تأثیر منابع کودی مختلف و تراکم بنه بر عملکرد، اندام رویشی و رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه زعفران (*Crocus sativus* L.)

Effect of different fertilizer source and corm density on yield, vegetative organ and photosynthetic pigments of saffron plant (*crocus sativus* L.)

سید احمد محمدی[۱]، آرش برزو[۱*] و نبی‌اله نعمتی[۱]

۱- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا، ورامین-ایران.

نویسنده مسوول مکاتبات: arash_borzou@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۷/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۵/۴

چکیده

در زراعت زعفران شناخت عوامل افزایش دهنده کمیت و کیفیت محصول جهت دستیابی به عملکرد مطلوب حائز اهمیت است، در این میان استفاده از انواع کودها و تراکم‌های مختلف بنه، از مهم‌ترین عوامل می‌باشند. آزمایشی در سال ۱۳۹۲ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه‌ای در روستای داود آباد واقع در شهرستان قرچک به‌منظور مطالعه تأثیر تراکم بنه و کودهای شیمیایی اوره و کود زیستی نیتروکسین بر عملکرد، اندام رویشی و رنگدانه های فتوسنتزی گیاه زعفران انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل: سه سطح تراکم بنه (۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ بنه در مترمربع) و منابع کودی درچهار سطح (شاهد (بدون مصرف کود)، کودشیمیایی اوره به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، کود زیستی نیتروکسین به‌میزان پنج لیتر در هکتار و مصرف توأم کود شیمیایی اوره به‌مقدار ۷۵ کیلوگرم درهکتار و کود زیستی نیتروکسین به‌مقدار ۲/۵ لیتر در هکتار) بود. نتایج آزمایش نشان داد که اثر تیمارهای مختلف تراکم بر کلیه صفات در سطح یک درصد معنی‌دار بود. کاشت پیازهای زعفران با تراکم بالا (۱۸۰ بنه در مترمربع) اثر مثبت و فزاینده‌ای بر تمامی صفات مورد آزمون به جز طول برگ داشت. لازم به ذکر است که اثر متقابل منابع کود و تراکم بنه بر اکثر صفات مورد مطالعه معنی‌دار شد. بیش‌ترین تعداد گل در تراکم کاشت ۱۸۰ بنه در مترمربع و استفاده از کود زیستی نیتروکسین با میزان ۶۴/۹۷ و کم‌ترین تعداد گل در تراکم ۶۰ بنه در مترمربع و عدم استفاده از کود با متوسط ۳۰/۳ گل در واحد سطح به‌دست آمد. بالاترین و کم‌ترین عملکرد زعفران به‌ترتیب با میانگین‌های ۲/۹۳ و ۰/۷۴ کیلوگرم در هکتار نیز در تیمارهای D_3F_3 و D_1F_1 حاصل شد.

واژ گان کلیدی: نیتروکسین، اوره، تراکم بنه، زعفران.

مقدمه

زعفران در دنیا، به‌دلیل داشتن صفات ویژه بیولوژیکی، فیزیولوژیکی و زراعی در زمین‌های حاشیه‌ای و نظام‌های زراعی کم‌نهاده قابل کشت می‌باشد که براین اساس می‌توان آن را به عنوان جایگزین در نظام‌های کشاورزی پایدار (Gresta *et al*., 2008) و با قابلیت بهره‌برداری قابل توجه در زمین‌های حاشیه‌ای و کم بازده در نظر گرفت (Temperini *et al*., 2009). علی‌رغم این‌که سهم عمده تولید زعفران جهان به ایران اختصاص دارد، اما نگاهی به آمار تولید در کشور حاکی از پایین بودن عملکرد در واحد سطح مزارع زعفران نسبت به کشورهایی نظیر اسپانیا و ایتالیا می‌باشد (Permeh *et al*., 2009). در میان عوامل موثر بر عملکرد کمی و کیفی زعفران میتوان به تراکم بنه و استفاده از منابع کودی متفاوت به‌منظور حصول عملکرد بهینه حائز اشاره کرد (کافی، ۱۳۸۱). در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی اثر روش‌های کاشت و تراکم بنه بر عملکرد زعفران انجام شد، مشخص گردید که تراکم ۱۰ بنه درفاصله ۳۰ سانتی‌متری روی هر ردیف و یا ۱۵ بنه در هر کپه، منجر به حصول بهترین عملکرد می‌گردد (Behnia and Mokhtari, 2010). در بررسی دیگری سه سطح تراکم بنه کم، متوسط و زیاد (به‌ترتیب معادل چهار، هشت و ۱۲ تن بنه در هکتار) ارزیابی شد، اگرچه عوامل مختلف در تراکم متوسط و بالای بنه برتری داشتند، اما تراکم متوسط به کشاورزان توصیه شد، زیرا عملکرد زعفران در این سطح با تراکم بالای زعفران اختلاف چشمگیری نداشت (Temperini *et al*., 2009). برخلاف نیاز کودی کم این گیاه، حدود ۱۶ تا ۸۰ درصد تغییرات عملکرد گل به متغیرهای مربوط به خاک از جمله فسفر، نیتروژن معدنی و پتاسیم تبادلی وابسته است (Temperini *et al*., 2009). امیدی و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که عملکرد کلاله و خامه زعفران با مصرف کودهای شیمیایی به‌طور معنی‌داری افزایش داشت و بالاترین عملکرد از تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود شیمیایی اوره و تیمار مصرف تلفیقی کودزیستی و شیمیایی اوره به‌دست آمد. ایران از جمله کشورهایی است که با بحران سوء مصرف کودهای شیمیایی مواجه است (سیفی و همکاران، ۱۳۸۶). در سال‌های اخیر تجمع بیش از حد عناصر شیمیایی در مواد غذایی، پژوهشگران و سازمان تحقیقاتی و اجرایی داخلی را بر آن داشت که بیش از پیش به امر کوددهی در زمین‌های زراعی کشور توجه کنند. یکی از راه‌حل‌های پیشنهادی برای رویارویی صحیح با این مسأله، تغییر منابع کودی از کودهای شیمیایی به سمت کودهای زیستی است. کودهای زیستی بر مبنای گزینش طبیعی انواع موجودات مفید خاک برای اهداف متفاوت تهیه می‌شوند که بالاترین کارآیی و بازدهی را از نظر تولید عوامل محرک رشد گیاه و فراهم سازی عناصر غذایی را به‌شکل قابل جذب داشته باشند (اصغرزاده، ۱۳۸۴). در آزمایشی اثر کودهای بیولوژیکی و شیمیایی بر عملکرد زعفران بررسی شد اثر تیمارهای کودی بر تعداد گل، وزن تر وخشک گل، وزن تر وخشک کلاله معنی‌دار بود و بیش‌ترین تعداد گل و عملکرد کلاله در اثر استفاده از کودزیستی نیتروکسین حاصل شد (Koocheki *et al*., 2011). طی تحقیقی مشخص گردید که کاربرد باکتری *Bacillus subtilis* در زعفران منجر به افزایش تعداد گل و عملکرد می‌شود (Eldin *et al.,* 2008). این تحقیق با هدف بررسی تراکم و مصرف سطوح کودی مناسب بر گیاه زعفران در منطقه ورامین – قرچک صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور بررسی تراکم و مصرف سطوح کودی مناسب بر گیاه زعفران (*Crocus sativus* L.) در سال زراعی ۱۳۹۲ به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه‌ای در شهرستان قرچک واقع در روستای داود آباد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح تراکم بنه (۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ بنه در مترمربع) و منابع کودی در چهار سطح شاهد (بدون مصرف کود)، کودشیمیایی اوره به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، کودزیستی نیتروکسین به

میزان پنج لیتر در هکتار و مصرف توأم کودشیمیایی اوره به‌مقدار ۷۵ کیلوگرم درهکتار و کود زیستی نیتروکسین به‌مقدار ۲/۵ لیتر در هکتار) بود. لازم به توضیح است که کود زیستی نیتروکسین مورد استفاده در این تحقیق، دارای مجموعه‌ای از مؤثرترین باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از جنس *Azotobacter* و *zospirillum* بوده که سهم هر یک از جنس‌های باکتری در هر میلی‌لیتر نیتروکسین به تعداد (CFU) 10^8 سلول زنده بود. عملیات تلقیح بنه‌ها با سوسپانسیون آماده باکتری‌های فوق در ترکیب با آب مقطر انجام شد و سپس در سایه خشک شدند و آماده کشت گردیدند. هر واحد آزمایشی شامل شش خط کاشت به‌طول چهار متر و فاصله بین ردیف‌ها از یکدیگر ۲۵ سانتی‌متر بود. فاصله بین بنه‌ها از هم روی ردیف براساس تراکم مورد نظر بود. قبل از کاشت زعفران، از خاک مزرعه جهت انجام تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌برداری شد (جدول یک). به‌منظور آماده‌سازی زمین برای کاشت پیازها، مزرعه در پاییز سال قبل از کشت، شخم عمیق زده شد و در اواسط بهار نیز مزرعه دو بار در جهت عمود برهم شخم خورد. کشت بنه‌ها در ۱۵ خرداد ماه ۱۳۹۲ و هم‌زمان با آن آبیاری اول نیز صورت گرفت، آبیاری دوم در اواخر شهریور ماه به‌منظور تسهیل در سبز شدن بنه‌ها انجام شد. نمونه‌برداری به‌منظور تعیین عملکرد زعفران از مزرعه آزمایشی هم‌زمان با شروع گلدهی (آبان ماه) آغاز و در هر نمونه‌گیری در زمان گل‌دهی گل‌های ظاهر شده، به‌صورت روزانه جمع‌آوری، شمارش و جهت توزین (وزن تر و خشک) اجزای گل به آزمایشگاه منتقل و سپس وزن خشک کلاله در آون (در دمای ۷۵ درجه و به‌مدت ۴۸ ساعت) اندازه‌گیری شد. جهت نمونه‌گیری اندام رویشی در انتهای فصل و قبل از زرد شدن برگها نمونه‌های سبز برگ از سطح یک مترمربع در هر کرت برداشت شد. سپس طول، وزن تر و تعداد برگ در واحد سطح اندازه‌گیری شد. همچنین اندازه‌گیری محتوای رنگدانه‌ها از طریق روش آرنون (Arnon, 1949) انجام شد. در نهایت، مقدار جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۴۶/۶، ۶۶۳/۶ نانومتر خوانده و ثبت گردید. سپس محتوای کلروفیل a، b و کل (a+b) برگ با استفاده از روش پورا (Porra, 2002) در قالب روابط ذیل محاسبه شدند.

$$\text{Chlorophyll a } (\mu g.g^{-1}) = ۱۲/۲۵(A_{۶۶۳.۶}) - ۲/۵۵ (A_{۶۴۶.۶})$$

$$\text{Chlorophyll b } (\mu g.g^{-1}) = ۳۱/۲۰ (A_{۶۴۶.۶}) - ۴/۹۱ (A_{۶۶۳.۶})$$

$$\text{Total Chlorophyll } (\mu g.g^{-1}) = ۱۷/۷۶ (A_{۶۴۶.۶}) + ۷/۳۴ (A_{۶۶۳.۶})$$

آنالیز داده‌ها با نرم افزار SAS 9.1، رسم شکل‌ها با نرم افزار Excel و مقایسه میانگین منابع تغییرات در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که کلیه صفات مورد مطالعه در تیمار تراکم بنه (D) و استفاده از منابع مختلف کودی (F) نیز بر تمامی صفات مورد مطالعه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول یک). از طرفی اثر متقابل بین تراکم بنه و منابع متفاوت کودی (D×F) بر صفاتی همچون طول برگ، تعداد گل و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی موجود در برگ زعفران در سطوح آماری یک و پنج درصد تأثیر معنی‌داری داشت، درحالی‌که بر سایر صفات از جمله وزن خشک کلاله، تعداد برگ و وزن تر برگ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول یک).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تراکم بنه و منابع کودی بر صفات مورد آزمون

Table 1. Analysis of density effect corm and fertilizer sources of evaluated traits

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S							
		کلروفیل (*a+b*) Total Chlorophyll	کلروفیل *b* Chlorophyll b	کلروفیل *a* Chlorophyll a	طول برگ Length leaf	وزن تر برگ Fresh leaf weight	تعداد برگ Number leaf	وزن خشک کلاله Dry stigma weight	تعداد گل Number of flower
تکرار Replication	2	81.68	25.94	15.55	6.15	310.52	3993.43	0.22	19.06
تراکم بنه (D) Corm density	2	100.20**	42.19**	12.78**	106.9**	14376.04**	104227.9**	8.42**	1858.12**
منابع کودی (F) Source fertilizer	3	12962.24**	4225.31**	2508.45**	17.9**	173.02**	3154.83**	0.39**	100.40**
اثر متقابل D×F Interaction effect	6	6.94*	2.01*	2.87*	3.65**	7.92^{ns}	104.95^{ns}	0.007^{ns}	3.54*
خطا Error	22	0.34	0.67	0.76	0.42	5.95	244.91	0.005	0.95
ضریب تغییرات CV(%)	-	0.34	0.48	0.37	3.07	3.32	5.74	4.18	2.01

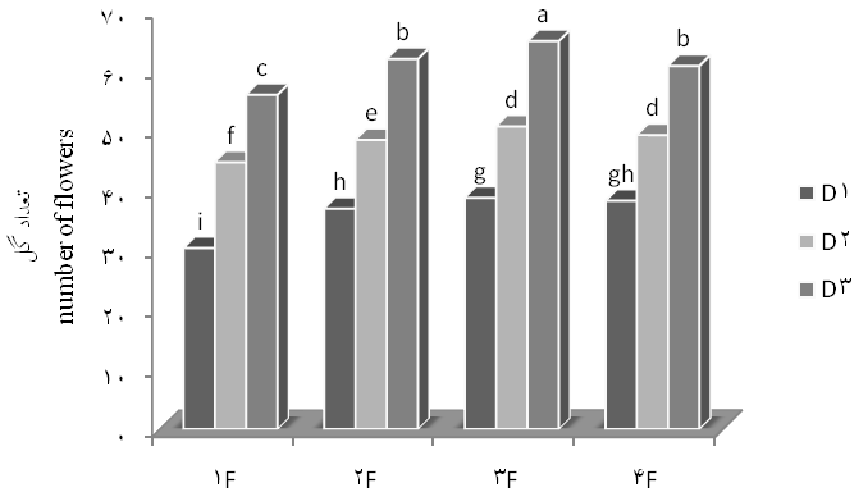
ns ،*و** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار درسطح پنج و یک ۱ درصد می‌باشد.

ns, **, *: Non-significant, significant at 5 and 1% probability level, respectively

تعداد گل و وزن خشک کلاله

با مصرف کودهای شیمیایی و زیستی، عملکرد و تعداد گل در واحد سطح به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول دو). بیش‌ترین تعداد گل در تیمار F_3 (مصرف نیتروکسین پنج لیتر درهکتار) با ۵۱/۴۵ گل در مترمربع به‌دست آمد، همچنین بیش‌ترین عملکرد کلاله با میانگین $kg.ha^{-1}$ ۲/۰۸ در همین تیمار (F_3) وجود داشت. در بررسی سایر تیمارها بر این صفات اختلاف بین تیمارهای F_2 (کود اوره ۱۵۰ کیلوگرم) و F_4 (مصرف تلفیقی کودها) اندک بود و پس از تیمار F_3 در سطوح بعدی قرار گرفتند. افزایش تعداد گل و عملکرد کلاله با استفاده از کود زیستی نیتروکسین، احتمالاً ناشی از عرضه عناصرغذایی، به‌خصوص نیتروژن می‌باشد. به‌نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد موجود در کودهای زیستی مانند نیتروکسین علاوه بر تثبیت نیتروژن و جذب آن توسط ریشه گیاه باعث تحریک بیش‌تر رشد گیاه و افزایش عملکرد محصول شدند. بنابراین تغییرات عملکرد گل زعفران به متغیرهای مربوط به خاک به‌خصوص به منبع و میزان کودهای مصرفی وابسته است. طی تحقیقی مشخص گردید که با کاربرد باکتری‌های محرک رشد در زعفران افزایش تعداد گل و عملکرد زعفران حاصل می‌گردد (Eldin *et al.*, 2008). افزایش تراکم اثری افزاینده‌ای بر تعداد گل در واحد سطح داشت (جدول دو). به‌طوری‌که تراکم ۱۸۰ بنه در مترمربع، حدود ۷۰ درصد نسبت به سطح کم (۶۰ بنه در مترمربع) و ۳۰ درصد نسبت به سطح متوسط (۱۲۰ بنه در مترمربع) افزایش گل را نشان داد. همچنین تیمار D_3 (۱۸۰ بنه در مترمربع) نسبت به سایر تیمارها با میانگین $kg.ha^{-1}$ ۲/۶۰ از بالاترین عملکرد کلاله برخوردار شد. در مطالعه‌ای کریمی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۱) نتیجه گرفتند که کاهش فاصله بین بنه‌ها روی ردیف (افزایش تراکم) از ۵/۵ به ۲/۵ سانتی‌متر منجربه افزایش ۷۵ درصدی در تعداد گل شد. نتایج تحقیق ارزیابی دوسطح تراکم کم (۵۵ بنه در مترمربع) و زیاد (۷۵ بنه در مترمربع) در زعفران نشان داد که افزایش تراکم تأثیر مثبتی بر تعداد گل در واحد سطح می‌گذارد که متعاقباً عملکرد کلاله را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Gresta *et al.*, 2010). به گفته امیدی و همکاران (۱۳۸۸) تیمار نوع کود نیتروژن بر عملکرد زعفران تأثیر معنی‌داری داشت و بیش‌ترین عملکرد زعفران خشک در مصرف کود اوره و

مصرف کود زیستی به‌دست آمد که موجب افزایش ۸۳ درصدی عملکرد نسبت به تیمار شاهد شد. بررسی نتایج اثرات متقابل در مورد تعـداد گل بیانگر برتری بالاترین سطح تراکم و استفاده از کود زیستی نیتروکسین (D_3F_3) نسبت به سایر تیمارها بود، پس از آن، تیمارهای D_3F_2 و D_3F_4 به‌ترتیب با ۶۱/۹۸ و ۶۰/۸۱ گل در مترمربع قرارگرفتند، هرچند بین آنها از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجودنداشت (جدول سه). لازم به ذکر است که در بررسی صفت عملکرد کلاله، اثر متقابلی بین تیمارها مشاهده نشد.



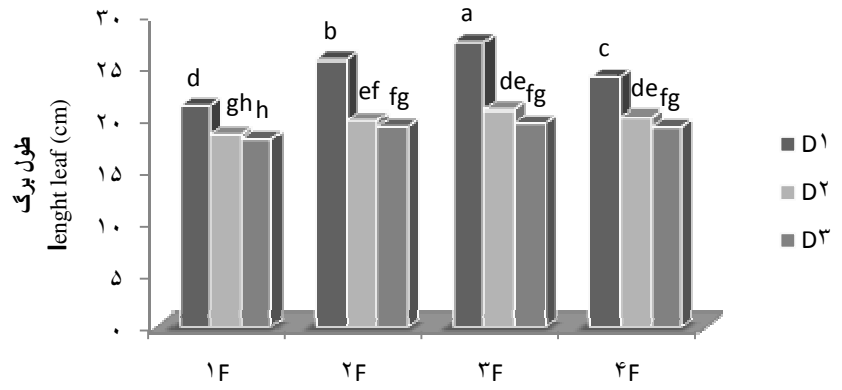
شکل ۱- اثر متقابل تراکم بنه و منابع کودی بر تعداد گل درگیاه زعفران

Figure 1. Interaction of density corm and fertilizer sources on number of flowers

خصوصیات برگ

استفاده از تراکم مطلوب بنه، یکی از راه‌کارهای مؤثر بر بهبود کارایی استفاده از منابع و افزایش شاخص‌های رشدی و عملکرد زعفران می‌باشد (Beheshti and Faravani, 2003). با نگاهی به جدول مقایسه میانگین‌ها، اثر افزاینده تراکم‌های بالای بنه بر تعداد برگ و وزن تر برگ مشخص گردید، بدین ترتیب که بیش‌ترین تعداد برگ و وزن تر برگ به‌ترتیب با میانگین‌های ۳۵۸/۵۸/ $leaf.m^{-2}$ و ۱۰۹/۲۱ $g.m^{-2}$ در بالاترین تراکم بنه (۱۸۰ بنه در مترمربع) حاصل شد (جدول دو). به‌نظر می‌رسد افزایش رشد رویشی زعفران در شرایط استفـاده از تراکم مطلـوب بنـه، منجر به افزایش رشد و خصوصیـات رشدی شـد که بالطبـع آن افـزایش تعداد برگ و وزن تازه برگ زعفران را به‌دنبال دارد. در آزمایشـی بر وی گیـاه زعفـران مشخص شد که استفـاده از تراکـم ۱۷۷/۶ بنـه در مترمربع نسبت به تراکـم ۸۸/۸ بنـه در مترمربع برتـری داشت و باعـث افزایش ۵۲ درصدی تعداد و وزن تر برگ شد (Naderi Darbaghshahi *et al.*, 2008). در مقابل رستمی و محمدی (۱۳۹۲) با بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بنه بر گیاه زعفران نتایج متفاوتی را نشان دادند بدین صورت که اعمال تراکم‌های مختلف کاشت تأثیر معنی‌داری بر تعداد برگ داشت، با افزایش تراکم تعداد برگ‌ها به‌صـورت معنـی‌داری کاهـش یافت. از شـاخص‌های تعیین کننده بر میزان فتوسنتز گیاه اندازه و طول برگ آن می‌باشد. از دیگر نتایج مقایسه میانگین‌ها، می‌توان به این مطلب اشاره کرد که هر چه فاصله بین بنه‌ها روی ردیف افزایش یابد، طول برگ نیز

بیش‌تر می‌گردد، به‌عبارت دیگر کاهش تراکم بنه از ۱۸۰ بنه در مترمربع (D_3) به ۶۰ بنه در مترمربع (D_1) منجر به افزایش ۲۹ درصدی طول برگ زعفران می‌شود. در همین راستا رضوانی مقدم و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که با افزایش تراکم بنه از ۵۰ به ۱۵۰ بنه در مترمربع، کاهش ۴۵ درصدی برای طول برگ زعفران حاصل می‌شود. اثر منابع کودی مختلف بر خصوصیات برگ تأثیرگذار بود و بیش‌ترین تعداد، طول و وزن تر برگ از کاربرد پنج لیتر در هکتار کود نیتروکسین و کم‌ترین میزان در تیمار شاهد مشاهده شد. همچنین تیمار کود شیمیایی اوره (F_2) پس از تیمار کود زیستی نیتروکسین از بالاترین تعداد، طول و وزن تر برگ برخوردار بود، هرچند از لحاظ آماری با تیمار مصرف تلفیقی کود شیمیایی و زیستی اختلاف معنی‌داری نداشت. این طور به‌نظر می‌رسد که تغذیه مناسب گیاه، عامل مهمی در بهبود رشد و توسعه گیاه بود و افزودن مقدار مناسب کود زیستی و شیمیایی به خاک، به‌عنوان عامل تغذیه‌ای، منجر به فراهمی عناصر غذایی قابل دسترس و بالطبع آن بهبود رشد رویشی زعفران گردید. در آزمایشی مشخص شد که کاربرد کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های محرک رشد از جمله سودوموناس و باسیلوس به‌تنهایی و یا به صورت ترکیبی با مقادیر ۱۰۰ یا ۵۰ کیلوگرم کود شیمیایی (اوره)، نسبت به سایر تیمارها بر خصوصیات برگ (تعداد برگ و وزن برگ) اثر مثبت‌تری را دارند (رسولی و همکاران، ۱۳۹۲). در مطالعه‌ای دیگر وزن خشک برگ در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار نسبت به تیمار شاهد ارجحیت داشت، به‌صورتی‌که وزن خشک برگ در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار ۱۹ درصد بیش‌تر از سطح صفر نیتروژن بود (چاجی و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به شکل دو، اثرات متقابل تراکم بنه و منابع کودی نشان از برتری تیمار D_1F_3 (تراکم ۶۰ بنه در مترمربع و مصرف کود زیستی نیتروکسین به‌مقدار پنج لیتر در هکتار) با معدل ۲۷/۴۲ سانتی‌متر نسبت به دیگر تیمارها داشت.

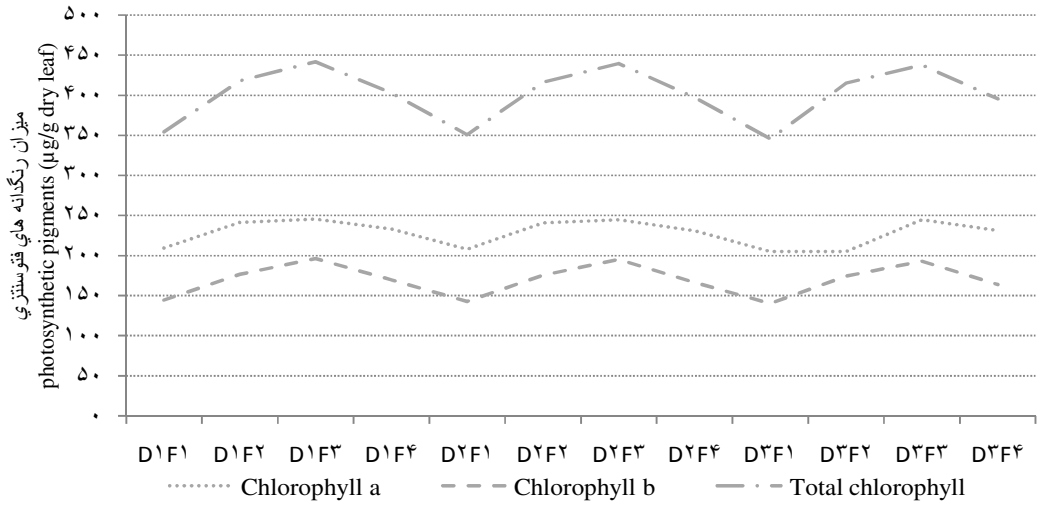


شکل ۲-اثر متقابل تراکم بنه و منابع کودی بر طول برگ گیاه زعفران
Figure 2. Interaction of density corm and fertilizer sources on length leaf

رنگدانه‌های فتوسنتزی

در میان تراکم‌های بنه، تراکم ۶۰ بنه در مترمربع (D_1) نسبت به سایر تیمارها از بیش‌ترین میزان کلروفیل (*a* و *b*) برخوردار بود. لازم به توضیح است که اثر ساده تراکم‌های ۱۲۰ و ۱۸۰ بنه در مترمربع بر

میزان کلروفیل *a*، از نظر آماری معنی‌دار نشد. در توجیه مطالب ذکر شده این طور می‌توان بیان کرد که افزایش فاصله بین بنه‌ها روی ردیف کاشت موجب کاهش رقابت، بهبود شرایط رشدی و توسعه بنه‌ها می‌شود که باعث تحریک و افزایش رشد طولی برگ‌ها به‌عنوان اندام فتوسنتز کننده شد، که این امر خود در افزایش جذب نور و تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی نقش به‌سزایی دارد. میزان کلروفیل در شرایط استفاده از کودزیستی نیتروکسین، به‌طور معنی‌داری بیش از تیمار شاهد بود. با توجه به نتایج، مشاهده می‌شود که بالاترین میزان کلروفیل *a* و *b* موجود، در برگ بنه‌هایی است که تیمار کود نیتروژن‌دار به‌صورت زیستی و شیمیایی در آن‌ها اعمال شده باشد. در تحقیق حاضر بررسی نتایج خصوصیات برگ و رنگدانه‌های فتوسنتزی نتایج نزدیکی را نشان می‌دهند، این امر ارتباط بین تغذیه صحیح گیاه و ترکیب‌های فیتوشیمیایی برگ را به اثبات می‌رساند. همچنین بررسی نتایج به‌دست آمده از اثر متقابل تراکم بنه و منابع کودی حاکی از آن است. که مصرف کود زیستی نیتروکسین بیش‌ترین تأثیر را بر میزان کلروفیل برگ گذاشت. بهترین تیمارها (D_1F_3، D_2F_3 و D_3F_3) در استفاده از کود زیستی نیتروکسین در تراکم‌های مختلف حاصل شد و همگی در یک سطح آماری قرارگرفتند (شکل سه). رسولی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که بالاترین میزان رنگدانه‌ها از ترکیب ۱۰۰ و ۵۰ درصد کود شیمیایی با کود زیستی و سپس باکتری‌های خالص حاصل شد. به طور مشابه پژوهش خرم دل و همکاران (۱۳۸۹) نیز به افزایش رنگدانه‌ها با افزودن کود بیولوژیک اشاره داشت. این در حالی است که در سایر گیاهان کاربرد کودهای شیمیایی بر افزایش میزان کلروفیل‌ها نسبت به کود بیولوژیک ارجحیت داشت (شفق کلوانق و همکاران، ۱۳۸۸).



شکل ۳- میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه زعفران در برهم‌کنش تیمارهای تراکم بنه و منابع کودی

Figure 3. Interaction of density corm and fertilizer sources on amount photosynthetic pigments

جدول ۲- مقایسه میانگین تراکم بنه و منابع کودی بر صفات مورد آزمون

Table 2. Comparison of the mean corm density and fertilizer sources on evaluated traits

تیمارها Treatments	کلروفیل (a+b) Total Chlorophyll (SPAD)	کلروفیل b Chlorophyll b (SPAD)	کلروفیل a Chlorophyll a (SPAD)	طول برگ Length leaf (cm)	وزن تر برگ Fresh leaf weight ($gr.m^{-2}$)	تعداد برگ N.o leaf (m^2)	وزن خشک کلاله Dry stigma weight ($kg.ha^{-1}$)	تعداد گل Number of flower (m^2)
تراکم بنه (D) Corm density								
D_1 (۶۰ بنه در مترمربع)	404.13 [a]	171.65[a]	232.47[a]	24.60[a]	40.15[c]	173.64[c]	0.93[c]	36.04[c]
D_2 (۱۲۰ بنه در مترمربع)	400.91[b]	169.83[b]	231.08[b]	19.89[b]	70.46[b]	284.22[b]	1.89[b]	48.25[b]
D_3 (۱۸۰ بنه در مترمربع)	398.36[c]	167.90[b]	230.45[b]	19.07[c]	109.21[a]	358.88[a]	2.60[a]	60.93[a]
منابع کودی (F) Source fertilizer								
F1 (بدون مصرف کود)	350.15[d]	142.46[d]	207.67[d]	19.28[c]	68.03[c]	245.49[b]	1.59[d]	43.64[c]
F_2 (کورد اوره ۱۵۰ کیلو)	416.32[b]	175.46[b]	240.85[b]	21.64[b]	74.12[b]	276.63[a]	1.81[b]	49.10[b]
F_3 (نیتروکسین ۵ لیتر)	439.65[a]	194.67[a]	244.97[a]	22.64[a]	78.62[a]	289.19[a]	2.08[a]	49.43[b]
F_4 (تلفیق اوره و نیترو	398.42[c]	166.46[c]	231.83[c]	21.18[b]	72.33[b]	277.69[a]	1.73[c]	51.45[a]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means followed by non-similar letters in each column are significantly different at p=5

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل تراکم بنه و منابع کودی بر صفات مورد آزمون

Table 3. Comparison of interaction effects density corm and sources fertilizer on the evaluated traits

تیمار Treatments	کلروفیل (a+b) Total Chlorophyll (SPAD)	کلروفیل b Chlorophyll b (SPAD)	کلروفیل a Chlorophyll a (SPAD)	طول برگ Length leaf (cm)
اثر متقابل (D×F)				
D_1F_1	354.20[g]	144.50[h]	209.70[a]	21.20[d]
D_1F_2	417.86[c]	176.43[c]	241.43[c]	25.69[b]
D_1F_3	441.73[a]	196.16[a]	245.56[b]	27.42[a]
D_1F_4	402.73[e]	169.53[e]	233.20[d]	24.08[c]
D_2F_1	350.76[h]	142.63[i]	208.13[f]	18.53[gh]
D_2F_2	416.06[cd]	175.40[cd]	240.66[c]	19.93[ef]
D_2F_3	439.66[ab]	195.00[a]	244.66[b]	20.89[de]
D_2F_4	397.16[f]	166.30[f]	230.86[e]	20.20[de]
D_3F_1	345.50[i]	140.26[j]	205.23[g]	18.10[h]
D_3F_2	415.03[d]	174.56[d]	240.46[c]	19.30[fg]
D_3F_3	437.56[b]	192.86[b]	244.70[b]	19.62[fg]
D_3F_4	395.36[f]	163.93[g]	231.43[e]	19.25[fg]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means followed by non-similar letters in each column are significantly different at p=5

ادامه جدول سه

Continued Table 3

تیمار Treatments	وزن تر برگ Fresh leaf weight ($gr.m^{-2}$)	تعداد برگ Number leaf (m^2)	وزن خشک کلاله Dry stigma weight($kg.ha^{-1}$)	تعداد گل Number of flower(m^2)
اثر متقابل (D×F)				
D_1F_1	35.88^{a}	143.73^{a}	0.74^{a}	30.30^{i}
D_1F_2	40.77^{a}	179.58^{a}	0.92^{a}	36.91^{h}
D_1F_3	43.81^{a}	186.41^{a}	1.22^{a}	38.71^{g}
D_1F_4	40.16^{a}	184.85^{a}	0.83^{a}	38.24^{gh}
D_2F_1	65.93^{a}	263.20^{a}	1.71^{a}	44.68^{f}
D_2F_2	70.55^{a}	285.23^{a}	1.92^{a}	48.42^{e}
D_2F_3	75.46^{a}	298.44^{a}	2.10^{a}	50.67^{d}
D_2F_4	69.89^{a}	290.02^{a}	1.83^{a}	49.24^{d}
D_3F_1	102.27^{a}	329.54^{a}	2.32^{a}	55.95^{c}
D_3F_2	111.04^{a}	365.08^{a}	2.60^{a}	61.98^{b}
D_3F_3	116.58^{a}	382.71^{a}	2.93^{a}	64.97^{a}
D_3F_4	106.94^{a}	358.19^{a}	2.54^{a}	60.81^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means followed by non-similar letters in each column are significantly different at p=5

منابع

References

اصغرزاده، ا. ۱۳۸۴. کودهای زیستی (بیولوژیک) و کاربرد آن‌ها در کشاورزی زیستی خلاصه مقالات نخستین کارگاه آموزشی کشاورزی زیستی. دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

امیدی ح.، نقدی‌بادی، ح.ع.، گلزاد، ع.، ترابی، ح. و فتوکیان، م.ح. ۱۳۸۸. تاثیر کود شیمیایی و زیستی نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی زعفران. فصل‌نامه گیاهان دارویی. سال ۸ شماره ۲: ۱۰۹-۹۹.

چاجی، ن.، خراسانی، ر.، آستارایی، ع. و لکزیان، ا. ۱۳۹۲. اثر فسفر و نیتروژن بر رشد رویشی و تولید بنه‌های دختری در زعفران. مجله پژوهش‌های زعفران، شماره ۱، صفحه: ۱-۱۲.

خرم‌دل، س.، امین غفوری، ا.، رضوانی‌مقدم، پ. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۸۹. بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری همراه با مصرف کودهای بیولوژیک بر عملکرد دانه، میزان کلروفیل و محتوای رطوبت نسبی کنجد. (*Sesamum indicum* L) اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.

رستمی، م. و محمدی، ح. ۱۳۹۲. بررسی اثرات تاریخ کاشت و تراکم بنه بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativus L.*) در شرایط اقلیمی ملایر. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، شماره ۱، صفحه: ۲۷-۳۸.

رسولی، ز.، فراهانی، س.م. و بشارتی، ح. ۱۳۹۲. واکنش برخی ویژگی‌های رویشی زعفران (*Crocus sativus* L.) به منابع کودی گوناگون. مجله پژوهش‌های خاک، شماره ۱، صفحه: ۳۵-۴۶.

رضوانی مقدم، پ.، خرم‌دل، س.، امین غفوری، ا. و شباهنگ، ج. ۱۳۹۲. ارزیابی رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.) تحت تأثیر کمپوست بستر قارچ و تراکم بنه. مجله پژوهش‌های زعفران، شماره ۱، صفحه: ۱۳-۲۶.

سیفی، م.، اردکانی، م.ر.، رجالی، ف. و امیرآبادی، م. ۱۳۸۶. بررسی کارآیی ازتوباکتر و میکوریزا تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن بر روی برخی صفات مورفولوژیکی و کیفی ذرت علوفه‌ای KSC704 در استان مرکزی. دهمین کنگره علوم خاک ایران، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

شفق کلوانق، ج.، زهتاب سلماسی، س.، جوان شیر، ع.، مقدم، م. و دباغ محمدی‌نسب، ع. ۱۳۸۸. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و تداخل علف‌های هرز بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان کلروفیل برگ در سویا. دانش کشاورزی پایدار (دانش کشاورزی) 19 (1): 1-20.

کافی، م. ۱۳۸۱. زعفران. فن‌آوری تولید و فرآوری. انتشارات قطب علمی زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

کریمی‌نژاد، م.، پازکی، ع. و طرقی، ع.ف. ۱۳۹۱. بررسی اثرات آرایش کاشت و تراکم بر عملکرد و برخی از صفات زراعی زعفران (*Crocus sativus* L.) در منطقه شهر ری. مجله پژوهش درعلوم زراعی، شماره۱۸، صفحه: ۵۱-۶۰.

Arnon, D.L. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology. 24:1-15.

Beheshti, A.R., and Faravani, M. 2003. Study of different ratios and densities on yield and yield components of saffron and caraway. 3rd International Congress in Saffron. Mashhad, Iran.

Behnia, M.R., and Mokhtari, M. 2010. Effect of planting methods and corm density in saffron (*Crocussativus* L.) yield. *Acta Horticulturae*, 850, 131-136.

Eldin, M.S., Elkholy, S., Fernandez, J.A., Junge, H., Cheetham, R., Guardiola, J., Weathers, P. 2008. *Bacillus subtilis* FZB24 affects flower quantity and quality of saffron (*Crocus sativus* L.). Planta Medica. 13(74), 16–20.

Gresta, F., Lombardo, G.M., and Avola, G. 2010. Saffron stigmas production as affected by soil texture *Acta Horticulturae*, 850, 149-152.

Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008. Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28, 95-112.

Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., Mohammadabadi, A.A. 2011. Investigation on the effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm criteria of saffron (*Crocus sativus* L.). J. Water Soil. 25(1), 196-206.

Naderi Darbaghshahi, M.R., Khajehbashi, S.M., Bani Taba, S.A., and Dehdashti, S.M. 2008. Effects of planting method, density and depth on yield and production period of saffron (*Crocus sativus* L.) in Isfahan region. *Seed and Plant Production Journal*, 24, 657-643.

Permeh, Z., Hosseini, M.R., Nabizadeh, A., and Mohebbi, H.R. 2009. Export potential and goal markets of Iran saffron. *Iranian Journal of Trade Studies*, 51, 59-95.

Porra, R.J. 2002. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. Photosynthesis Research73: 149 - 156.

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