



Effect of Chicken Manure and Chemical Fertilizers on Some Morphological Characteristics and Flowers Production and Replacement Corm of Saffron (*Crocus sativus* L.) under Irrigation Regimes

Roohollah Saeidi Aboueshaghi¹, Heshmat Omid^{2*}, and Amir Bostani³

Submitted: 30 August 2021 Revised: 20 December 2021 Accepted: 22 January 2022 Available Online: 20 January 2022	How to cite this article: Saeidi Aboueshaghi, R., Omid, H., and Bostani, A. 2022. Effect of Chicken Manure and Chemical Fertilizers on Some Morphological Characteristics and Flowers Production and Replacement Corm of Saffron (<i>Crocus sativus</i> L.) under Irrigation Regimes. Saffron Agronomy & Technology, 10(1): 19-39. DOI: 10.22048/jsat.2022.300362.1436
--	--

Abstract

In order to investigate the effect of chicken manure and chemical fertilizers on some morphological characteristics and yield flowers and replacement corms of saffron under irrigation regimes, a split-plot experiment basis on a complete randomized block design was conducted at the Shahrekord and two consecutive crop years (2018-2019 and 2019-2020) with three replications. Irrigation as main plot at three levels (Fc (0% moisture depletion), %33 moisture depletion and %66 moisture depletion) and nutrition as sub-plot at six levels (control (without fertilizer application), 100% recommended chemical fertilizer, 100% recommended chicken manure, 25% chemical fertilizer + 75% chicken manure, 50% chemical fertilizer + 50% chicken manure and 75% chemical fertilizer + 25% chicken manure) were used. Chicken manure at a rate of 3 tons per hectare and chemical fertilizers including urea 100 kg, potassium sulfate 150 kg, triple superphosphate 50 kg, iron sulfate 45 kg, zinc sulfate 15 kg, and manganese sulfate 20 kg, all per hectare based on soil decomposition and the plant needs, were used. Also, the morphological traits and production of flowers and replacement corms were evaluated. The results showed that the interaction effect of year $\times$ irrigation $\times$ nutrition on all studied traits except leaf number, leaf length, and replacement corm diameter was significant at 1% level. The mean comparison compound of the interaction of year $\times$ irrigation $\times$ nutrition showed that the highest dry yield of stigma and style in the second year, under %33 moisture depletion and 75% chicken manure + 25% chemical fertilizer treatment at the rate of 9.21 kg.ha⁻¹ and the lowest amount In the first year, %66 moisture depletion and control was obtained at the rate of 3.3 kg.ha⁻¹. With increasing water stress intensity, the effect of 75% chicken manure + 25% chemical fertilizers treatment on the yield of replacement corm increased compared to the control. The effect of this treatment in the second year was more compared to the first year so that in the first year and field capacity (%0 moisture depletion), increasing yield of replacement corm in this treatment compared to the control was 3.2%, in %33 moisture depletion 11.8% and in %66 moisture depletion, 26.7%, and in the second years, was respectively 11.2%, 15.5%, and 38.9%. Therefore, this treatment had the highest effect on increasing the saffron stigma and style yield in all irrigation regimes in this experiment.

Keywords: Nutrition, Water stress, Stigma and style.

1 – PhD student in crop physiology, Shahed University, Tehran.

2 – Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture Science, Shahed University, Tehran.

3 - Associate professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture Science, Shahed University, Tehran, Iran.

(* - Corresponding author Email: Omid@Shahed.ac.ir)



مقاله پژوهشی

تأثیر کودهای مرغی و شیمیایی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد گل و بنه‌های دختری زعفران (*Crocus sativus* L.) تحت رژیم‌های آبیاری

روح‌الله سعیدی ابواسحق^۱، حشمت امیدی^{۲*} و امیر بستانی^۳

تاریخ دریافت: ۸ شهریور ۱۴۰۰

تاریخ بازنگری: ۲۹ آذر ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۲ بهمن ۱۴۰۰

روح‌الله سعیدی ابواسحق^۱، ر.، امیدی، ح.، بستانی، ا. ۱۴۰۰. تأثیر کودهای مرغی و شیمیایی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد گل و بنه‌های دختری زعفران (*Crocus sativus* L.) تحت رژیم‌های آبیاری. زراعت و فناوری زعفران، ۱۰ (۱): ۳۹-۱۹.

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کودهای شیمیایی و مرغی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد گل و بنه‌های دختری زعفران تحت رژیم‌های آبیاری، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرکرد و در دو سال زراعی متوالی (۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹) اجرا شد. آبیاری به عنوان کرت اصلی در سه سطح (ظرفیت زراعی (تخلیه رطوبتی صفر)، ۲۳٪ تخلیه رطوبتی و ۶۶٪ تخلیه رطوبتی) و تغذیه به عنوان کرت فرعی در شش سطح (شاهد (بدون مصرف کود)، ۱۰۰٪ کود شیمیایی توصیه شده، ۱۰۰٪ کود مرغی توصیه شده، ۲۵٪ کود شیمیایی+۷۵٪ کود مرغی، ۵۰٪ کود شیمیایی+۵۰٪ کود مرغی و ۷۵٪ کود مرغی و ۲۵٪ کود شیمیایی+۲۵٪ کود مرغی) به کار برده شدند. کود مرغی به میزان ۳ تن در هکتار و کود شیمیایی شامل: اوره ۱۰۰، سولفات پتاسیم ۱۵۰، سوپرفسفات تریپل ۵۰، سولفات آهن ۴۵، سولفات روی ۱۵ و سولفات منگنز ۲۰ همگی کیلوگرم در هکتار بر اساس تجزیه خاک و نیاز گیاه استفاده گردید. همچنین، صفات مورفولوژیک و عملکرد گل و بنه‌های دختری زعفران مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد اثر متقابل سال × آبیاری × تغذیه بر تمامی صفات مورد مطالعه بجز تعداد برگ، طول برگ و قطر بنه دختری در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. مقایسه میانگین مرکب اثر متقابل سال × آبیاری × تغذیه نشان داد بیش‌ترین عملکرد کلاله و خامه خشک در سال دوم، ۳۳٪ تخلیه رطوبتی و تیمار ۲۵٪ کود شیمیایی+۷۵٪ کود مرغی به میزان ۹/۲۱ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن در سال اول، ۶۶٪ تخلیه رطوبتی و شاهد به میزان ۳/۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. با افزایش شدت تنش رطوبتی تأثیر تیمار ۲۵٪ کود شیمیایی+۷۵٪ کود مرغی بر عملکرد بنه‌های دختری نسبت به شاهد افزایش یافت و تأثیر این تیمار در سال دوم بیشتر از سال اول بود، به‌طوری‌که در سال اول و ظرفیت زراعی (تخلیه رطوبتی صفر) افزایش عملکرد بنه‌های دختری در این تیمار نسبت به شاهد ۳/۲٪ در ۳۳٪ تخلیه رطوبتی، ۱۱/۸٪ و در ۶۶٪ تخلیه رطوبتی، ۲۶/۷٪ و در سال دوم به‌ترتیب ۱۱/۲٪، ۱۵/۵٪ و ۳۸/۹٪ بود. بنابراین، این تیمار در تمامی رژیم‌های آبیاری دارای بالاترین تأثیر در افزایش عملکرد کلاله و خامه زعفران در این آزمایش بود.

کلمات کلیدی: تغذیه، تنش رطوبتی، کلاله و خامه.

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران

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

۳- دانشیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران

(*)- نویسنده مسئول: omidi@shahed.ac.ir

DOI: 10.22048/jsat.2022.300362.1436

مقدمه

زعفران با نام علمی (*Crocus sativus* L.) گیاهی دارویی- ادویه‌ای متعلق به خانواده زنبقیان (Iridaceae) است که بیشتر در مناطق خشک و نیمه خشک ایران رویش دارد (Sepaskhah & Kamgar-Haghighi, 2009). از نظر ژنتیکی عقیم ($2n=3x=24$) است، لذا به روش غیر جنسی و توسط ساقه زیرزمینی به نام بنه تکثیر می‌شود. علیرغم اینکه ایران در بین تمام کشورهای تولید کننده زعفران مقام اول را از نظر سطح زیر کشت و میزان تولید سالیانه دارد، اما متوسط عملکرد در ایران نسبت به سایر کشورهای تولید کننده پایین است. به نظر می‌رسد این تفاوت معنی‌دار عملکرد به دلیل تفاوت در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مناطق رشد و نیز راهکارهای تغذیه‌ای نامناسب در ایران باشد (Heidari et al., 2014).

کمبود آب باعث کاهش سطح زیر کشت محصولات با نیاز آبی بالا و افزایش سطح زیر کشت زعفران به عنوان گیاه با نیاز آبی کم در کشور گردید. اگرچه زعفران گیاهی نسبتاً کم آب است، اما تنش خشکی بر عملکرد ماده خشک، بخصوص عملکرد اقتصادی به طور مستقیم اثر منفی می‌گذارد و نباید در شرایط تنش قرار گیرد (Slama et al., 2005). ثابت تیموری و همکاران (Sabet Teimouri et al., 2010) گزارش دادند کمبود رطوبت در خاک، به طور معنی‌داری وزن خشک، تر، ضخامت و عرض برگ زعفران را کاهش داد. همچنین گزارش شد وزن کلاله زعفران در تیمار دیم‌کاری نسبت به شرایط آبیاری بسیار کمتر بود (Azizi-Zohan et al., 2006) و با افزایش دور آبیاری عملکرد زعفران کاهش یافت (Aitoubahou & El-Otmani, 1999). حسینی و رحیمی (Hosseini & Rahimi, 2018) گزارش دادند تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری بر وزن بنه‌های زعفران و تعداد بنه‌ها معنی‌دار بود

و با افزایش شدت تنش رطوبتی، تعداد بنه‌ها و وزن آنها روند کاهشی نشان داد.

یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد تحت تنش خشکی، تنش کمبود عناصر غذایی است (Thalooth et al., 2006). در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش حجم آب خاک، توزیع مواد غذایی در خاک کاهش یافته و در نتیجه جذب عناصر از طریق ریشه و انتقال آنها به شاخه‌ها کاهش می‌یابد. دلیل این کاهش، آسیب دیدن انتقال دهنده‌های فعال و انعطاف‌پذیری غشاء در جذب مواد غذایی در ریشه است (Hu et al., 2007). با افزایش رطوبت موجود در خاک، جذب نیتروژن توسط گیاه افزایش می‌یابد و ارتباط نزدیکی بین جذب سایر عناصر مانند فسفر، پتاسیم، روی و آهن با رطوبت قابل دسترس گیاه وجود دارد (Jones, 1980). از مهم‌ترین راهکارهای بهبود عملکرد زعفران، فراهمی متعادل عناصر غذایی است (Amiri, 2008). این موضوع نقش مهمی در گل‌انگیزی و بهبود رشد بنه-های مادری زعفران دارد (Rezvani Moghaddam et al., 2013). با توجه به اینکه در ایران طول دوره تولید این گیاه تا ۸ سال می‌باشد، مدیریت صحیح مصرف کود می‌تواند نقشی مؤثر در افزایش پایداری تولید این گیاه داشته باشد (Naderi-Darbaghshahi et al., 2008). در زراعت زعفران مدیریت صحیح کود بر اساس نتایج تجزیه خاک و همچنین با در نظر گرفتن میزان عناصر غذایی خاک انجام می‌گیرد (Kafi, 2002). تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از منابع آلی مانند انواع کودهای دامی و شیمیایی می‌تواند هم باعث افزایش عملکرد و هم باعث بهبود کیفیت زعفران گردد. با توجه به کمبود ماده آلی خاک در مزارع زعفران کشور (Rezvani Moghaddam et al., 2015)، مدیریت حاصلخیزی خاک بر پایه مصرف کودهای آلی با بهبود خصوصیات خاک، علاوه بر افزایش عملکرد، در دراز مدت نیز باعث پایداری بوم نظام می‌شود (Leithy et al.,

۲۰۰۶). بنابراین کودهای آلی با تأثیر مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، باعث بهبود محیط ریزوسفر شده که موجب افزایش رشد گیاه، افزایش سطح برگ و در نهایت باعث بهبود اجزای عملکرد می‌شود (Rezvani Moghaddam et al., 2010). نقش مثبت کودهای آلی ورمی‌کمپوست (Alidadi et al., 2013)، مرغی (Amiri, 2008) و گاوی (Koocheki et al., 2014) در افزایش عملکرد زعفران اثبات شده است. بهبود عملکرد کلاله زعفران با کاربرد کودهای نیتروژن (Omidi et al., 2009) روی (Thalooth et al., 2006)، آهن (Bybordy & Mamedov, 2010) و پتاسیم (Akbarian et al., 2012) گزارش گردیده است. استفاده از کودهای آلی به همراه شیمیایی جهت تأمین فسفر (Barasa et al., 2010) و نیتروژن (Adeniyani et al., 2011) ضروری است و با مزایای زیستی و اقتصادی همراه است.

اگرچه زعفران نسبت به حاصلخیزی خاک گیاهی نسبتاً کم توقع می‌باشد، اما کاربرد کودهای آلی به عنوان بستر کاشت، بهینه سازی رشد و سپس بهبود وزن و سایر خصوصیات بنه دختری زعفران را بدنبال دارد. نتایج آزمایش (Shariat-Madari et al., 2018) حاکی از آن است که کاربرد کودهای آلی در مقایسه با شیمیایی تأثیر بیشتری بر صفات بنه‌های دختری زعفران داشت. سیدی و همکاران (Seyyedi et al., 2018) گزارش دادند کاربرد ورمی‌کمپوست نسبت به کودهای معدنی، تعداد و وزن بنه‌های دختری را به طور معنی‌داری

افزایش داد. مصرف کود نیتروژن باعث افزایش تعداد و مصرف کود فسفر باعث افزایش وزن بنه‌های دختری زعفران می‌گردد (Chaji et al., 2013). در مطالعه دیگری گزارش شد که مصرف انواع کودهای آلی، کود اختصاصی زعفران (دلفارد) و کود بیولوژیک در سال‌های ابتدایی پس از کاشت بنه، عمدتاً باعث افزایش تعداد بنه‌های دختری در واحد سطح می‌شود (Rezvani Moghaddam et al., 2013). با توجه به اثرات مثبت کودهای آلی و معدنی در بهبود پاسخ گیاهان به تنش خشکی، این آزمایش به منظور بررسی عکس‌العمل زعفران به مصرف کودهای شیمیایی و مرغی تحت شرایط مختلف آبیاری و ارزیابی تأثیر این عناصر در کاهش خسارت ناشی از تنش و بهبود مقاومت گیاه طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کودهای آلی و معدنی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد گل و بنه‌های دختری زعفران تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، آزمایشی در دو سال زراعی متوالی (۱۳۹۷-۱۳۹۸ و ۱۳۹۸-۱۳۹۹) در مزرعه ارجنک از توابع شهرستان شهرکرد بصورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج تجزیه خاک مزرعه (جدول ۱) و کود آلی استفاده شده (جدول ۲) در ذیل ارائه گردیده است. ضمناً جدول میانگین آمار هواشناسی شهرستان شهرکرد از سال ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۸ نیز در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1- Physical and chemical properties of farm soil

کلاس بافت خاک Soil texture class	درصد اجزای خاک Fraction of the soil (%)			عمق Depth (cm)	درصد کربن آلی Organic carbon (%)	اسیدیته Acidity (pH)	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS.m ⁻¹)
	شن Sand (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)				
خاک رس سیلتی Silty clayloam	16.5	39.5	44	0-30	1.598	7.64	0.558

آهن قابل جذب Available Fe (mg.kg ⁻¹)	منگنز قابل جذب Available Mn (mg.kg ⁻¹)	روی قابل جذب Available Zn (mg.kg ⁻¹)	فسفر قابل جذب Available P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب Available K (mg.kg ⁻¹)	درصد نیتروژن کل Total nitrogen (%)	درصد مواد خنثی شونده The percentage of neutralizing (%)
2.15	8.31	0.66	27.6	164	0.126	16.5

جدول ۲- نتایج تجزیه نمونه کود آلی (مرغی) مورد استفاده

Table 2- Results of analysis of organic (chicken) fertilizer samples used

اسیدیته Acidity (pH)	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS.m ⁻¹)	درصد مواد آلی Organic matter (%)	درصد رطوبت Moisture (%)	درصد پتاسیم Potassium (%)	درصد فسفر Phosphorus (%)	درصد نیتروژن Nitrogen (%)
7.36	5.871	65.88	3.91	1.82	1.65	2.11

جدول ۳- آمارده ساله داده‌های هواشناسی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شهرکرد

Table 3- Decade statistic of meteorological data from synoptic weather stations in shahrekord

متوسط بارندگی سالیانه Annual precipitation average (mm)	دما Temperature (°C)			ایستگاه شهرکرد Shahrekord station
	میانگین Average	حداکثر مطلق Absolute maximum	حداقل مطلق Absolute minimum	
65.3	9.6	24.1	-6.1	فروردین Mar.
28.9	13.3	27.1	-2.8	اردیبهشت Apr.
8.9	18.7	34	1	خرداد May.
0	23.2	37.1	6.3	تیر June.
0.9	22.9	37.2	7.5	مرداد July.
0	19.6	34.1	2.9	شهریور Aug.
2.5	14.6	30.4	-1.4	مهر Sept.
26.3	7.9	22.6	-7.6	آبان Oct.
28.8	3.1	17.2	-11.7	آذر Nov.
41.2	2.3	15.9	-18.4	دی Dec.
29	2	16.8	-17.3	بهمن Jan.
36.7	4.7	18.7	-12.5	اسفند Feb.

شش سطح: شاهد (بدون مصرف کود مرغی و شیمیایی)، مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، مصرف ۱۰۰ درصد کود مرغی، مصرف ۲۵ درصد کود شیمیایی + ۷۵ درصد کود مرغی،

در این تحقیق رژیم‌های آبیاری به عنوان عامل اصلی در سه سطح: شاهد: ظرفیت زراعی (تخلیه رطوبتی صفر)، ۳۳٪ تخلیه رطوبتی و ۶۶٪ تخلیه رطوبتی و تغذیه به عنوان عامل فرعی در

مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد کود مرغی و مصرف ۷۵ درصد کود شیمیایی + ۲۵ درصد کود مرغی در نظر گرفته شد. اعمال تنش خشکی بر اساس دستگاه اکوتانسیومتر (مدل Equilibrium soil tensiometer EQ15Series) ساخت کشور آلمان صورت گرفت. بدین منظور دستگاه در مزرعه و در عمق ۳۰ سانتی متری قرار گرفت. روش کار به این صورت است که پس از نصب دستگاه در خاک، خاک را بطور کامل با آب اشباع کرده و روند تغییرات مکش خاک (و محتوای رطوبت خاک) از اولین تا آخرین آبیاری با فاصله زمانی یک ساعت رصد شد. پس از طی مدت مذکور داده‌ها از حس گرهای دستگاه به رایانه منتقل و ضمن تجزیه و تحلیل اطلاعات، رسم نمودار صورت گرفت. همچنین تیمار کود آلی از منبع مرغی به میزان ۳ تن در هکتار و تیمار کود معدنی شامل: اوره ۱۰۰ کیلوگرم، سولفات پتاسیم ۱۵۰ کیلوگرم، سوپر فسفات تریپل ۵۰ کیلوگرم، سولفات آهن ۴۵ کیلوگرم، سولفات روی ۱۵ کیلوگرم و سولفات منگنز ۲۰ کیلوگرم همگی در هکتار بر اساس تجزیه خاک و نیاز گیاه استفاده گردید. این آزمایش شامل ۱۸ تیمار و ۳ تکرار است. بنابراین جامعه آماری شامل ۵۴ واحد آزمایشی است. کرت‌ها به طول ۴ متر و عرض ۲/۵ متر در نظر گرفته شد. فواصل ردیف-های کاشت در کرت‌ها ۲۰ سانتی متر و فاصله بنه‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی متر از هم قرار گرفته‌اند (تراکم ۵۰ بوته در متر مربع). عمق کاشت بنه‌ها ۲۰-۱۵ سانتی متر می‌باشد. فاصله بین کرت-های فرعی ۵/۵ متر، کرت‌های اصلی ۲ متر و فاصله بین بلوک‌ها ۳ متر در نظر گرفته شد. عملیات کرت‌بندی مزرعه در ابتدای فصل پاییز طبق نقشه طرح انجام گرفت. سپس کودهای مربوط به هر تیمار در کنار و زیر بنه‌ها در دو طرف هر ردیف جایگذاری گردید. این عمل در سال دوم نیز تکرار شد. اولین آبیاری در تاریخ ۲۸ مهرماه صورت گرفت. اولین برداشت ۱۵ روز بعد از آبیاری اول صورت گرفت و تا بیست روز ادامه داشت. بمنظور

تعیین عملکرد گل و کلاله، از وسط هر کرت با رعایت اثر حاشیه، مساحت یک متر مربع برداشت گردید. گل‌های ظاهر شده بصورت روزانه جمع‌آوری، شمارش و سپس کلاله‌ها و خامه‌ها جدا شده و طول کلاله و خامه تازه با کولیس و وزن آنها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم محاسبه و یادداشت‌برداری گردید. در پایان اردیبهشت‌ماه در هر دو سال اجرای آزمایش، تعداد برگ در بوته شمارش و طول برگ نیز با استفاده از کولیس اندازه‌گیری و ثبت شد. همچنین در سال اول اجرای آزمایش و هم‌زمان با خواب گیاه در اواخر خردادماه، شاخص‌های مربوط به بنه‌های دختری شامل: عملکرد بنه‌های دختری در متر مربع، تعداد بنه دختری در متر مربع، قطر بنه دختری و وزن تر بنه در هر بوته از مساحتی حدود ۰/۵ متر مربع (۰/۵ متر × ۱ متر) و با حذف اثر حاشیه‌ای اندازه‌گیری شدند. در سال دوم نیز، به منظور ارزیابی دقیق‌تر رفتار بنه‌های زعفران در واکنش به رژیم‌های آبیاری و تیمارهای کودی، در اواخر خردادماه شاخص‌های مربوطه از مساحت ۱ متر مربع (۱ متر × ۱ متر) در هر کرت اندازه‌گیری شدند. داده‌های حاصله با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4 تجزیه گردید. سپس مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت. تجزیه به صورت طرح کرت خرد شده انجام و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار EXCEL استفاده گردید.

نتایج و بحث

تعداد برگ در بوته

آنالیز داده‌ها نشان داد اثر سال، آبیاری، تغذیه و اثر متقابل آبیاری × تغذیه، سال × تغذیه و سال × آبیاری بر تعداد برگ در بوته در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین مرکب اثر متقابل آبیاری و تغذیه نشان داد بیشترین

تعداد برگ در بوته در تیمار ۳۳٪ تخلیه رطوبتى و مصرف ۲۵٪ کودهاى شيميايى + ۷۵٪ کود مرعى به تعداد ۱۳/۱۱ برگ و كمتري آن در تیمار ۶۶٪ تخلیه رطوبتى و شاهد (بدون مصرف كود) به تعداد ۶/۴۵ برگ حاصل شد (جدول ۵). كاهش تعداد برگ‌ها يکى از استراتژي‌هاى مهم گياه مى‌باشد كه به عنوان اولين مكانيسم دفاعى در مقابل تنش مطرح است (Zokaee-Farzaneh et al., 2014). فرزانه و همكاران (Farzaneh et al., 2010) هم گزارش دادند با افزايش شدت تنش رطوبتى در گياه ريحان تعداد برگ بطور معنى‌دارى كاهش يافت. کاربرد انفرادى و تركيبى كودهاى شيميايى و مرعى تعداد برگ را نسبت به شاهد افزايش داد (جدول ۵). در هر يك از سطوح آبيارى بيشترين تعداد برگ در بوته در تیمار مصرف ۲۵٪ کودهاى شيميايى + ۷۵٪ کود مرعى و كمتري آن در شاهد به دست آمد. افزايش تعداد برگ‌ها در اين تیمار نسبت به شاهد

۵۵٪، ۲۵٪ و ۶۹٪ به ترتيب براى تیمارهاى ظرفيت زراعى، ۳۳٪ تخلیه رطوبتى و ۶۶٪ تخلیه رطوبتى بود. با افزايش شدت تنش رطوبتى تأثير تیمارهاى كودى در افزايش تعداد برگ بيشتر شد. كودهاى آلى نقش به سزايى در بهبود ويژگى‌هاى فيزيكوشيميايى خاك از جمله حفظ رطوبت در محيط ريزوسفر و افزايش ظرفيت تبادل كاتيونى خاك دارند (Kumar et al., 2009). استفاده از كودهاى آلى به همراه شيميايى جهت تأمين فسفر (Barasa et al., 2010) و نيتروژن (Adeniyen et al., 2011) ضرورى است و با مزاياى زيستى و اقتصادى همراه است. افزايش تعداد برگ‌ها با کاربرد عنصر روى (Amirjani et al., 2016)، آهن (Kahrariyan et al., 2013) نيتروژن و فسفر (Emami & Farajzadeh Memari Tabrizi, 2015) گزارش گرديد.

جدول ۴- تجزيه واريانس مركب اثر كودهاى آلى و معدنى بر برخى ويژگى‌هاى زعفران تحت رژيم‌هاى آبيارى
Table 4- Combined analysis of variance for the effects of organic and mineral fertilizers on some traits of saffron under irrigation regimes

منابع تغيير S.O.V	درجه آزادى df	تعداد برگ Leaf number	طول برگ Leaf length	تعداد گل در متر مربع Flowwr number	طول كلاله و خامه تازه Stigma and style fresh length	وزن كلاله و خامه تازه Stigma and style fresh weight
تكرار - Replication	2	0.02	75.69	62.67	1.44	0.07
سال - Year	1	10.45**	161.33**	6745.02**	26.77**	9.64**
تكرار × سال Replication × Year	2	0.04	7.75	6.67	0.11	0.01
آبيارى - Irrigation	2	24.67**	3016.77**	1324.39**	262.42**	2.61**
سال × آبيارى Year × Irrigation	2	0.54**	12.33 ^{ns}	455.14**	14.1**	0.82**
تكرار × آبيارى × سال Replication × Irrigation × Year	8	0.25	15.56	75.09	0.17	0.11
تغذيه - Nutrition	5	41.07**	25394.93**	4430.22**	1951.81**	8.93**
سال × تغذيه Year × Nutrition	5	0.41**	24.8**	28.22**	2.3**	0.08**
آبيارى × تغذيه × سال Irrigation × Nutrition × Year	10	0.4**	612.08**	16.17**	8.18**	0.06**
سال × آبيارى × تغذيه Year × Irrigation × Nutrition	10	0.03 ^{ns}	2.83 ^{ns}	20.12**	1.77**	0.04**
خطا - Error	30	0.08	7.58	5.31	0.42	0.01
ضريب تغييرات (C.V.) (%)		2.83	1.43	2.55	0.91	2.66

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب اثر کودهای آلی و معدنی بر برخی ویژگی های زعفران تحت رژیم های آبیاری
Table 4- Combined analysis of variance for the effects of organic and mineral fertilizers on some traits of saffron under irrigation regimes

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد بنه دختری Number of replacement corms	قطر بنه دختری Replacement corm diameter	وزن تر بنه در هر بوته Fresh weight of replacement per plant	عملکرد بنه دختری Yield of replacement corm	عملکرد کلاله و خامه Yield of stigma and style
تکرار - Replication	2	183.26	2.69	0.32	91.37	0.001
سال - Year	1	39239.2**	10.7**	129.14**	175446.05**	0.15**
تکرار × سال Replication × Year	2	61.21	2.78	1.28	167.45	0.0001
آبیاری - Irrigation	2	108491.04**	35.36**	52.88**	1448760.68**	0.072**
سال × آبیاری Year × Irrigation	2	2274.48**	1.78*	4.27**	21869.04**	0.012**
تکرار × آبیاری × سال Replication × Irrigation × Year	8	44.03	0.63	0.15	43.88	0.003
تغذیه - Nutrition	5	7932.08**	53.24**	29.57**	23449.12**	0.25**
سال × تغذیه Year × Nutrition	5	662.95**	1.17*	1.84**	1597.91**	0.0007*
آبیاری × تغذیه × سال Irrigation × Nutrition × Year	10	230.6**	0.61 ^{ns}	0.23*	1825.26**	0.002**
سال × آبیاری × تغذیه Year × Irrigation × Nutrition	10	223.26**	0.32 ^{ns}	0.27*	276.43**	0.003**
خطا - Error	30	20.6	0.45	0.11	43.11	0.0002
ضریب تغییرات (C.V.) (%)		1.46	4.38	2.74	0.87	2.47

ns, ** و * به ترتیب غیر معنی داری و معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.
ns, ** and * represent non significant at 1 and 5% level of probability, respectively.

(Gotelli, 2002).

طول برگ

آنالیز مرکب داده ها حاکی از تأثیر معنی دار سال، آبیاری، تغذیه و اثر متقابل سال × تغذیه و آبیاری × تغذیه در سطح احتمال ۱٪ بر طول برگ زعفران است (جدول ۴). مقایسه میانگین مرکب اثر متقابل آبیاری × تغذیه نشان داد بیشترین طول برگ در تیمار ظرفیت زراعی و مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی +۷۵٪ کود مرغی و کمترین آن در تیمار ۶۶٪ تخلیه رطوبتی و شاهد (بدون مصرف کود) به دست آمد (جدول ۵). بطور کلی با افزایش شدت تنش خشکی طول برگ کاهش یافت که با نتایج (Zhang et al., 2004) در سويا و (Farooq et al., 2009) در بسیاری از گونه های گیاهی مطابقت دارد. تنش آب عمدتاً توسعه سلولی و رشد سلول ها را به دلیل کاهش فشار

کاربرد عناصر آهن، روی و پتاسیم در غلظت مناسب می تواند طول برگ، تعداد برگ و شاخص سطح برگ زعفران را افزایش دهد (Akbarian et al., 2012). عنصر آهن با فعال کردن فرایندهای فیزیولوژیکی باعث افزایش کلروفیل برگ، افزایش فعالیت فتوسنتزی و سرعت رشد گیاه شده و نهایتاً باعث افزایش تعداد برگ ها و اندازه برگ می شود (Borlina et al., 2001). نقش عمده آهن در سنتز پروتئین های همراه کلروفیل است و کمبود آن با تأثیر بر روی ساختار کلروپلاست میزان فتوسنتز را کاهش می دهد (Briat et al., 2015). روی هم با افزایش میزان کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی گیاه باعث افزایش تعداد و سطح برگ ها می شود (Dewal & Pareek, 2004). نیتروژن میزان تولید مواد پرورده و فعالیت آغازهای برگی را افزایش داده و از این طریق تعداد برگ را افزایش می دهد (Ellison &

تورگر کاهش می‌دهد (Farooq et al., 2009). در هر سه سطح آبیاری بیشترین طول برگ در تیمار مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرغی و کمترین آن در شاهد به دست آمد. با توجه به اینکه بافت خاک در منطقه نسبتاً سبک می باشد، لذا استفاده از کودهای آلی با تأثیر بر درجه حرارت خاک و حفظ رطوبت در خاک موجب بهبود رشد گیاه می‌گردد. با کاربرد عناصر آهن، روی و پتاسیم طول برگ زعفران افزایش یافت و

در این خصوص تأثیر عناصر پتاسیم (۳۵۴/۲ میلی‌متر) و روی (۳۵۳/۲ میلی‌متر) نسبت به آهن (۳۵۰/۷ میلی‌متر) بیش‌تر بود (Akbarian et al., 2012). واکنش طول برگ زعفران به کاربرد عنصر روی مثبت و معنی‌دار است، چرا که روی برای تولید کلروفیل و تشکیل کربوهیدرات‌ها لازم و درگیر متابولیسم نیتروژن در گیاهان است (Fageria et al., 2013).

جدول ۵- مقایسه میانگین مرکب اثر متقابل آبیاری و تغذیه بر صفات تعداد برگ و طول برگ

Table 5- Mean comparison compound for the interaction of irrigation and nutrition on leaf number and leaf length traits

آبیاری Irrigation	تغذیه Nutrition	تعداد برگ Leaf Number (n)	طول برگ Leaf length (mm)
ظرفیت زراعی (تخلیه رطوبتی صفر) Field capacity (0% Moisture depletion)	شاهد- Control	8.23 ^f	154.00 ^j
	۱۰۰٪ کود شیمیایی - %100Che	10.86 ^{cd}	189.66 ^g
	۱۰۰٪ کود مرغی - %100Chi	10.85 ^{cd}	204.33 ^d
	۲۵٪ شیمیایی + ۷۵٪ مرغی - %25 Che + %75 Chi	12.73 ^b	261.16 ^a
	۵۰٪ شیمیایی + ۵۰٪ مرغی - %50 Che + %50 Chi	10.61 ^{cd}	199.66 ^e
	۷۵٪ شیمیایی + ۲۵٪ مرغی - %75 Che + %25 Chi	10.50 ^d	188.83 ^{gh}
۳۳٪ تخلیه رطوبتی %33 Moisture depletion	شاهد- Control	7.86 ^g	149.66 ^k
	۱۰۰٪ کود شیمیایی - %100 Che	10.56 ^{cd}	185.33 ⁱ
	۱۰۰٪ کود مرغی - %100 Chi	10.56 ^{cd}	198.00 ^{ef}
	۲۵٪ شیمیایی + ۷۵٪ مرغی - %25 Che + %75 Chi	13.11 ^a	255.33 ^b
	۵۰٪ شیمیایی + ۵۰٪ مرغی - %50 Che + %50 Chi	10.50 ^d	198.00 ^{ef}
	۷۵٪ شیمیایی + ۲۵٪ مرغی - %75 Che + %25 Chi	10.91 ^c	185.66 ^{hi}
۶۶٪ تخلیه رطوبتی %66 Moisture depletion	شاهد- Control	6.45 ^h	102.50 ^l
	۱۰۰٪ کود شیمیایی - %100 Che	9.41 ^e	183.83 ⁱ
	۱۰۰٪ کود مرغی - %100 Chi	9.55 ^e	195.00 ^f
	۲۵٪ شیمیایی + ۷۵٪ مرغی - %25 Che + %75 Chi	10.90 ^c	242.66 ^c
	۵۰٪ شیمیایی + ۵۰٪ مرغی - %50 Che + %50 Chi	9.30 ^e	184.50 ⁱ
	۷۵٪ شیمیایی + ۲۵٪ مرغی - %75 Che + %25 Chi	9.45 ^e	183.83 ⁱ

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه ای دانکن ندارند.

Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT. Che = Chemical and Chi = Chicken manure.

تعداد گل در متر مربع

آنالیز مرکب داده‌ها نشان داد، سال، آبیاری، تغذیه و اثر متقابل سال × آبیاری × تغذیه بر تعداد گل در متر مربع در سطح احتمال ۱٪ تأثیر معنی‌دار دارد (جدول ۴). مقایسه میانگین مرکب اثر متقابل سال × آبیاری × تغذیه نشان داد بیشترین تعداد

گل در متر مربع در سال دوم، ۳۳٪ تخلیه رطوبتی و تیمار مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرغی به دست آمد، هر چند تفاوت معنی‌داری با تیمار سال دوم، ظرفیت زراعی و مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرغی نداشت که بیانگر عدم تأثیر و یا حتی تأثیر منفی آبیاری سنگین بر این

صفت در تیمار کودی مذکور دارد. کمترین تعداد گل در متر مربع نیز در سال اول، ۶۶٪ تخلیه رطوبتی و شاهد (بدون مصرف کود) به دست آمد (جدول ۶). بطور کلی با افزایش شدت تنش رطوبتی تعداد گل در متر مربع در هر دو سال کاهش یافت. به طوری که در سال اول و تیمارهای شاهد (بدون مصرف کود) با افزایش شدت تنش از ظرفیت زراعی به ۶۶٪ تخلیه رطوبتی تعداد گل در متر مربع ۱۳/۳٪، و در سال دوم ۲۱٪ کاهش یافت که حاکی از اثرات منفی تنش آبی سال اول بر تعداد گل در سال دوم می باشد. حسینی و رحیمی (Hosseini & Rahimi, 2018) گزارش دادند با کاهش میزان آب قابل دسترس از ۷۰٪ به ۵۰٪ ظرفیت مزرعه و افزایش شدت تنش رطوبتی، تعداد گل کاهش یافت. آبیاری مناسب و تأمین رطوبت مورد نیاز زعفران به همراه تأمین عناصر غذایی بر رشد و نمو بنه‌های دختری و به دنبال آن گلدهی گیاه تأثیر مثبت دارد (Juan et al., 2009). افزایش تعدادگل در متر مربع در سال دوم نسبت به سال اول تحت تأثیر مصرف کودهای شیمیایی و مرگی قرار گرفت. کاربرد کودهای شیمیایی و مرگی به تنهایی و ترکیب آنها با یکدیگر منجر به افزایش معنی‌دار تعداد گل در زعفران گردید. برتری کودهای آلی نسبت به کودهای معدنی می‌تواند ناشی از آزادسازی تدریجی عناصر غذایی، فراهمی متعادل عناصر غذایی و افزایش ماده آلی خاک باشد (Herencia et al., 2007). گزارشی مبنی بر افزایش عملکرد گل زعفران در نتیجه مصرف کودهای دامی و شیمیایی وجود دارد (Rezvani Moghaddam et al., 2013).

طول کلاله و خامه تازه

نتایج آنالیز مرکب داده‌ها نشان داد اثر سال، آبیاری، تغذیه و اثر متقابل سه‌گانه آنها بر طول کلاله و خامه تازه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین مرکب اثر متقابل سال × آبیاری × تغذیه نشان داد بیشترین طول کلاله و

خامه تازه در تیمار سال دوم، ظرفیت زراعی و مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرگی به دست آمد و این تیمار تفاوت معنی‌داری با تیمار سال دوم، ۳۳٪ تخلیه رطوبتی و مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرگی ندارد (جدول ۶). این نتیجه بیانگر عدم تأثیر معنی‌دار آبیاری سنگین بر این صفت در شرایط مصرف ۲۵٪ کود شیمیایی + ۷۵٪ کود مرگی دارد. در سال اول و ۶۶٪ تخلیه رطوبتی، این تیمار طول کلاله و خامه تازه را ۳۸٪ و در سال دوم ۳۹/۷٪ نسبت به شاهد افزایش داد. در هر دو سال آزمایش با افزایش شدت تنش رطوبتی، تیمار مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرگی باعث افزایش این صفت نسبت به سایر تیمارها شد. فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز زعفران باعث جذب بیشتر آنها شده و رشد اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد و در نتیجه بر میزان فتوسنتز افزوده می‌شود. این افزایش فتوسنتز به نوبه خود بر میزان تولید کلاله و خامه تأثیر گذاشته و باعث افزایش وزن و طول کلاله می‌شود (Molina et al., 2005). نیتروژن با سنتز و ارسال هورمون سایتوکینین از ریشه به اندام‌های هوایی، باعث افزایش سرعت تقسیم سلولی و رشد و افزایش طول قسمت‌های مختلف گیاه می‌شود (Fageria, 2007). سایتوکینین بطور غیر مستقیم بر سنتز جیبرلین اثر گذاشته و باعث افزایش رشد و ارتفاع می‌گردد. همچنین با تأثیر مثبت بر تولید هورمون‌هایی چون اکسین، جیبرلین و ایندول استیک اسید رشد را بهبود می‌بخشد (Wani et al., 2016). منابع مختلف نیتروژن سبب تحریک رشد رویشی، کاهش ذخیره‌سازی منبع کربن و افزایش تخصیص ماده خشک گیاه می‌شود (Fageria, 2007). گزارشی مبنی بر افزایش طول کلاله زعفران در شرایط مصرف کودهای حاوی نیتروژن وجود دارد (Parsa et al., 2018).

جدول ۶- مقایسه میانگین مرکب اثر متقابل سال × آبیاری × تغذیه بر برخی ویژگی‌های زعفران
Table 6- Mean comparison compound for the interaction of year × irrigation × nutrition on some traits of saffron

سال	آبیاری	تغذیه	تعداد گل در	طول کلاله و خامه تازه	تازه	وزن کلاله و خامه	دختری	وزن تر بنه در هر	دختری	خامه
Year	Irrigation	Nutrition	Flower number (n.m ⁻²)	Stigma and style fresh length (mm)	Stigma and style fresh weight (g.m ⁻²)	Number of replacement corms (n.m ⁻²)	Fresh weight of replacement per plant (g)	Yield of Replacement Corm (g.m ⁻²)	Yield of stigma and style (g.m ⁻²)	
سال اول	ظرفیت زراعی (تخلیه رطوبتی ۳۳٪)	شاهد - Control	67.50 ^a	59.25 ^a	2.95 ^a	312.46 ^{ab}	10.06 ^{ab}	843.21 ^{ab}	0.488 ^a	
		%100 Che - کود شیمیایی ۱۰۰٪	80.00 ^{ab}	67.00 ^{ab}	3.53 ^{ab}	316.10 ^{ab}	11.84 ^{ab}	843.61 ^{ab}	0.588 ^a	
		%100 Chi - کود مرغی ۱۰۰٪	85.50 ^{ab}	66.75 ^{ab}	3.78 ^{ab}	327.90 ^{ab}	12.75 ^{ab}	863.96 ^a	0.645 ^a	
		%25 Che+%75 Chi - شیمیایی ۷۵٪+مرغی ۲۵٪	111.50 ^a	88.00 ^a	4.91 ^{cd}	333.26 ^b	12.45 ^{ab}	869.62 ^a	0.817 ^b	
		%50 Che+%50 Chi - مرغی ۵۰٪+مرغی ۵۰٪	87.50 ^{ab}	77.25 ^c	3.96 ^{ab}	327.40 ^{ab}	12.59 ^{ab}	852.82 ^{ab}	0.631 ^b	
		%75 Che+%25 Chi - مرغی ۷۵٪+شیمیایی ۲۵٪	76.00 ^{ab}	72.25 ^b	3.46 ^{ab}	325.10 ^{ab}	12.30 ^{ab}	862.33 ^b	0.585 ^b	
	تخلیه رطوبتی ۶۶٪	شاهد - Control	65.00 ^a	58.62 ^a	2.92 ^a	287.96 ^{ac}	9.78 ^{ac}	708.15 ^a	0.474 ^{ab}	
		%100 Che - کود شیمیایی ۱۰۰٪	78.00 ^{ab}	65.25 ^{ab}	3.59 ^{ab}	308.83 ^a	11.17 ^{abc}	722.60 ^a	0.581 ^b	
		%100 Chi - کود مرغی ۱۰۰٪	84.50 ^{ab}	66.75 ^{ab}	3.69 ^{ab}	317.86 ^{ab}	12.34 ^{ab}	751.49 ^a	0.623 ^{ab}	
		%25 Che+%75 Chi - مرغی ۷۵٪+شیمیایی ۲۵٪	108.50 ^a	86.50 ^b	4.93 ^{cd}	314.10 ^{ab}	12.45 ^{ab}	792.05 ^a	0.799 ^b	
		%50 Che+%50 Chi - مرغی ۵۰٪+مرغی ۵۰٪	87.50 ^{ab}	77.50 ^a	3.90 ^{ab}	323.20 ^{ab}	12.50 ^{ab}	783.98 ^{ac}	0.624 ^{ab}	
		%75 Che+%25 Chi - مرغی ۷۵٪+شیمیایی ۲۵٪	75.00 ^{ab}	72.75 ^b	3.54 ^{ab}	315.20 ^{ab}	11.91 ^{ab}	760.20 ^a	0.579 ^b	
تخلیه رطوبتی ۹۹٪	شاهد - Control	58.50 ^a	52.25 ^a	2.68 ^a	189.03 ^a	8.70 ^a	429.29 ^a	0.330 ^a		
	%100 Che - کود شیمیایی ۱۰۰٪	77.00 ^{ab}	63.25 ^a	3.51 ^{ab}	222.16 ^a	9.97 ^{ab}	513.98 ^a	0.578 ^b		
	%100 Chi - کود مرغی ۱۰۰٪	83.00 ^{ab}	63.75 ^a	3.28 ^a	250.00 ^a	10.78 ^{ab}	526.55 ^a	0.618 ^{ab}		
	%25 Che+%75 Chi - مرغی ۷۵٪+شیمیایی ۲۵٪	104.50 ^{ab}	84.25 ^a	4.76 ^{ab}	260.43 ^{ab}	10.61 ^{ab}	544.07 ^{ab}	0.769 ^c		
	%50 Che+%50 Chi - مرغی ۵۰٪+مرغی ۵۰٪	82.50 ^{ab}	74.75 ^a	3.60 ^{ab}	263.50 ^{ab}	11.55 ^{abc}	532.97 ^{ab}	0.582 ^b		
	%75 Che+%25 Chi - مرغی ۷۵٪+شیمیایی ۲۵٪	73.00 ^{ab}	69.00 ^a	3.47 ^{ab}	235.86 ^a	10.52 ^{ab}	529.07 ^{ab}	0.575 ^b		

ادامه جدول ۶- مقایسه میانگین مرکب اثر متقابل سال × آبیاری × تغذیه بر برخی ویژگی‌های زعفران
Continuation of table 6- Mean comparison compound for the interaction of year × irrigation × nutrition on some traits of saffron.

سال Year	آبیاری Irrigation	تغذیه Nutrition	تعداد گل در Flower number (n.m ⁻²)	Stigma and style fresh length (mm)	تازه Stigma and style fresh weight (g.m ⁻²)	تعداد بنه corns (n.m ⁻²)	وزن تر بنه در هر Fresh weight of replacement per plant (g)	عملکرد بنه Yield of replacement corn (g.m ⁻²)	عملکرد کلاله و خامه Yield of stigma and style (g.m ⁻²)
موسم Season	طریقت زراعی (تخلیه) رطوبتی (مصر) Field capacity (% Moisture depletion)	شاهد - Control	82.50 ^h	62.00 ^g	3.54 ^{lm}	328.90 ^{dh}	12.04 ^{lm}	919.99 ^f	0.555 ^g
		%100 Che - کود شیمیایی - %100	101.00 ^{de}	68.75 ^g	4.39 ^g	361.40 ^d	14.03 ^{de}	944.19 ^e	0.696 ^f
		%100 Chi- کود مرغی - %100	109.00 ^c	68.50 ^g	4.74 ^{de}	377.06 ^{cd}	15.13 ^c	968.51 ^d	0.754 ^{cd}
		%25 Che+%75 Chi - کود شیمیایی %75+ مرغی - %25	130.00 ^a	88.50 ^a	5.67 ^a	391.16 ^b	16.06 ^b	1022.65 ^a	0.896 ^a
		%50 Che+%50 Chi - کود شیمیایی %50+ مرغی - %50	115.50 ^b	82.00 ^d	5.07 ^{bc}	410.60 ^a	16.65 ^a	995.60 ^b	0.80 ^b
		%75 Che+%25 Chi - کود شیمیایی %75+ مرغی - %25	101.50 ^{de}	74.00 ^e	4.45 ^{le}	374.66 ^{cd}	14.98 ^{cd}	983.11 ^c	0.710 ^{de}
		شاهد - Control	76.50 ^{lm}	58.55 ^g	3.25 ⁿ	315.33 ^{kl}	11.12 ^{lmn}	776.95 ⁿ	0.501 ^k
		%100 Che - کود شیمیایی - %100	99.00 ^e	66.25 ^{lm}	4.34 ^g	339.63 ^f	13.34 ^g	833.34 ⁱ	0.687 ^j
		%100 Chi- کود مرغی - %100	100.50 ^{de}	67.75 ^h	4.36 ^g	359.56 ^c	14.50 ^{de}	871.75 ^{hi}	0.698 ^j
	%33 Moisture depletion	%25 Che+%75 Chi - کود شیمیایی %25+ مرغی - %75	130.50 ^a	88.25 ^a	5.80 ^a	373.40 ^d	15.11 ^c	897.49 ^g	0.921 ^a
		%25 Che+%50 Chi - کود شیمیایی %25+ مرغی - %50	104.50 ^d	78.25 ^c	4.59 ^{de}	381.80 ^d	15.58 ^{bc}	882.26 ^h	0.732 ^{de}
		%50 Che+%25 Chi - کود شیمیایی %50+ مرغی - %25	92.50 ^f	74.75 ^d	4.06 ^h	361.30 ^e	14.28 ^d	862.85 ^h	0.643 ^e
		شاهد - Control	65.00 ⁿ	50.75 ^f	2.83 ^{op}	210.90 ^a	9.28 ^e	421.18 ^j	0.451 ⁱ
		%100 Che - کود شیمیایی - %100	84.00 ^{lm}	63.25 ^e	3.65 ^{lm}	240.13 ^a	10.95 ^{lmn}	534.38 ^{mn}	0.587 ^j
		%100 Chi- کود مرغی - %100	90.50 ^{le}	62.00 ^g	3.95 ^{hi}	253.80 ^{cd}	13.19 ^{gh}	548.74 ^o	0.631 ^e
	%66 Moisture depletion	%25 Che+%75 Chi - کود شیمیایی %25+ مرغی - %75	116.50 ^b	84.25 ^c	5.12 ^b	278.93 ^a	12.59 ^{gh}	585.10 ^j	0.818 ^b
		%50 Che+%50 Chi - کود شیمیایی %50+ مرغی - %50	86.50 ^{lm}	76.00 ^f	3.76 ^h	288.90 ^{hi}	13.49 ^h	571.85 ^j	0.60 ^{hi}
		%75 Che+%25 Chi - کود شیمیایی %75+ مرغی - %25	84.00 ^{lm}	69.25 ^f	3.66 ^{lm}	269.10 ^g	11.34 ^{lmn}	561.01 ^k	0.583 ^e

حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دلکن نمی باشند.

Column means with the same letter are not significantly different by Duncan test ($p < 0.05$). Che = Chemical and Chi = Chicken manure.

وزن کلالة و خامه تازه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد اثر سال، آبیاری و تغذیه و اثر متقابل سال $\times$ آبیاری $\times$ تغذیه بر وزن کلالة و خامه تازه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین مرکب اثر متقابل سال $\times$ آبیاری $\times$ تغذیه نشان داد بیشترین وزن کلالة و خامه تازه در تیمار سال دوم، ۳۳٪ تخلیه رطوبتی و مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرعی به میزان ۵/۸ گرم در متر مربع به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار سال دوم، ظرفیت زراعی و مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرعی به میزان ۵/۶۷ گرم در متر مربع نداشت و کمترین وزن کلالة و خامه تازه در تیمار سال اول، ۶۶٪ تخلیه رطوبتی و شاهد به میزان ۲/۶۸ گرم بر متر مربع به دست آمد (جدول ۶). به طور کلی مقدار این صفت در تمامی تیمارهای کودی در سال دوم نسبت به سال اول به طور معنی‌داری افزایش یافت، هر چند در سال اول تحت تأثیر مصرف کودها در همه سطوح آبیاری مقدار این صفت نسبت به شاهد افزایش یافت.

در هر دو سال اجرای آزمایش در هر یک از سطوح آبیاری، کاربرد کودهای شیمیایی و مرعی به تنهایی و در ترکیب‌های مختلف با یکدیگر وزن کلالة و خامه تازه زعفران را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد و در هر سطح آبیاری نیز بیشترین مقدار این صفت در تیمار مصرف ۲۵٪ کود شیمیایی + ۷۵٪ کود مرعی بود. با کاهش آب قابل دسترس، وزن کلالة و خامه تازه کاهش یافت که با نتایج (Aitoubahou & El-Otmani, 1999) و (Azizi-Zohan et al., 2006) مبنی بر کاهش وزن کلالة زعفران در تیمار دیم‌کاری نسبت به شرایط آبیاری مطابقت دارد. اگرچه نیاز کودی زعفران نسبتاً کم می‌باشد، اما حدود ۱۶ تا ۸۰ درصد تغییرات عملکرد گل به متغیرهای مربوط به خاک از جمله میزان ماده آلی بستگی دارد

(Temperini et al., 2009). کاربرد کودهای آلی ضمن بهبود خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی خاک مانند تعدیل درجه حرارت، فراهمی بیشتر آب، کاهش سختی خاک، تبادل کاتیونی و افزایش عناصری مانند نیتروژن، پتاسیم و کلسیم (Amiri, 2008)، باعث افزایش گلدهی و عملکرد کلالة زعفران می‌شود (Chen et al., 2005). همچنین کودهای شیمیایی آهن، فسفر و پتاسیم بر تمام خصوصیات گلدهی زعفران اثر مثبت داشته و بطور معنی‌داری تعداد گل، وزن تر کلالة، وزن خشک کلالة، وزن تر و خشک گل را افزایش می‌دهند (Amirnia et al., 2014).

تعداد بنه دختری

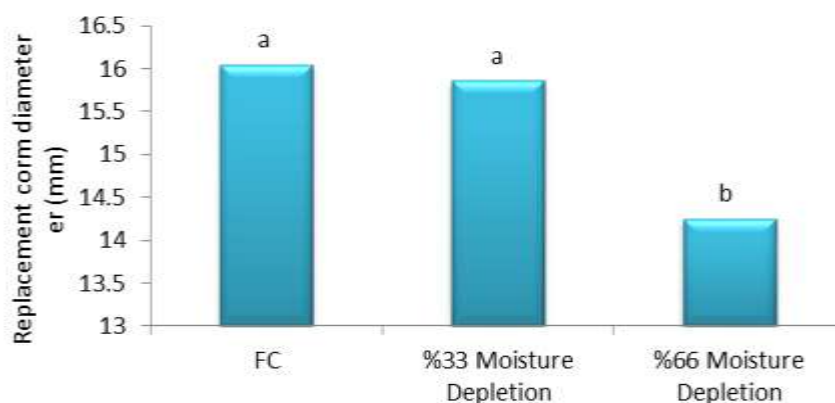
نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد اثر سال، آبیاری، تغذیه و اثر متقابل سه‌گانه آن‌ها بر این صفت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین مرکب اثر متقابل سه‌گانه نشان داد بیشترین تعداد بنه دختری در تیمار سال دوم، ظرفیت زراعی و مصرف ۵۰٪ کودهای شیمیایی + ۵۰٪ کود مرعی به میزان ۴۱۰/۶ گرم بر متر مربع و کمترین آن در تیمار سال اول، ۶۶٪ تخلیه رطوبتی و شاهد به میزان ۱۸۹/۰۳ گرم بر متر مربع دست آمد (جدول ۶). با کاهش آب قابل دسترس تعداد بنه‌های دختری در واحد سطح کاهش یافت که با نتایج (Behdani et al., 2008) مطابقت دارد. با افزایش آب قابل دسترس عملکرد بنه‌های دختری افزایش یافت. در هر یک از سطوح آبیاری نیز بیشترین مقدار این صفت در تیمار ۵۰٪ کودهای شیمیایی + ۵۰٪ کود مرعی و کمترین آن در شاهد به دست آمد. همچنین در هر یک از سطوح آبیاری مصرف کودهای شیمیایی و مرعی به تنهایی و بصورت ترکیبی با نسبت‌های متفاوت توانست اختلاف معنی‌داری با شاهد ایجاد کند. تأثیر مصرف کودها در افزایش تعداد بنه دختری در شرایط عدم تنش رطوبتی حاکی از عدم وجود و یا کمبود عناصر مصرفی در داخل

خاک مزرعه است. در هر دو سال اجرای آزمایش با افزایش شدت تنش رطوبتی تأثیر مصرف کودها در افزایش تعداد بنه دختری بیشتر گردید، به طوری که در سال اول تیمار ۵۰٪ کودهای شیمیایی + ۵۰٪ کود مرغی توانست در شرایط ظرفیت زراعی ۴/۸٪، در ۳۳٪ تخلیه رطوبتی ۱۲/۲٪ و در ۶۶٪ تخلیه رطوبتی ۲۴/۸٪ افزایش نسبت به شاهد ایجاد کند. در سال دوم نیز این تیمار توانست در شرایط ظرفیت زراعی ۱۴٪، در ۳۳٪ تخلیه رطوبتی ۱۴/۶٪ و در ۶۶٪ تخلیه رطوبتی ۲۷/۶٪ افزایش نسبت به شاهد ایجاد کند. همچنین در هر سه سطح آبیاری تیمارهایی که در آنها از کود مرغی استفاده شد، نسبت به شاهد و تیمار مصرف انفرادی کودهای شیمیایی افزایش معنی داری داشتند. افزایش معنی دار تأثیر کود مرغی از نظر این شاخص ممکن است به دلیل تأمین مواد آلی خاک، بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک و آبشویی کمتر عناصر غذایی حاصل از مصرف کود مرغی در مقایسه با کود شیمیایی باشد (Limon-Ortega et al., 2008). بنابراین کاربرد کودهای شیمیایی در مقایسه با کود مرغی ممکن است تأثیر کمتری در افزایش تعداد بنه های دختری در شرایط رطوبتی متفاوت داشته باشد. یافته های این آزمایش با نتایج علی پور و همکاران (Alipoor et al., 2015) مبنی بر افزایش تعداد بنه دختری زعفران با کاربرد تلفیقی کود دامی و شیمیایی و (Seyyedi et al., 2018) مبنی بر افزایش تعداد بنه های دختری با کاربرد ورمی کمپوست مطابقت دارد. به نظر می رسد مصرف منابع کودی باعث تحریک تقسیم سلولی در نقاط مریستمی بیشتری روی بنه مادری شده و بنه زایی را تحریک می کند.

قطر بنه دختری

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد اثر اصلی سال، آبیاری و تغذیه بر قطر بنه دختری در سطح احتمال ۱٪ واثر متقابل سال $\times$ آبیاری و سال $\times$ تغذیه در سطح

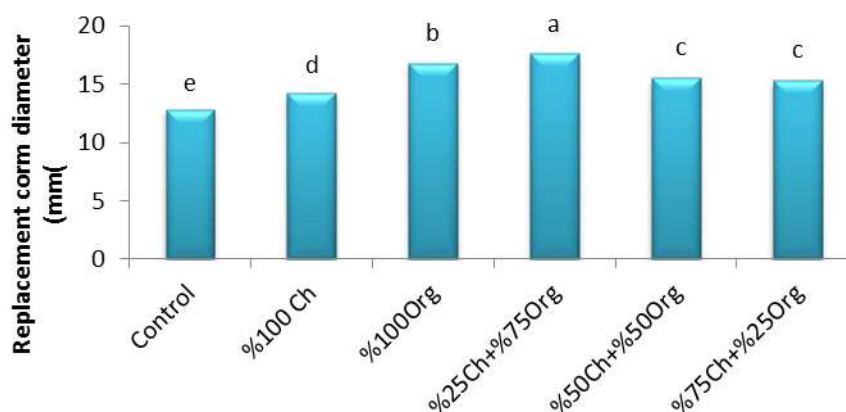
احتمال ۵٪ معنی دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین مرکب اثر اصلی آبیاری نشان داد بیشترین قطر بنه دختری در تیمار ظرفیت زراعی و کمترین آن در تیمار ۶۶٪ تخلیه رطوبتی به دست آمد (شکل ۱). تنش رطوبتی قطر بنه های دختری را کاهش داد که با نتایج کریمی فرزقی و همکاران (Karimiferezhghi et al., 2018) مطابقت و با نتایج ثابت تیموری و همکاران (Sabet Teimouri et al., 2010) در تضاد است. ایشان گزارش دادند در تنش های بسیار شدید خشکی بدلیل عدم وجود آب، شرایط جهت انتقال ذخایر بنه به جوانه ها فراهم نیست، که در نتیجه جوانه های رویشی فعال نشده و در نتیجه وزن این بنه ها در مقایسه با شرایط رطوبت مناسب خاک کاهش نمی یابند، در حالی که در شرایط وجود آب کافی اندام های رویشی و زایشی فعال شده و امکان استفاده از ذخایر بنه فراهم می شود و این امر باعث کاهش وزن بنه ها خواهد شد. همچنین مقایسه میانگین مرکب اثر تغذیه بر قطر بنه دختری نشان داد بیشترین قطر بنه دختری در تیمار مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرغی و کمترین آن در شاهد به دست آمد (شکل ۲). همچنین تیمارهایی که در آنها از کود مرغی استفاده شد، افزایش معنی داری نسبت به شاهد و تیمار کاربرد انفرادی کود شیمیایی نشان دادند. به نظر می رسد کاربرد کود مرغی به عنوان یک عامل تغذیه ای آلی نقش مفیدی در بهبود رشد و توسعه زعفران داشته و این امر احتمالاً به دلیل بهبود تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام های ذخیره ای و بالطبع افزایش تعداد بنه ها و قطر آنها می باشد. از آنجایی که کودهای آلی نقش مؤثری بر کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک دارند، استفاده از کود مرغی به دلیل بهبود شرایط فیزیکی خاک برای توسعه بنه ها باعث افزایش وزن بنه ها و قطر آنها گردید. سایر محققان نیز بهبود رشد زعفران را در شرایط استفاده از کودهای آلی گزارش دادند (Nehvi et al., 2010).



شکل ۱- مقایسه میانگین مرکب اثر سطوح آبیاری بر قطر بنه زعفران

Figure 1- Mean comparisons compound for the effect of irrigation levels on replacement corm diameter.

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه ای دانکن ندارند.
Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT.



شکل ۲- مقایسه میانگین مرکب اثر تغذیه بر قطر بنه زعفران

Figure 2- Mean comparisons compound for the effect of nutrition on replacement corm diameter.

حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه ای دانکن ندارند.
Similar letters in each column was not significant at 5% level based on DMRT.

وزن تر بنه در هر بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌ها حاکی از معنی‌دار بودن اثرات اصلی سال، آبیاری و تغذیه در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و اثر متقابل سال × آبیاری × تغذیه در سطح احتمال ۵٪ بر وزن تر بنه در هر بوته می‌باشد (جدول ۴). مقایسه میانگین مرکب اثر متقابل سه گانه نشان داد بیشترین وزن تر بنه در هر بوته در تیمار سال دوم، ظرفیت زراعی و مصرف ۵۰٪ کودهای شیمیایی + ۵۰٪ کود مرغی و کمترین آن در تیمار سال اول، ۶۶٪ تخلیه رطوبتی و شاهد به دست آمد (جدول ۶). در هر دو سال اجرای آزمایش در هر یک از سطوح آبیاری بیشترین

وزن تر بنه در هر بوته با مصرف ۵۰٪ کودهای شیمیایی + ۵۰٪ کود مرغی و کمترین آن در شاهد به دست آمد و این اختلاف در سال دوم نسبت به سال اول و با افزایش شدت تنش رطوبتی در هر دو سال بیشتر شد، به‌طوری‌که در سال اول و ظرفیت زراعی افزایش وزن تر بنه در هر بوته در تیمار ۵۰٪ کودهای شیمیایی + ۵۰٪ کود مرغی نسبت به شاهد ۲۵٪، در ۳۳٪ تخلیه رطوبتی ۲۸٪ و در ۶۶٪ تخلیه رطوبتی ۳۳٪ و در سال دوم به ترتیب ۳۸٪، ۴۰٪ و ۴۵٪ بود. بر اساس این نتایج با افزایش شدت تنش رطوبتی تأثیر کودهای مورد استفاده بصورت انفرادی و با

ترکیب‌های مختلف در افزایش وزن تر بنه‌ها بیشتر از شاهد بود. کاربرد کودهای آلی در زراعت زعفران می‌تواند ضمن تأمین متوازن عناصر میکرو و ماکرو در تمام فصل رشد، باعث اصلاح خصوصیات فیزیکی خاک شده و بدین طریق رشد اندام زیرزمینی زعفران را بهبود بخشد (Fallahi & Mahmoodi, 2018). در زعفران، رشد اندام زیرزمینی که بیش‌ترین سهم از وزن کل گیاه را دارد، از خصوصیات فیزیکی خاک مثل میزان تخلخل و وزن مخصوص ظاهری تأثیرپذیری زیادی دارد (Aghhavan-Shajari et al., 2015).

عملکرد بنه‌های دختری

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، اثر اصلی سال، آبیاری و تغذیه و همچنین اثر متقابل سال $\times$ آبیاری $\times$ تغذیه بر عملکرد بنه‌های دختری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین مرکب اثرات متقابل سه گانه نشان داد بیشترین عملکرد بنه‌های دختری در تیمار سال دوم، ظرفیت زراعی و مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرغی و کمترین آن در تیمار سال دوم، ۶۶٪ تخلیه رطوبتی و شاهد به دست آمد (جدول ۶). به طور کلی در هر دو سال اجرای آزمایش با افزایش شدت تنش رطوبتی عملکرد بنه‌های دختری کاهش یافت. همچنین در هر دو سال اجرای آزمایش در هر یک از سطوح آبیاری بیشترین عملکرد بنه‌های دختری در تیمار ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرغی و کمترین آن در شاهد به دست آمد. در هر دو سال اجرای آزمایش با افزایش شدت تنش رطوبتی تأثیر تیمار ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرغی نسبت به شاهد بیشتر شد و تأثیر این تیمار در سال دوم بیشتر از سال اول بود، به طوری که در سال اول و ظرفیت زراعی، افزایش عملکرد بنه‌های دختری در این تیمار نسبت به شاهد ۳/۲٪، در ۳۳٪ تخلیه رطوبتی ۱۱/۸٪ و در ۶۶٪ تخلیه رطوبتی ۲۶/۷٪ و در سال دوم به ترتیب ۱۱/۲٪، ۱۵/۵٪ و

۳۸/۹٪ بود. به عبارتی با افزایش شدت تنش رطوبتی تأثیر کودهای مورد استفاده در تمامی تیمارها در افزایش عملکرد بنه‌های دختری بالاتر از شاهد بود و در این بین تأثیر تیمار ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرغی از سایر تیمارهای کودی بیشتر بود. تیموری و همکاران (Teimori et al., 2013) گزارش دادند با کاربرد کودهای آلی وزن بنه‌های زعفران افزایش یافت. بهدانی (Behdani, 2004) هم اظهار کرد استفاده از کودهای آلی در زعفران وزن تر بنه‌ها و میزان ریشه‌های بنه زعفران را افزایش داد که این اثرات ممکن است به دلیل افزایش رطوبت خاک و رشد بهتر گیاه باشد. کود مرغی به عنوان یک عامل تغذیه‌ای آلی، نقش مهمی در بهبود رشد و توسعه زعفران دارد. این موضوع احتمالاً به دلیل افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های ذخیره‌ای است که باعث بهبود وزن بنه‌های زعفران گردید. همچنین کودهای آلی باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری و بهبود شرایط فیزیکی خاک برای رشد و توسعه بنه‌ها و در نتیجه افزایش وزن بنه‌های زعفران گردید. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) هم گزارش دادند کاربرد عناصر آهن و روی باعث افزایش تعداد بنه‌های دختری با وزن بیش از ۴/۱ گرم شد. در گیاه زعفران ضمن تولید مواد فتوسنتزی در برگ‌ها، در انتهای فصل عناصر غذایی نیز از برگ‌ها به اندام‌های زیرزمینی منتقل می‌شوند (Chaji et al., 2013). عناصر آهن و روی به دلیل نقش مؤثری که در سنتز کلروفیل، رشد زایشی و عملکرد گیاهان دارند (Beygi et al., 2012)، می‌توانند در رشد بیشتر بنه‌های زعفران و در نتیجه درصد گل‌آوری بالاتر در سال بعد مؤثر باشند.

عملکرد کلالة و خامه خشک (عملکرد اقتصادی)

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد اثر سال، آبیاری و تغذیه و اثر متقابل سال $\times$ آبیاری $\times$ تغذیه بر عملکرد کلالة و خامه زعفران در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۴).

مقایسه میانگین مرکب اثر متقابل سه گانه نشان داد بیش‌ترین عملکرد کلالة و خامه خشک در سال دوم، ۳۳٪ تخلیه رطوبتی و تیمار ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرغی به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار سال دوم، ظرفیت زراعی و تیمار ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرغی نداشت و کم‌ترین آن در سال اول، ۶۶٪ تخلیه رطوبتی و شاهد به دست آمد (جدول ۶). این نتیجه بیانگر این نکته است که کاهش آب قابل دسترس تا ۳۳٪ تخلیه رطوبتی مشروط بر تغذیه متعادل گیاه با کودهای شیمیایی و مرغی تأثیری بر کاهش میزان عملکرد کلالة و خامه گیاه زعفران ندارد و افزایش آب قابل دسترس بیش از ۳۳٪ تخلیه رطوبتی باعث افزایش عملکرد کلالة و خامه گیاه نمی‌شود و با آب موجود و اصلاح روش‌های آبیاری سنتی و تغذیه متعادل گیاه می‌توان سطح بیش‌تری از اراضی را زیر کشت زعفران برد. در هر دو سال اجرای آزمایش و در تمام سطوح آبیاری تمامی تیمارهای کودی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد نسبت به شاهد شدند و در این بین تأثیر تیمار ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرغی بیشتر از سایر تیمارها بود. همچنین در هر دو سال اجرای آزمایش با افزایش شدت تنش رطوبتی تأثیر این تیمار در افزایش عملکرد کلالة و خامه نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت. کودهای آلی به عنوان منبع تغذیه‌ای برای میکروارگانیزم‌های خاک، نقش مؤثری در رشد و فعالیت آنها در ناحیه ریزوسفر داشته و با آزادسازی تدریجی و فراهمی متعادل عناصر غذایی و افزایش ماده آلی خاک نقش مؤثری در بهبود رشد گیاه و افزایش عملکرد دارند (Jahan & Jahani, 2007). با کاربرد کودهای دامی (گاوی، گوسفندی و مرغی) بیش‌ترین افزایش در تعداد گل زعفران مشاهده گردید (Jahan & Jahani, 2007). افزایش عملکرد زعفران در نتیجه کاربرد کودهای آلی توسط (Rezvani Moghaddam et al., 2010) و (Amiri, 2008) نیز گزارش گردید. همچنین گزارش گردید در شرایط تنش آبی محلول‌پاشی عنصر روی تأثیر مثبتی

بر رشد و عملکرد گیاهان دارد (Thalooth et al., 2006). روی از یک طرف باعث افزایش غلظت کلروفیل، تجمع متابولیت‌ها در اندام‌های هوایی و جذب بیشتر نیتروژن و فسفر و نهایتاً افزایش عملکرد (Baniabbass et al., 2012) و از طرف دیگر به عنوان بخش فلزی آنزیم‌ها و فعال کننده تعدادی از آن‌ها از جمله سوپراکسید دیسموتاز است (Odeley & Animashaun, 2007). منگنز با تأثیر بر انتقال عناصری همچون آهن و منیزیم به کلروپلاست، رشد و عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Marschner, 2011). آهن نیز نقش مهمی در متابولیسم کلروفیل دارد و به عنوان کوفاکتور در بسیاری از آنزیم‌های دخیل در فرآیندهای فتوسنتز، تنفس و تمایز سلولی شرکت دارد و کمبود آن می‌تواند کارایی اندامک‌های فتوسنتزی را به میزان زیادی کاهش دهد (Bybordy & Mamedov, 2010). حسینی (Hosseini, 1997) گزارش داد مصرف یک بار کود مایع مخلوط عناصر پتاس، فسفر، نیتروژن، روی، منگنز، مس و کلات‌های آهن (با غلظت ۷ در هزار)، ۳۳٪ عملکرد زعفران را بهبود بخشید و در مزارع سنتی تولید را تا ۲ کیلوگرم در هکتار افزایش داد. نقش اساسی عناصر کم مصرف به‌ویژه آهن، روی، منگنز، بر و مس مربوط به تشکیل جدار سلولی و مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی است (Mosavi et al., 2007).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج، کاربرد کودهای مرغی و شیمیایی در هر دو سال باعث بهبود صفات مورد ارزیابی به ویژه تحت شرایط تنش رطوبتی گردید. در این بین تأثیر تیمار ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرغی در بهبود رشد و عملکرد گیاه در همه سطوح آبیاری بهتر از سایر تیمارها بود و با افزایش شدت تنش رطوبتی تأثیر مثبت این تیمار بیش‌تر شد. همچنین بیش‌ترین عملکرد کلالة و خامه در سال دوم، ۳۳٪ تخلیه رطوبتی و مصرف ۲۵٪ کودهای شیمیایی + ۷۵٪ کود مرغی به دست آمد. این نتیجه

شدید رطوبتی این تیمار موجب افزایش معنادار عملکرد کلاله و خامه نسبت به شاهد شد. لذا به منظور افزایش تحمل زعفران به شرایط تنش رطوبتی و همچنین افزایش متابولیت‌ها در گیاه، کاربرد ترکیبی کود مرغی و شیمیایی تحت شرایط تنش رطوبتی و غیر تنش توصیه می‌گردد.

بیانگر این نکته است که کاهش آب قابل دسترس تا ۳۳٪ تخلیه رطوبتی مشروط بر تغذیه متعادل گیاه با کودهای شیمیایی و مرغیاتثیری بر کاهش میزان عملکرد کلاله و خامه گیاه زعفران ندارد و با آب موجود و اصلاح روش‌های آبیاری سنتی و تغذیه متعادل گیاه می‌توان سطح بیش‌تری از اراضی را زیر کشت زعفران برد. همچنین در هر دو سال آزمایش در شرایط تنش

منابع

- Aghhavani-Shajari, M., Rezvani-Moghaddam, P., Koocheki, A.R., Fallahi, H.R., and Taherpour-Kalantari, R. 2015. Evaluation of the effects of soil texture on yield and growth of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology* 2 (4): 311-322. (In Persian with English Summary).
- Aitoubahou, A., and El-Otmani, M. 1999. Saffron cultivation in Morocco. In: Neghbi, M. (Ed.), *Saffron*. Harwood Academic Publication, pp. 73-87.
- Adeniyani, O.N., Ojo, A.O., Akinbode, O.A., and Adediran, J.A. 2011. Comparative study of different organic manures and NPK fertilizer for improvement of soil chemical properties and dry matter yield of maize in two different soils. *Soil Science and Environmental Management* 2 (1): 9-13.
- Akbarian, M.M., Heidari Sharifabad, H., Noormohammadi, Gh., and Darvish Kojouri, F. 2012. The effect of potassium, zinc and iron foliar application on the production of saffron (*Crocus sativus* L.). *Annals of Biological Research* 3 (12): 5651-5658.
- Alidadi, H., Saffari, A.R., and Peiravi, R. 2013. Effect of biofertilizers compost, vermicompost and sulfur compost on yield of saffron. *World Applied Science Journal* 21 (9): 1386-1390.
- Alipoor, Z., Mahmoodi, S., Behdani, M.A., and Sayyari, M.H. 2015. Effect of bio, manure and chemical fertilizers and corm weight on the corm characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.). *Plant Production Technology* 7 (2): 13-24. (In Persian with English Summary).
- Amiri, M.E. 2008. Impact of animal manures and chemical fertilizers on yield components of saffron (*Crocus sativus* L.). *American Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science* 4: 274-279.
- Amirjani, M.R., Askary Mehrabadi, M., and Azizmohamadi, F. 2016. Effect of ZnO nanoparticles on vegetative factors, elements content and photosynthetic pigments of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Iranian Journal of Plant Biology* 8 (27): 33-48. (In Persian with English Summary).
- Amirnia, R., Bayat, M., and Tajbakhsh, M. 2014. Effects of nano fertilizer application and maternal corm weight on flowering at some saffron (*Crocus sativus* L.) ecotypes. *Turkish Journal of Field Crops* 19 (2): 158-168.
- Azizi-Zohan, A.A., Kamgar-Haghighi, A.A., and Sepaskhah, A.R. 2006. Effect of Irrigation Method and frequency on corm and saffron (*Crocus sativus* L.) production. *The Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 10 (1): 45-54.
- Baniabbass, Z., Zamani, G.H., and Sayyari, M. 2012. Effect of drought stress and zinc sulfat on the yield and some physiological characteristics of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Advances*

- in Environmental Biology 6 (2): 518-525.
- Barasa, J.N., Okalebo, J.R., Othieno, C.O., and Omami, E.N. 2010. Applications of lime and phosphorus fertilizer to improve crop production in acid soils: A case study of French bean production in Uasin Gishu district, Kenya. Annual International Conference, MOI University, 7th September.
- Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2008. Models to predict flowering time in the main saffron production region of Khorasan Province. Journal of Applied Sciences 8: 907-909.
- Behdani, M.A. 2004. Ecological zoning and monitoring of saffron yield fluctuations in khorasan. PhD Dissertation, School of Agriculture, Mashhad Ferdowsi University. (In Persian).
- Beygi, M., Savaghebi, G., and Motesharezadeh, B. 2012. Study of zinc efficiency in selected common bean cultivars. Journal of Water and Soil 26: 33-41. (In Persian with English Summary).
- Borlina, M.N., Bovi, O.M., Granja, N.P., and Carmello, Q.A. 2001. Essential oil production and quality of *Mentha qravensis* L. in nutrient solution. Acta Horticulture 548: 181-188.
- Briat, J.F., Dubos, C., and Gaymard, F. 2015. Iron nutrition, biomass production, and plant product quality. Trends in Plant Science 20 (1): 33-40.
- Bybordy, A., and Mamedov, G. 2010. Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). Notulae Scientia Biologicae 2 (1): 94-103.
- Chaji, N., Khorassani, R., Astaraei, A.R., and Lakzian, A. 2013. Effect of phosphorous and nitrogen on vegetative growth and production of daughter corms of saffron. Journal of Saffron Research 1 (1): 1-12. (In Persian with English Summary).
- Chen, S., Zhang, X., Pei, D., and Sun, H. 2005. Effects of corn straw mulching on soil temperature and soil evaporation of winter wheat field. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering 21: 171-173.
- Dewal, G.S., and Pareek, R.G. 2004. Effect of phosphorus, sulphur and zinc on growth, yield and nutrient uptake of wheat (*Triticum aestivum* L.). Indian Journal of Agronomy 49: 160-162.
- Ellison, A.M., and Gotelli, N.J. 2002. Nitrogen availability alters the expression of carnivore in the northern pitcher plant, *Sarracenia purpurea*. Communicated by Ernesto Medina, Venezuelan Institute of Scientific Investigations, Caracas, Venezuela, 31 January.
- Emami, R., and Farajzadeh Memari Tabrizi, E. 2015. Effect of nitrogen and phosphorus fertilizers consumption on growth characteristics of wild rye (*Secale montanum* L.). Journal of Plant Ecophysiology 7 (23): 131-143. (In Persian with English Summary).
- Fageria, N.K. 2007. Yield physiology of rice. Journal of Plant Nutrition 30: 843-879.
- Fageria, N.K., Moreira, A., and Dos Santos, A.B. 2013. Phosphorus uptake and use efficiency in field crops. Journal of Plant Nutrition 36: 2013-2022.
- Fallahi, H.R., and Mahmoodi, S. 2018. Influence of organic and chemical fertilization on growth and flowering of saffron under two irrigation regimes. Saffron Agronomy and Technology 6 (2): 147-166. (In Persian with English Summary).
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy of Sustainable Development 29: 185-212.
- Farzaneh, A., Ghani, A., and Azizi, M. 2010. The effect of water stress on morphological characteristic and essential oil content of improved sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Plant Production 17 (1): 103-111. (In Persian with English Summary).
- Heidari, Z., Besharati, H., and Maleki Farahani, S.

2014. Effect of some chemical fertilizer and biofertilizer on quantitative and qualitative characteristics of Saffron. *Saffron Agronomy and Technology* 2 (3): 177-189. (In Persian with English Summary).
- Herencia, J.F., Ruiz-Porras, J.C., Melero, S., Garcia-Galavis, P.A., Morillo, E., and Maqueda, C. 2007. Comparison between organic and mineral fertilization for soil fertility levels, crop macronutrient concentrations, and yield. *Agronomy Journal* 99: 973-983.
- Hosseini, M. 1997. Effect of foliar nutrition on yield of saffron. 3rd National Symposium on Saffron. Mashhad, Iran, 2-3 Dec. (In Persian).
- Hosseini, M., and Rahimi, H. 2018. Effect of irrigation regimes on yield and qualitative criteria of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research (semi-annual)* 5 (2): 247-255. (In Persian with English Summary).
- Hu, Y., Burucs, Z. Von Tucher, S., and Schmidhalter, U. 2007. Short-term effects of drought and salinity on mineral nutrient distribution along growing leaves maize seedlings. *Environmental and Experimental Botany* 60: 268-275.
- Jahan, M., and Jahani, M. 2007. The effects of chemical and organic fertilizers on saffron flowering. *Acta Horticulturae* 739: 81-86.
- Jones, H.G. 1980. Interaction and integration of adaptive response to water stress. *Royal Science Society of London* 273: 193-205.
- Juan, J.A., Corcoles, H.L., M-Munoz, R., and Picornell, R. 2009. Yield and yield components of saffron under different cropping systems. *Industrial Crops and Products* 30: 212-219.
- Kahrariyan, B., Yeganehpour, F., Beyginiya, V. and Samadiyan, F. 2013. Effect of FE foliar application on morphological and physiological traits of different dryland wheat cultivars. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 12 (1): 1583-1589.
- Kafi, M. 2002. Saffron, Production and Processing. Ferdowsi University of Mashhad Press. Mashhad. Iran. 276 pp. (In Persian).
- Karimiferezh, M., Khazaei, H.R., Kafi, M., and Nezami, A. 2018. Comparison of the effect of irrigation levels and methods on leaf area and replacement corm production of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology* 6 (3): 279-290. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Mollafilabi, A., and Seyyedi, S.M. 2014. The effects of high corm density and manure on agronomic characteristics and corms behavior of Saffron (*Crocus sativus* L.) in the second year. *Journal of Saffron Research* 1 (2): 144-155. (In Persian with English Summary).
- Koocheki, A., and Seyyedi, S.M. 2016. Effects of different water supply and corm planting density on crocin, picrocrocin and safranal, nitrogen uptake and water use efficiency of saffron grown in semi-arid region. *Notulae Scientia Biologicae* 8 (3): 334-341.
- Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Mollafilabi, A., and Seyyedi, S.M. 2014. Effects of corm planting density and manure rates on flower and corm yields of saffron (*Crocus sativus* L.) in the first year after planting. *Agroecology* 6 (4): 719-729. (In Persian).
- Kumar, M., Vikas, Y., Narendra, T., and Atul Kumar, J. 2009. Antioxidant enzyme activities in maize plants colonized with *Piriformospora indica*. *Microbiology* 155: 780-790.
- Limon-Ortega, A., Govaerts, B., and Sayre, K.D. 2008. Straw management, crop rotation, and nitrogen source effect on wheat grain yield and nitrogen use efficiency. *European Journal of Agronomy* 29: 21-28.
- Leithy, S., El-Meseiry, T.A., and Abdallah, E.F. 2006. Effect of biofertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil quality. *Journal of Applied Sciences Research*

- 2: 773-779.
- Marschner, H. 2011. Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd ed. Academic Press.
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola J.L., and Garcia-Luice, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulture* 103: 361-379.
- Mosavi, S.R., Galavi, M., and Ahmadvand, G. 2007. Effect of zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato (*Solanum tuberosum* L.). *Asian Journal of Plant Sciences* 6: 1256-1260.
- Naderi-Darbaghshahi, M.R., Khajeh-Bashi, S.M., bani-Ateba, S.A.R., and Deh-Dashti, S.M. 2008. The effects of planting method, density and depth on yield and exploitation period of saffron field (*Crocus sativus* L.) in Esfahan. *Seed and Plant Journal* 24 (4): 643-657. (In Persian with English Summary).
- Nehvi, F.A., Khan, M.A., and Lone, A.A. 2010. Impact of microbial inoculation on growth and yield of saffron in Kashmir. *Journal of Acta Horticulture* 850: 171-174.
- Odeley, F., and Animashaun, M.O. 2007. Effects of nutrient foliar spray on soybean growth and yield (*Glycine max* L.) in south west Nigeria. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 1842- 1850.
- Omidi, H., Naghdi Badi, H.A., Golzad, A., Torabi, H., and Footoukian, M.H. 2009. The effect of chemical and biofertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Medicinal Plants* 8 (2): 99-109. (In Persian with English Summary).
- Parsa, H., Kheiry, A., Sani Khani, M, and Razavi, F. 2018. The effect of nitrogen-fixing biofertilizers and urea on quantitative and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of saffron Research (semi-annual)* 6 (1): 141-153. (In Persian with English Summary).
- Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., Fallahi, J., and Aghhavani Shajari, M. 2010. Effects of chemical and organic fertilizers on number of corm and stigma yield of saffron (*Crocus sativus* L.). 59th International Congress and Annual Meeting of the Society for Medicinal Plant and Natural Product Research, Antalya, Turkey.
- Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Mollafilabi, A., and Seyyedi, S.M. 2013. Effect of biological and chemical fertilizers on replacement corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Crop Science* 15: 234-246. (In Persian with English Summary).
- Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., and Mollafilabi, A. 2016. Evaluation of soil physical and chemical characteristics impacts on morphological criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research* 3: 188-203.(In Persian with English Summary).
- Sabet Teimouri, M., Kafi, M., Avarseji, A., and Orooji, K. 2010. Effect of drought stress, corm size and corm tunic on morphoecophysiological characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) in greenhouse condition. *Journal of Agroecology* 2 (2): 323-334. (In Persian with English Summary).
- Sepaskhah, A.R., and Kamgar-Haghighi, A.A. 2009. Saffron irrigation regime. *International Journal of Plant Production* 3 (1): 1-16.
- Slama, I., Messedi, D., Ghnaya, T., Saviour, A., and Abdely, C. 2005. Effect of water deficit on growth and proline metabolism in *Sesuvium portulacastrum*. *Environmental and Experimental Botany* 56 (3): 231-238.
- Seyyedi, S.M., Ebrahimian, E., and Rezaei Chiyaneh, E., 2018. Saffron daughter corms formation, nitrogen and phosphorus uptake in response to low planting density, sampling rounds, vermicompost and mineral fertilizers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 49 (5): 585-603.

- Shariat-Madari, Z., Shoor, M., Rezvani-Moghaddam, P., Tehranifar, A., and Ahmadian, A. 2018. Study of the effects of organic and chemical fertilizers on the characteristic of the corms and flowers of saffron. *Journal of Saffron Agronomy and Technology* 6 (3): 291-308. (In Persian with English Summary).
- Temperini, O., Rea, R., Temperini, A., Colla, G., and Roupael, Y. 2009. Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) production in Italy: effect of the age saffron fields and plant density. *Food, Agriculture and Environment* 7: 19-23.
- Thalooth, A.T., Tawfik, M.M., and Magda Mohamed, H. 2006. Comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants grown under water stress conditions. *World Journal of Agricultural Sciences* 2: 37-46.
- Temperini, O., Rea, R., Temperini, A., Colla, G., and Roupael, Y. 2009. Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) production in Italy: Effects of the age of saffron fields and plant density. *Food, Agriculture and Environment* 7: 19-23.
- Teimori, S., Behdani, M.A., Ghaderi, M.G., and Sadeghi B. 2013. Investigation on the effect of organic and chemical fertilizers on morphological and agronomic of saffron (*Crocus sativus* L.) corm criteria. *Journal of Saffron Research* 1 (1): 36-47. (In Persian with English Summary).
- Wani, S.A., Chand, S., Wani, M.A., Ramzan, M., and Hakeem, K.R. 2016. *Azotobacter chroococcum*—A potential biofertilizer in agriculture: An Overview. In: *Soil Science: Agricultural and Environmental Prospectives* (pp. 333- 8). Springer International Publishing. pp. 8-333.
- Zhang, M., Duan, L., Zhai, Z., Li, J., Tian, X., Wang, B., He, Z., and Li, Z. 2004. Effects of plant growth regulators on water deficit-induced yield loss in soybean. *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia*.
- Zokaee-Khosroshahi, M., Esna-Ashari, M., Ershadi, A., and Imani, A. 2014. Morphological changes in response to drought stress in cultivated and wild almond species. *International Journal of Horticultural Science and Technology* 1 (1): 79-92.