2009. Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) production in Italy: Effect of the age of saffron fields and plant density. Food. Agri. Env. 7 (1), 19-23.

Zuo, Y., and Zhang, F., 2011. Soil and crop management strategies to prevent iron deficiency in crops. J. Plant Soil. 339, 83-93.

Archive of SID

www.SID.ir

Comparison of Nano and micro Chelated iron fertilizers on quantitative yield and assimilates allocation of saffron (*Crocus sativus* L.)

Nasim Baghai[1] and Sayide Maleki Farahani[2*]
1- M.Sc Student of Crop Production, Department of Crop Production and Plant Breeding, College of Agricultural Science, Shahed University, Tehran
2- Assistant Professor of Department of Crop Production and Plant Breeding, College of Agricultural Science, Shahed University, Tehran
*- Corresponding Author E-mail: maleki@shahed.ac.ir

Baghai, N., and Maleki Farahani, S., 2014. Comparison of Nano and micro Chelated iron fertilizers on quantitative yield and assimilates allocation of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Saffron Research. 1(2): 156-169.

Submitted: 06-01-2013
Accepted: 02-02-2014

Abstract
In order to evaluate the effects of Nano and micro Chelated iron fertilizer on yield of saffron, an experiment was conducted as factorial based on a randomized complete block design with three replications under field condition in Research Farm of Shahed University during growing season of 2010-2011. Factors included two iron fertilizers (Nano chelated and ordinary Chelated) and three levels of fertilizer (such as 0, 5 and 10 kg.ha^{-1}). Results showed that the effects of iron fertilizers and fertilizers were significant on length and number of leaves, number of flower, total weight of corm, fresh weight of flower, main corm weight, number of corm, dried stigma yield and main corm diameter. As amount of these fertilizers increased the saffron yield and attributed traits. Application of 10 kg.ha^{-1} Nano Chelated iron fertilizer increased dried stigma yield (59%), fresh weight of flower (69%), number of flower (51%), number of leaves (62%), length of leaves (69%), main corm diameter (33%) and corm total weight (42%) to control. Application of 5 kg.ha^{-1} Nano Chelated iron fertilizer increased number of corm 56% compared to control. Fe concentration did not affect by kind of Iron fertilizer however, it decreased as amount of iron fertilizer increased. Total Fe uptake increased up to 11 % in Nano fertilizer compared to micro fertilizer. So, application of 5 kg Nano Chelated iron fertilizer and 10 kg ordinary Chelated fertilizer had the same effects on most characteristics, this indicates that Nano Chelated iron fertilizer is more efficient than common Chelate.

Keywords: Corm, Iron fertilizer, Nano fertilizer, Saffron, Stigma.

Archive of SID

www.SID.ir