

## اثر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.)

پرویز رضوانی مقدم<sup>۱\*</sup>، سرور خرم‌دل<sup>۲</sup> و عبدالله ملافیلابی<sup>۳</sup>

۱- استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار پژوهشکده علوم و صنایع غذایی گروه زیست فناوری مواد غذایی

\*- نویسنده مسئول: E-mail: rezvani@um.ac.ir

رضوانی مقدم، پ، خرم‌دل، س، و ملافیلابی، ع، ۱۳۹۴. اثر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.). نشریه پژوهش‌های زعفران، ۳(۲): ۱۸۸-۲۰۳.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۹

### چکیده

خصوصیات خاک نقش اساسی را در رشد عملکرد گیاهان نظیر زعفران ایفاء می‌نماید. این آزمایش با هدف ارزیابی اثر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد بنه و گل زعفران در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. خصوصیات مورد مطالعه خاک شامل بافت، کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس، پتاسیم قابل دسترس، اسیدیته و هدایت الکتریکی و صفات مورد مطالعه زعفران شامل وزن خشک بنه، تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله بودند. به منظور تعیین رابطه بین متغیرهای خاک (متغیرهای مستقل) و متغیرهای عملکردی زعفران (متغیرهای وابسته) از رگرسیون چندگانه استفاده شد و برای شناسایی تأثیرگذارترین عوامل از بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک بر خصوصیات عملکردی زعفران، آنالیز رگرسیون گام به گام انجام گردید. نتایج نشان داد که اثر بافت‌های مختلف خاک بر کلیه خصوصیات عملکردی بنه و گل زعفران معنی‌دار ( $p \leq 0.01$ ) بود؛ به طوری که بیشترین و کمترین عملکرد زعفران برای بافت‌های لوم شنی و رسی به دست آمد. بیشترین و کمترین ضرایب عوامل شیمیایی خاک با وزن خشک کلاله به ترتیب برای محتوی پتاسیم قابل دسترس ( $-0.573$ ) و اسیدیته ( $0.052$ ) محاسبه شد. مهمترین عوامل شیمیایی خاک مؤثر بر وزن خشک کلاله زعفران بر اساس آنالیز رگرسیون گام به گام شامل محتوی پتاسیم قابل دسترس، فسفر قابل دسترس، هدایت الکتریکی و نیتروژن کل می‌باشند. ضرایب همبستگی مدل‌های رگرسیونی خصوصیات خاک با وزن خشک بنه، تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله زعفران به ترتیب برابر با  $0.084$ ،  $0.087$ ،  $0.090$  و  $0.089$  محاسبه گردید. همچنین رابطه مثبت و معنی‌داری بین عملکرد گل و بنه زعفران وجود داشت.

واژه‌های کلیدی: رگرسیون گام به گام، رگرسیون چندگانه، محتوی پتاسیم قابل دسترس، محتوی فسفر قابل دسترس، وزن خشک کلاله

## مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. گیاهی پایا از خانواده زنبق<sup>۱</sup> می‌باشد که در منطقه آب و هوایی مدیترانه و غرب آسیا از عرض جغرافیایی ۳۰ تا ۵۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۱۰ درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی، در مناطق بسیار کم باران ایران که دارای زمستان سرد و تابستان گرم هستند، گسترش دارد. زعفران به عنوان گران‌ترین محصول کشاورزی و دارویی جهان جایگاه ویژه‌ای را در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران به خود اختصاص داده است (Abrishamchi, 2003; Azizi Zahan et al., 2006). در حال حاضر، ایران بزرگترین تولیدکننده و صادرکننده زعفران در جهان است و بیش از ۹۵ درصد تولید جهانی این محصول گران‌بها به آن اختصاص دارد (Kafi et al., 2002a; Kafi et al., 2002b). استان‌های خراسان رضوی و جنوبی، قطب عمده تولید زعفران در کشور محسوب می‌شوند (Mollafilabi, 2000; Mollafilabi & Shoorideh, 2009). سطح زیر کشت زعفران در ایران در سال ۱۳۹۰ بالغ بر ۷۲۱۶۲ هکتار بود که بیش از ۷۰۰۰۰ هکتار آن مربوط به دو استان خراسان رضوی و جنوبی (۵۷۰۰۰ هکتار برای خراسان رضوی و ۱۳۰۰۰ هکتار برای خراسان جنوبی) تعلق داشت (Jihad Keshavarzi Khorasan Razavi, 2012). زعفران کاری از جنبه‌های گوناگون نظیر بهره‌وری بالای آب و درآمدزایی آن در مقایسه با سایر محصولات کشاورزی، اشتغال روستاییان، جلوگیری از مهاجرت، درآمدزایی و همچنین از لحاظ توسعه صادرات غیرنفتی قابل بررسی است (Sabzevari, 1995).

علی‌رغم سازگاری گیاه زعفران با شرایط آب و هوایی و خاک مناطق وسیعی از کشور، قسمت اعظم این محصول با ارزش در مناطقی از خراسان مرکزی و جنوبی با وجود خشکی و بارندگی کم، به علت موقعیت مناسب اقلیمی و دانش بومی کشت و کار و تولید می‌گردد (Koocheki, 2004)؛ در حالی که زعفران نیز همچون سایر گیاهان برای استفاده از حداکثر پتانسیل محیط و افزایش طول دوره بهره‌برداری، علاوه بر شرایط آب و هوایی مناسب نیاز به مدیریت زراعی دارد (Naderi-Darbaghshahi et al., 2008) که در این رابطه عوامل زیادی مانند سن و تعداد بنه، بافت خاک، زمان کاشت

بنه، آبیاری، نوع تغذیه، اقلیم، تراکم بنه و عمق کاشت در کمیت و کیفیت بنه و محصول اقتصادی نقش به‌سزایی دارند (Mollafilabi, 2000; Sadeghi, 1993; Sampatha et al., 1984). به طور کلی، اگرچه زراعت زعفران به نقاط خاصی از جهان محدود شده است، ولی در دامنه نسبتاً وسیعی از خاک‌های زراعی قابلیت تولید این گیاه وجود دارد. با این وجود، خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک نقش به‌سزایی بر رشد و عملکرد این گیاه ارزشمند ایفاء می‌نماید (Azizi et al., 2013; Behdani et al., 2005; Khorramdel et al., 2014; Shahandeh, 1990; Turhan et al., 2007).

خصوصیات خاک تعیین‌کننده چگونگی اثر متقابل گیاه با خاک، جذب آب و مواد غذایی، نفوذ و توسعه سیستم ریشه‌ای، دمای خاک و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک‌زی می‌باشد. از میان خصوصیات فیزیکی، بافت خاک بر ویژگی‌های مهمی نظیر رشد گیاه، توسعه اندام‌های زیرزمینی به‌ویژه در گیاهان پیازی و نفوذ و نگهداری آب در خاک تأثیر به‌سزایی دارد (Gresta et al., 2008). بررسی‌ها نشان داده است که خاک‌های با ساختمان متوسط و کم و بیش با نفوذپذیری خوب، بهترین خاک برای کشت و کار زعفران محسوب می‌شود (Kafi et al., 2002a). فرناندز (Fernandez, 2004) بیان داشت که بافت خاک رسی برای کاشت زعفران مناسب می‌باشد؛ در حالی که سامپاتو و همکاران (Sampatha et al., 1984) اظهار داشتند که زعفران نیازمند خاک لومی شنی یا رسی با زهکش خوب می‌باشد. نتایج مطالعه فرج‌زاده و میرزا بیاتی (Farajzadeh & Mirzabayati, 2007) نشان داد که خاک دارای ساختمان متوسط کم و بیش نرم با نفوذپذیری خوب برای کشت زعفران مناسب است. بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2005) بیان داشتند که بهبود وضعیت ساختمان خاک و یا افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک باعث کاهش شستشوی پتاسیم، کلسیم و منیزیم شد که اثری مثبت بر عملکرد زعفران داشت. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2014) با بررسی اثر بافت خاک در دامنه‌ای از سبک تا سنگین بر رشد و عملکرد زعفران اظهار داشتند که بالاترین وزن خشک کلاله برابر با ۰/۹۴ گرم بر متر مربع برای بافت لوم شنی حاصل گردید که به ترتیب ۳۰ و ۴۹

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد زعفران نمونه‌برداری از خاک ۵۰ مزرعه (با خصوصیات توپوگرافی نسبتاً یکسان) این گیاه در مناطق مختلف استان‌های خراسان رضوی (شامل مشهد، نیشابور، سبزوار، تربت حیدریه، تربت جام، گناباد، بردسکن، کاشمر و فیض آباد) و جنوبی (شامل بیرجند و قائن) در بهار سال ۱۳۹۳ انجام شد.

به این منظور، نمونه‌برداری از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری (Mahdavi, 2008) سه نقطه از هر مزرعه (به عنوان تکرار) به شیوه سیستماتیک انجام شد. بدین ترتیب، ۱۵۰ نمونه به آزمایشگاه ارسال و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آنها شامل بافت، محتوی کربن آلی، میزان نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل دسترس، اسیدیته و هدایت الکتریکی اندازه‌گیری و تعیین گردید. در این زمان، نمونه‌برداری از بنه زعفران جهت تعیین وزن خشک بنه از سطح یک متر مربع انجام شد. علاوه بر این، در فصل پاییز (همزمان با مرحله گلدهی) نمونه‌برداری جهت تعیین تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله نیز از سطح یک متر مربع انجام گردید.

محتوی کربن آلی خاک با روش اکسایش با دی‌کرومات (Walkley & Black, 1934)، محتوی نیتروژن کل با روش کج‌دال (Bremner, 1970)، میزان فسفر و پتاسیم قابل دسترس نمونه خاک به ترتیب با روش‌های اولسن (Olsen et al., 1954) و وارلی (Varley, 1966) اندازه‌گیری و تعیین شد. به منظور تعیین رابطه بین متغیرهای خاک (متغیرهای مستقل) و متغیرهای عملکردی زعفران (متغیرهای وابسته) از رگرسیون چندگانه استفاده شد تا نوع و میزان رابطه کلیه متغیرهای مستقل بر هر کدام از ویژگی‌های عملکردی زعفران مشخص گردد.

از آنجا که نوع و مقدار هر کدام از متغیرهای مستقل متفاوت بود، لذا به منظور کاهش خطا این پارامترها جهت کاربرد در رگرسیون ابتدا هم وزن شدند. به عبارتی، از ضرایب رگرسیون استاندارد شده که به ضرایب رگرسیونی فاقد واحد منجر می‌شوند، استفاده گردید.

برای شناسایی تأثیرگذارترین عوامل از بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک بر خصوصیات عملکردی زعفران و حذف

درصد بالاتر از بافت‌های لوم و لوم رسی بود. نتایج تورهان و همکاران (Turhan et al., 2007) روی بررسی اثر سه نوع خاک مختلف شامل خاک+شن، خاک+شن+کود دامی، خاک+شن+دو لایه کود دامی در زیر و روی بنه‌های زعفران نشان داد که تیمار خاک+شن+دو لایه کود دامی بیشترین اثر مثبت را بر عملکرد گل و کلاله زعفران داشت. بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2005) اظهار داشتند که بر خلاف نیاز کودی کم زعفران، ۱۶ تا ۸۰ درصد تغییرات عملکرد گل به متغیرهای مربوط به خاک نظیر میزان ماده آلی، فسفر قابل استفاده، نیتروژن معدنی و پتاسیم تبادلی وابسته است. تمپرینی و همکاران (Temperini et al., 2009) با ارزیابی اثر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک بر رشد و عملکرد زعفران خاطر نشان ساختند که درصد بالایی از تغییرات عملکرد کلاله این گیاه به طور معنی‌داری متأثر از خصوصیات بیولوژیکی و شیمیایی خاک می‌باشد. نتایج مطالعه عزیز و همکاران (Azizi et al., 2013) روی بررسی اثر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک بر ویژگی‌های زراعی زعفران نشان داد که تغییرات عملکرد گل و کلاله به طور معنی‌داری با بافت خاک مرتبط بود؛ به طوری که همبستگی منفی معنی‌داری بین درصد رس خاک با تعداد بنه، وزن خشک بنه، عملکرد گل و کلاله زعفران مشاهده شد. شاهنده (Shahandeh, 1990) با بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، عوامل خاکی مؤثر بر عملکرد زعفران را به ترتیب اهمیت شامل میزان ماده آلی، فسفر قابل استفاده، نیتروژن معدنی و پتاسیم تبادلی بیان نمود.

بنابراین، با توجه به این مطلب که خاک پایه و اساس تولید باثبات محسوب می‌شود (Fernandez, 2012) و با در نظر گرفتن پتانسیل‌های موجود در کشور در زمینه تولید گونه ارزشمند صادراتی زعفران (Mollafilabi, Ormeño & Fernandez, 2012) و با در نظر گرفتن پتانسیل‌های موجود در کشور در زمینه تولید گونه ارزشمند صادراتی زعفران (Mollafilabi, 2009; Mollafilabi & Shoorideh, 2009)، این آزمایش با هدف ارزیابی اثر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد زعفران در بوم‌نظام‌های تولید این گیاه در استان‌های خراسان رضوی و جنوبی طراحی و اجرا شد.

کل (۰/۰۰۵ درصد) اختصاص داشت. در مقایسه داده‌های حداکثر نیز بالاترین مقدار برای محتوی پتاسیم قابل دسترس (۶۳۰/۲ پی‌پی‌ام) ثبت شد و کمترین میزان برای میزان نیتروژن کل خاک (۰/۰۳۴ درصد) تعیین شد. در مقایسه داده‌های حداقل مربوط به خصوصیات عملکرد زعفران، بیشترین و کمترین میزان به ترتیب مربوط به وزن خشک کلاله (۰/۳۳۹ گرم بر متر مربع) و وزن خشک بنه (۴۴۲/۴۱ گرم بر متر مربع) بود. در مورد داده‌های حداکثر نیز بالاترین و پایین‌ترین میزان برای وزن خشک کلاله و وزن خشک بنه (به ترتیب با ۱/۶۹ و ۲۳۲۰/۵۳ گرم بر متر مربع) محاسبه شد (جدول ۱).

اثر بافت‌های مختلف خاک بر کلیه خصوصیات عملکرد بنه و گل زعفران معنی‌دار ( $p \leq 0.01$ ) بود (جدول ۲)؛ به طوری که بالاترین وزن خشک بنه، تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله زعفران برای بافت خاک لوم شنی به ترتیب برابر با ۱۷۱۲/۱ گرم بر متر مربع، ۲۳۳/۰۶ گل در متر مربع، ۱۱۲/۸۰ گرم بر متر مربع و ۱/۴۰ گرم بر متر مربع ثبت گردید و کمترین مقادیر این صفات به خاک رسی به ترتیب با ۶۰۱/۳۰ گرم بر متر مربع، ۷۸/۶۰ گل در متر مربع، ۳۸/۵۱ گرم بر متر مربع و ۰/۴۹ گرم بر متر مربع اختصاص داشت. میزان کاهش وزن خشک بنه در خاک شنی لوم، لومی رسی شنی، رسی شنی، لوم، لومی رسی سیلت، لومی رس، رسی سیلتی و لومی رس در مقایسه با خاک لوم شنی به ترتیب برابر با ۳، ۶، ۷، ۱۱، ۲۰، ۲۹، ۵۱ و ۵۴ درصد بود. میزان این کاهش برای تعداد گل به ترتیب برابر با ۶، ۷، ۱۱، ۱۴، ۲۰، ۳۱، ۵۰ و ۵۲ درصد، برای وزن تر گل به ترتیب برابر با ۵، ۶، ۱۰، ۱۴، ۲۲، ۳۱، ۵۲ و ۵۵ درصد و برای وزن خشک کلاله به ترتیب برابر با ۴، ۴، ۹، ۱۴، ۲۱، ۲۹، ۵۱ و ۵۵ درصد محاسبه گردید (جدول ۲).

متغیرهای کم اهمیت، آنالیز رگرسیون گام به گام انجام شد؛ به طوری که هر یک از متغیرهای مستقل به ترتیب میزان تأثیرگذاری بر متغیر وابسته مرتب و با استفاده از روش Forward در روش گام به گام، متغیرهای مستقل اصلی و معنی‌دار انتخاب گردید. بر این اساس، عملکرد بنه و گل و تعداد گل زعفران هر کدام بصورت جداگانه به عنوان متغیرهای وابسته و خصوصیات فیزیکی شیمیایی مورد مطالعه خاک به عنوان متغیرهای مستقل انتخاب شدند. برای محاسبه عوامل مؤثر از فرم عمومی رگرسیون (معادله ۱) استفاده شد.

$$y = a_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (1)$$

که در این معادله،  $y$ : متغیر وابسته،  $a_0$ : عرض از مبدا رگرسیون،  $b$ : ضرایب رگرسیونی برای هر پارمتر مستقل و  $n$ : تعداد پارامترهای اکولوژیک مورد نظر می‌باشد. تجزیه و تحلیل داده‌ها (بعد از بررسی نرمالیتی) و آنالیز رگرسیون با نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. جهت تعیین ضرایب همبستگی خصوصیات مختلف عملکردی زعفران از نرم‌افزار Sigma Plot و روش پیرسون استفاده گردید.

## نتایج و بحث

میانگین وزن خشک بنه، تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله زعفران در مزارع مختلف به ترتیب ۱۲۸۰/۲۸ گرم بر متر مربع، ۱۷۲/۴۶ گل در متر مربع، ۸۲/۸۷ گرم بر متر مربع و ۱/۰۴ گرم بر متر مربع به دست آمد. میانگین محتوی کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس، پتاسیم قابل دسترس، هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک نیز به ترتیب برابر با ۰/۰۸۶ درصد، ۰/۰۱۷ درصد، ۳۱/۱۴ پی‌پی‌ام، ۳۴۰/۴۸ پی‌پی‌ام، ۱/۵۳ دسی‌زیمنس بر متر و ۷/۵۵ گزارش شد (جدول ۱). بالاترین خطای معیار برای وزن خشک بنه (۳۶/۲۵) و کمترین میزان برای محتوی نیتروژن کل (۰/۰۰۱) به دست آمد. به بیان دیگر، کمترین پراکندگی داده‌ها در مقایسه خصوصیات شیمیایی خاک در مزارع مختلف زعفران مربوط به محتوی نیتروژن کل خاک بود. در بین داده‌های حداقل خصوصیات خاک، بیشترین میزان برای محتوی پتاسیم قابل دسترس خاک (۹۸/۱۹ پی‌پی‌ام) تعیین گردید و کمترین میزان به نیتروژن

جدول ۱- توصیف آماری متغیرهای عملکرد گل و بنه زعفران و خصوصیات شیمیایی خاک

Table 1- Statistical description of saffron corm and flower yield and soil chemical criteria

خطای معیار Standard error	ضریب تغییرات Coefficient variance	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	میانگین Mean	متغیر Variable
36.25	34.68	2320.53	442.41	1280.28	وزن خشک بنه (گرم بر متر مربع) Dry weight of corm (g.m <sup>-2</sup> )
4.53	32.19	278.58	51.83	172.46	تعداد گل (تعداد بر متر مربع) Flower number (No.m <sup>-2</sup> )
2.30	33.93	148.63	28.33	82.87	وزن تر گل (گرم بر متر مربع) Fresh weight of flower (g.m <sup>-2</sup> )
0.028	33.43	1.69	0.339	1.04	وزن خشک کلاله (گرم بر متر مربع) Dry weight of stigma (g.m <sup>-2</sup> )
0.011	150.88	0.842	0.020	0.086	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
0.001	36.06	0.034	0.005	0.017	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)
1.30	51.00	98.90	4.67	31.14	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)
14.48	52.07	630.29	98.19	340.48	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)
0.060	48.22	2.89	0.350	1.53	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m <sup>-1</sup> )
0.024	3.96	8.30	6.80	7.55	اسیدیته pH

کلاله (و همچنین وزن کلاله) (Naderi Darbaghshahi et al., 2008) شده است. بدین ترتیب، جهت جبران کاهش عملکرد زعفران در سال‌های اولیه کاشت به ویژه در زمین‌های با بافت سنگین به کارگیری مدیریت زراعی که به نوعی باعث سبک‌تر شدن بافت خاک شود، توصیه می‌گردد. خرم‌دل و همکاران (Khorrandel et al., 2014) نیز اظهار داشتند که بالاترین وزن خشک بنه و عملکرد گل زعفران به بافت لوم شنی تعلق داشت.

بالاترین وزن خشک کلاله برابر با ۰/۹۴ گرم بر متر مربع برای بافت لوم شنی حاصل گردید که به ترتیب ۳۰ و ۴۹ درصد بالاتر از بافت‌های لوم و لوم رسی بود (جدول ۲).

کاهش تراکم خاک به دلیل ممانعت کمتر برای رشد و ازدیاد بنه‌ها، رشد رویشی و همچنین تولید اندام‌های فتوسنتزکننده را بهبود داده که این امر نقش مؤثری بر تحریک رشد اندام‌های هوایی و زیرزمینی و افزایش تعداد جوانه‌های گل داشته که در نتیجه عملکرد بنه و خصوصیات عملکرد گل زعفران را از طریق کاهش فشار مکانیکی افزایش داده است. از طرف دیگر، خاک‌های با بافت سنگین احتمالاً به علت افزایش حجم پس از جذب آب و مشکل ایجاد سله، باعث ممانعت در خروج جوانه‌های گل و برگ شده است؛ علاوه بر این، کاهش صرف انرژی برای خروج گل‌ها و رسیدن آنها به سطح خاک در بافت‌های سبک‌تر احتمالاً باعث افزایش تعداد گل و طول

جدول ۲- اثر بافت‌های مختلف خاک بر عملکرد بنه و گل زعفران

Table 2- Effect of different soil textures on corm yield and flower yield of saffron

وزن خشک کلاله (گرم بر متر مربع) Dry weight of stigma (g.m <sup>-2</sup> )	وزن تر گل (گرم بر متر مربع) Fresh weight of flower (g.m <sup>-2</sup> )	تعداد گل (تعداد بر متر مربع) Flower number (No.m <sup>-2</sup> )	وزن خشک بنه (گرم بر متر مربع) Dry weight of corm (g.m <sup>-2</sup> )	تعداد نمونه Sample number	بافت خاک Soil texture
1.35ab	106.163ab	215.914b	1604.79ab	19	لومی رسی شن Sandy clay loam
1.10d	87.653d	186.135d	1368.49c	12	لومی رسی سیلت Silty clay loam
1.40a	112.798a	233.06a	1712.10a	21	لومی شنی Sandy loam
1.27bc	101.488bc	208.56bc	1584.52ab	12	رسی شنی Sandy clay
0.990e	77.518e	161.142e	1210.29d	12	لومی سیلنی Silty loam
1.34ab	106.644ab	219.058b	1665.03ab	15	شنی لومی Loamy sand
0.632f	50.424f	111.463f	787.22e	12	لومی رسی Clay loam
0.680f	53.82f	116.528f	840.31e	24	رسی سیلنی Silty clay
1.20c	97.07c	201.524c	1515.55b	9	لومی Loam
0.486g	38.509g	78.598g	601.30f	15	رسی Clay
175.1**	143.9**	183.6**	74.82**	-	F

ضرایب همبستگی محتوی کربن آلی، نیتروژن کل، پتاسیم و فسفر قابل دسترس، هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک با وزن خشک بنه، تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله زعفران معنی‌دار ( $P \leq 0.05$ ) بود (جدول ۳). بالاترین ضریب همبستگی محتوی کربن آلی با خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد زعفران مربوط به وزن خشک کلاله ( $r = 0.193^{***}$ ) بود. بیشترین ضریب همبستگی محتوی نیتروژن کل خاک با خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد زعفران برای تعداد گل ( $r = 0.427^{**}$ ) محاسبه شد. بالاترین ضرایب همبستگی برای محتوی فسفر قابل دسترس و اسیدیته خاک به وزن خشک بنه (به ترتیب با  $r = 0.262^{**}$  و  $r = 0.230^{**}$ ) تعلق داشت. بیشترین ضریب همبستگی میزان پتاسیم قابل دسترس و هدایت الکتریکی خاک با خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد زعفران برای وزن خشک کلاله به ترتیب با  $r = -0.1803^{**}$  و  $r = -0.1757^{**}$  به دست آمد (جدول ۳).

نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) روی اثر بافت خاک بر رشد و عملکرد زعفران نشان داد که بیشترین تعداد و وزن بنه در بافت شن لومی و بالاترین عملکرد کلاله در بافت خاک سیلنی (۱/۲۲ گرم بر متر مربع) به دست آمد. بافت‌های لوم رسی، لوم و لوم سیلنی نیز کمترین میزان عملکرد کلاله (۰/۵۸ گرم بر متر مربع) را به خود اختصاص دادند. در این راستا، نتایج مطالعه بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2005) نشان داد که بیشترین عملکرد زعفران در خاک‌هایی با بافت متوسط بود. گرسا و همکاران (Gresta et al., 2009) اظهار نمودند که بالاترین عملکرد زعفران در خاک‌های شنی و لومی مشاهده گردید و با تغییر بافت خاک به سمت رسی، عملکرد اقتصادی به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین سامپاتو و همکاران (Sampatah et al., 1984) دریافتند که محیط رشد زعفران برای دستیابی به عملکرد مطلوب نیازمند خاک لومی شنی یا خاک رسی با زهکش خوب در شرایط مصرف مقادیر بالای کود دامی می‌باشد.

جدول ۳- ضرایب همبستگی خصوصیات شیمیایی خاک با ویژگی‌های عملکرد بانه و گل زعفران

Table 3- Correlation coefficient of chemical criteria of soil and yield characteristics of saffron corm and flower

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m <sup>-1</sup> )	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	متغیر Variable
0.230**	0.693**	-0.749**	0.262**	0.425**	0.189**	وزن خشک بانه (گرم بر متر مربع)
4.57E-03	5.96E-023	2.062E-028	1.15E-03	5.23E-08	0.0199	Dry weight of corm (g.m <sup>-2</sup> )
0.200**	0.755**	-0.802**	0.180**	0.427**	0.192**	تعداد گل (تعداد بر متر مربع)
1.40E-02	3.7217E-029	3.27E-035	2.72E-02	4.59E-08	0.0180	Flower number (No.m <sup>-2</sup> )
0.228**	0.742**	-0.789**	0.243**	0.424**	0.192**	وزن تر گل (گرم بر متر مربع)
4.80E-03	1.313E-027	2.615E-033	2.65E-03	6.03E-08	0.0185	Fresh weight of flower (g.m <sup>-2</sup> )
0.229*	0.757**	-0.803**	0.207**	0.417**	0.193**	وزن خشک کلاله (گرم بر متر مربع)
4.70E-03	2.409E-029	2.291E-035	1.07E-02	1.01E-08	0.0178	Dry weight of stigma (g.m <sup>-2</sup> )

\*\* و \*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

\*\* and \*: are significant at 1% and 5% probability levels, respectively.

و اندام‌های زیرزمینی مرکز ثقل گیاه در خاک محسوب می‌شوند (Leithy et al., 2006)، لذا توصیه می‌شود در راستای مدیریت پایدار مزارع زعفران از کودهای آلی نظیر دامی حاوی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف جهت بهبود خصوصیات خاک و دستیابی به عملکرد بالاتر اقتصادی بهره‌گیری شود. ضرایب ارائه شده برای کلیه خصوصیات شیمیایی خاک به جز درصد کربن آلی و اسیدیته با وزن خشک بانه زعفران معنی‌دار ( $p \leq 0.01$ ) بود و بالاترین ضریب برای محتوی پتاسیم قابل دسترس (۰/۶۳۸-) و کمترین ضریب برای محتوی کربن آلی خاک (۰/۰۰۳) محاسبه شد. رابطه وزن خشک بانه با محتوی کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس و هدایت الکتریکی مثبت و با محتوی پتاسیم قابل دسترس و اسیدیته خاک منفی تعیین گردید؛ به طوری که به ازای هر واحد افزایش محتوی کربن آلی خاک، وزن خشک بانه ۱۲/۷۸ واحد افزایش و به ازای هر واحد پتاسیم قابل دسترس، وزن خشک بانه ۱/۶۰ واحد کاهش می‌یابد (جدول ۴).

همانگونه که از جدول ۳ بر می‌آید، رابطه محتوی کربن آلی، نیتروژن کل، پتاسیم قابل دسترس، هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک با خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد زعفران مثبت معنی‌دار بود، ولی رابطه محتوی فسفر قابل دسترس منفی برآورد گردید. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011) بر این باورند که منبع تأمین‌کننده مواد غذایی در خاک به طور معنی‌داری عملکرد گل و کلاله زعفران را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تمپرینی و همکاران (Temperini et al., 2009) دریافتند که درصد بالایی از تغییرات عملکرد اقتصادی مربوط به عملکرد گل و کلاله زعفران به محتوی ماده آلی، فسفر قابل دسترس، میزان نیتروژن کل و پتاسیم قابل دسترس در خاک وابسته می‌باشد. بدین ترتیب، از آنجا که رشد و عملکرد گل زعفران وابسته به خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک است (Azizi et al., 2013; Behdani et al., 2005; Khoramdel et al., 2014; Koocheki et al., 2011; Shahandeh, 1990; Turhan et al., 2007; Temperini et al., 2009) و در نظر گرفتن این مطلب که سیستم ریشه‌ای

جدول ۴- رابطه وزن خشک بنه زعفران با خصوصیات شیمیایی خاک

Table 4- Relationship between corm dry weight of saffron and soil chemical properties

$t_b$	ضریب واقعی True coefficient	ضریب استاندارد Standard coefficient	خصوصیات خاک Soil criteria
2.82**	1352.16172	-	عرض از مبدا Intercept
0.11ns	12.78268	0.00374	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
3.39**	11170	0.15843	نیترژن کل (درصد) Total N (%)
10.87**	13.62178	0.48710	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)
-6.66**	-1.59647	-0.63855	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)
2.83**	150.26606	0.24990	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m <sup>-1</sup> )
-0.82ns	-50.00682	-0.03370	اسیدیته pH
0.84 = مدل R <sup>2</sup> Model R <sup>2</sup> = 0.84			

دسترس بودند و میزان تغییرات این خصوصیات به تنهایی بر وزن خشک بنه به ترتیب برابر با ۰/۵۶۱ و ۰/۲۶۴ تعیین گردید (جدول ۵).

مهمترین خصوصیات شیمیایی خاک مؤثر بر وزن خشک بنه زعفران بر اساس آنالیز رگرسیون گام به گام به ترتیب رتبه شامل محتوی پتاسیم قابل دسترس و محتوی فسفر قابل

جدول ۵- مهمترین خصوصیات شیمیایی خاک مؤثر بر وزن خشک بنه زعفران حاصل از آنالیز رگرسیون گام به گام

Table 5- Most important soil chemical factors on corm dry weight of saffron by using analysis using stepwise regression

F	ضریب تبیین تجمعی Cumulative correlation coefficient	ضریب تبیین جزئی Partial correlation coefficient	مقدار ضریب Coefficient value	رتبه تأثیر Impact rating	متغیر خاک Soil variable
190.27**	0.5608	0.5608	246.361	1	پتاسیم قابل دسترس Available K
222.88**	0.8247	0.2639	11.9697	2	فسفر قابل دسترس Available P

افزایش هر واحد نیترژن کل، وزن خشک بنه ۱۹۷۴ واحد افزایش می‌یابد (جدول ۶). مؤثرترین عوامل شیمیایی خاک تأثیرگذار بر تعداد گل زعفران بر اساس آنالیز رگرسیون گام به گام به ترتیب رتبه شامل محتوی پتاسیم قابل دسترس، محتوی فسفر قابل دسترس، محتوی نیترژن کل و اسیدیته بودند. میزان تغییرات تعداد گل به تنهایی تحت تأثیر این عوامل برابر با ۰/۶۴۴، ۰/۱۹۸، ۰/۰۰۷ و ۰/۰۲۳ محاسبه گردید (جدول ۷).

ضرایب محاسبه شده برای کلیه عوامل شیمیایی خاک بجز درصد کربن آلی و اسیدیته با تعداد گل زعفران معنی‌دار ( $P \leq 0.01$ ) بود. بیشترین و کمترین ضریب برای محتوی پتاسیم قابل دسترس (-۰/۵۱۳) و کربن آلی (-۰/۰۰۲) به دست آمد. رابطه تعداد گل با محتوی کربن آلی، پتاسیم قابل دسترس و اسیدیته خاک منفی و با بقیه عوامل شیمیایی خاک مثبت تعیین شد. همچنین افزایش هر واحد محتوی کربن آلی و پتاسیم خاک، موجب کاهش وزن خشک بنه به ترتیب ۱/۰۱ و ۰/۱۶ واحد می‌شود؛ در حالی‌که به ازای



جدول ۶- رابطه بین تعداد گل زعفران با خصوصیات شیمیایی خاک

**Table 6- Relationship between flower number of saffron and soil chemical properties**

$t_b$	ضریب واقعی True coefficient	ضریب استاندارد Standard coefficient	خصوصیات خاک Soil criteria
2.57*	137.3	-	عرض از مبدا Intercept
-0.08ns	-1.01	-0.002	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
5.30**	1947.5	0.221	نیترژن کل (درصد) Total N (%)
9.49**	1.33	0.379	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)
-6.00**	-0.160	-0.513	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)
5.09**	30.16	0.401	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ( $\text{dS.m}^{-1}$ )
-0.61ns	-4.16	-0.022	اسیدیته pH

$R^2 = 0.87$  مدل  
 Model  $R^2 = 0.87$

جدول ۷- مهمترین خصوصیات شیمیایی خاک مؤثر بر تعداد گل زعفران حاصل از آنالیز رگرسیون گام به گام

**Table 7- Most important soil chemical factors on flower number of saffron by using analysis using stepwise regression**

F	ضریب تبیین تجمعی Cumulative correlation coefficient	ضریب تبیین جزئی Partial correlation coefficient	مقدار ضریب Coefficient value	رتبه تأثیر Impact rating	متغیر خاک Soil variable
269.3**	0.6437	0.6437	254.220	1	پتاسیم قابل دسترس Available K
184.0**	0.8412	0.1975	33.8418	2	فسفر قابل دسترس Available P
7.00**	0.8484	0.0072	27.7109	3	نیترژن کل Total N
26.62**	0.8718	0.0234	3.3830	4	هدایت الکتریکی EC

وزن تر گل را به دنبال دارد (جدول ۸). مهمترین خصوصیات شیمیایی خاک مؤثر بر وزن تر گل زعفران بر اساس آنالیز رگرسیون گام به گام به ترتیب رتبه شامل محتوی پتاسیم قابل دسترس، فسفر قابل دسترس، هدایت الکتریکی و نیترژن کل بودند. میزان تغییرات وزن تر گل به تنهایی تحت تأثیر این عوامل به ترتیب برابر با ۰/۶۲۲، ۰/۲۵۶، ۰/۰۰۵ و ۰/۰۱۴ تعیین گردید (جدول ۹).

ضرایب ارائه شده برای خصوصیات شیمیایی خاک بجز درصد کربن آلی، محتوی پتاسیم قابل دسترس و اسیدیته با وزن تر گل زعفران معنی‌دار ( $P \leq 0.01$ ) محاسبه گردید. بیشترین ضریب برای پتاسیم (۰/۶۰۵-) و کمترین ضریب برای محتوی کربن آلی خاک (۰/۰۰۵-) تعیین شد. رابطه وزن تر گل با محتوی کربن آلی، پتاسیم قابل دسترس و اسیدیته خاک منفی و با بقیه عوامل مثبت بود. همچنین به ازای هر واحد افزایش محتوی کربن آلی و پتاسیم قابل دسترس خاک، وزن تر گل به ترتیب ۰/۹۹ و ۰/۰۹ واحد کاهش می‌یابد و افزایش یک واحد محتوی نیترژن کل خاک، افزایش ۷۴۹/۴۹ واحدی

جدول ۸- رابطه بین وزن تر گل زعفران با خصوصیات شیمیایی خاک

**Table 8- Relationship between flower fresh weight of saffron and soil chemical properties**

$t_b$	ضریب واقعی True coefficient	ضریب استاندارد Standard coefficient	خصوصیات خاک Soil criteria
3.03**	73.36740	-	عرض از مبدا Intercept
-0.17ns	-0.99841	-0.00461	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
4.51**	749.48714	0.16789	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)
13.09**	0.82788	0.46754	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)
-7.91**	-0.09576	-0.60493	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)
4.63**	12.43510	0.32659	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ( $dS.m^{-1}$ )
-0.67ns	-2.07095	-0.02204	اسیدیته pH

$R^2$  مدل = 0.92  
 Model  $R^2$  = 0.90

جدول ۹- مهمترین خصوصیات شیمیایی خاک مؤثر بر وزن تر گل زعفران حاصل از آنالیز رگرسیون گام به گام

**Table 9- Most important soil chemical factors on flower fresh weight of saffron by using analysis using stepwise regression**

F	ضریب تبیین تجمعی Cumulative correlation coefficient	ضریب تبیین جزئی Partial correlation coefficient	مقدار ضریب Coefficient value	رتبه تأثیر Impact rating	متغیر خاک Soil variable
245.44**	0.6223	0.6223	385.359	1	پتاسیم قابل دسترس Available K
312.61**	0.8786	0.2564	26.0546	2	فسفر قابل دسترس Available P
5.83*	0.8833	0.0046	21.5303	3	هدایت الکتریکی EC
20.26**	0.8975	0.0142	3.4830	4	نیتروژن کل Total N

واحد نیتروژن کل، افزایش ۹/۶۹ واحدی وزن خشک کلاله را به دنبال دارد (جدول ۱۰). مؤثرترین عوامل شیمیایی خاک تأثیرگذار بر وزن خشک کلاله زعفران بر اساس آنالیز رگرسیون گام به گام به ترتیب رتبه شامل محتوی پتاسیم قابل دسترس، فسفر قابل دسترس، هدایت الکتریکی و محتوی نیتروژن کل بودند. میزان تغییرات تعداد گل به تنهایی تحت تأثیر این عوامل برابر با ۰/۶۴۵، ۰/۲۲۴، ۰/۰۰۶ و ۰/۰۱۷ تعیین گردید (جدول ۱۱).

ضرایب محاسبه شده برای کلیه عوامل شیمیایی خاک بجز درصد کربن آلی و اسیدیته با وزن خشک کلاله زعفران معنی‌دار ( $P \leq 0.01$ ) بود. بیشترین و کمترین ضریب به ترتیب برای محتوی پتاسیم قابل دسترس (۰/۵۷۳-) و اسیدیته (۰/۰۰۵۲) تعیین شد. رابطه وزن خشک کلاله با محتوی کربن آلی و پتاسیم قابل دسترس خاک منفی و با بقیه عوامل شیمیایی خاک مثبت محاسبه گردید. افزایش هر واحد محتوی کربن آلی و پتاسیم خاک، کاهش وزن خشک کلاله را به ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ واحد موجب می‌گردد؛ در حالی که افزایش هر

جدول ۱۰- رابطه بین وزن خشک کلاله زعفران با خصوصیات شیمیایی خاک

Table 10- Relationship between stigma dry weight of saffron and soil chemical properties

tb	ضریب واقعی True coefficient	ضریب استاندارد Standard coefficient	خصوصیات خاک Soil criteria
2.17*	0.66929	-	عرض از مبدا Intercept
-0.19ns	-0.01418	-0.00528	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
4.57**	9.69174	0.17513	نیترژن کل (درصد) Total N (%)
11.28**	0.00909	0.41419	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)
-7.28**	-0.00112	-0.57264	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)
4.98**	0.17034	0.36088	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m <sup>-1</sup> )
0.15ns	0.00600	0.00515	اسیدیته pH

0.89 = مدل R<sup>2</sup>  
Model R<sup>2</sup>= 0.89

جدول ۱۱- مهمترین خصوصیات شیمیایی خاک مؤثر بر وزن خشک کلاله زعفران حاصل از آنالیز رگرسیون گام به گام

Table 11- Most important soil chemical factors on stigma dry weight of saffron by using analysis using stepwise regression

F	ضریب تبیین تجمعی Cumulative correlation coefficient	ضریب تبیین جزئی Partial correlation coefficient	مقدار ضریب Coefficient value	رتبه تأثیر Impact rating	متغیر خاک Soil variable
271.20**	0.6454	0.6454	325.561	۱	پتاسیم قابل دسترس Available K
254.40**	0.8696	0.2242	28.8052	۲	فسفر قابل دسترس Available P
6.73*	0.8753	0.0057	23.1919	۳	هدایت الکتریکی EC
22.43**	0.8919	0.0166	3.0585	۴	نیترژن کل Total N

مشخص است که در مقایسه متغیرهای وابسته عملکرد بنه و گل زعفران با خصوصیات شیمیایی خاک بالاترین ضریب به وزن تر گل اختصاص داشت. از آنجا که عناصر پتاسیم و فسفر از طریق تأثیر بر رشد رویشی، موجب بهبود رشد زایشی می‌شود (Marschner, 2011)، لذا به منظور دستیابی به عملکرد بالای گیاه ارزشمند زعفران توصیه می‌شود مصرف این عناصر پرمصرف جهت بهبود رشد و عملکرد این گیاه به ویژه در سال‌های اولیه که عملکرد مزارع تولید آن نسبتاً پایین می‌باشد (Kafi et al., 2002a)، به دقت مدنظر قرار گیرد. نقدی بادی و همکاران (Naghdibadi et al., 2011) اعلام نمودند که بالاترین وزن گل تازه و طول خامه و کلاله زعفران از مصرف

ضرایب همبستگی مدل‌های رگرسیونی خصوصیات شیمیایی خاک با وزن خشک بنه، تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله زعفران به ترتیب برابر با ۰/۸۴، ۰/۸۷، ۰/۹۰ و ۰/۸۹ محاسبه شد (جدول‌های ۴، ۶، ۸ و ۱۰). چنین به نظر می‌رسد که بهبود محتوی کربن آلی، محتوی نیترژن، فسفر قابل استفاده و هدایت الکتریکی از طریق ایجاد شرایط مثبت برای رشد بنه‌های زعفران موجب تحریک رشد و گل‌انگیزی شده که در نتیجه بهبود عملکرد گل را به دنبال داشته است. از طرف دیگر، افزایش محتوی پتاسیم قابل دسترس و اسیدیته خاک از طریق تأثیر منفی بر رشد بنه تأخیر در گل‌انگیزی و خصوصیات عملکرد گل زعفران را موجب شده است. همچنین،

صفات مربوط به عملکرد گل و بنه زعفران رابطه مثبت و معنی‌دار ( $P \leq 0.01$ ) برقرار است؛ به طوری که بالاترین ضریب همبستگی مربوط به وزن تر گل و وزن خشک کلاله ( $r^2 = 0.99^{**}$ ) بود. بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که بهترین راهکار جهت افزایش عملکرد این گیاه نقدینه بهبود وزن تر گل با توجه به بکارگیری مدیریت مناسب در جهت تحریک زایشی می‌باشد.

کودهای شیمیایی و زیستی فسفره به دست آمد. نتایج مطالعه الدین و همکاران (Eldin et al., 2008) نیز نشان داد که تلقیح باکتری *Bacillus subtilis* با زعفران موجب بهبود رشد و عملکرد گل گردید. امیری (Amiri, 2008) نیز اظهار داشت که مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی فسفر و نیتروژن همراه با کود گاوی موجب تولید بالاترین طول کلاله زعفران شد. با توجه به جدول ۱۲ که نشان‌دهنده ضرایب همبستگی بین عملکرد گل و بنه زعفران می‌باشد، مشخص است که بین کلیه

جدول ۱۲- ضرایب همبستگی بین عملکرد گل و بنه زعفران

Table 12- Correlation coefficients between flower yield and corm yield of saffron

وزن خشک کلاله (گرم بر متر مربع) Dry weight of stigma (g.m <sup>-2</sup> )	وزن تر گل (گرم بر متر مربع) Fresh weight of flower (g.m <sup>-2</sup> )	تعداد گل (تعداد بر متر مربع) Flower number (No.m <sup>-2</sup> )	وزن خشک بنه (گرم بر متر مربع) Dry weight of corm (g.m <sup>-2</sup> )
			1 وزن خشک بنه (گرم بر متر مربع) Dry weight of corm (g.m <sup>-2</sup> )
		1 تعداد گل (تعداد بر متر مربع) Flower number (No.m <sup>-2</sup> )	0.95**
	1 وزن تر گل (گرم بر متر مربع) Fresh weight of flower (g.m <sup>-2</sup> )	0.98**	0.97**
1 وزن خشک کلاله (گرم بر متر مربع) Dry weight of stigma (g.m <sup>-2</sup> )	0.99**	0.98**	0.96**

محتوی فسفر قابل دسترس بودند. در مقایسه متغیرهای وابسته عملکرد بنه و گل زعفران با خصوصیات شیمیایی خاک بالاترین ضریب همبستگی مدل‌های رگرسیونی به وزن تر گل زعفران اختصاص داشت. بدین ترتیب، به منظور دستیابی به عملکرد بالای گیاه ارزشمند زعفران توصیه می‌شود مصرف عناصر پرمصرف پتاسیم و فسفر جهت بهبود خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد به ویژه در سال‌های اولیه که عملکرد مزارع تولید آن نسبتاً پایین می‌باشد، به دقت مدنظر قرار گیرد.

#### قدردانی

اعتبار این پژوهش از محل پژوهش طرح شماره ۳۱۰۲۹ مصوب ۱۳۹۳/۰۴/۱۸ معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

#### نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به طور معنی‌داری ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد بنه و گل زعفران را تحت تأثیر قرار داد. بالاترین ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد بنه و گل زعفران برای خاک لوم شنی و کمترین میزان برای خاک رسی به دست آمد. همچنین جهت جبران کاهش عملکرد زعفران در سال‌های اولیه کاشت به ویژه در زمین‌های با بافت سنگین توصیه می‌شود از مدیریت زراعی که به نوعی باعث سبک‌تر شدن بافت خاک می‌شود، بهره‌گیری گردد. ضرایب همبستگی خصوصیات شیمیایی خاک با خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد زعفران معنی‌دار بود و بالاترین ضریب همبستگی برای هدایت الکتریکی خاک با وزن خشک کلاله ( $r^2 = 0.99^{**}$ ) به دست آمد. مهمترین خصوصیات شیمیایی خاک مؤثر بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و عملکرد گل و بنه زعفران بر اساس آنالیز رگرسیون گام به گام شامل محتوی پتاسیم قابل دسترس و

## منابع

- Abrishamchi, P., 2003. Evaluation of some biochemical changes related to seed dormancy and flower formation in saffron. Third National Symposium on Saffron, 11-12 December. Mashhad, Iran. [In Persian].
- Amiri, M.E., 2008. Impact of animal manures and chemical fertilizers on yield components of saffron (*Crocus sativus* L.). Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 4 (3), 274-279.
- Azizi Zahan, A.A., Kamgar Haghighi, A.A., Sepaskhah, A., 2006. Effect of method and duration of irrigation on production of corm and flowering on saffron. J. Sci. & Tech. Agric. & Nat. Res. 10, 45-53. [In Persian with English Summary].
- Azizi, E., Jahani Kondori, M., Divan, R., 2013. The effect of soil physiochemical characteristics and field age on agronomic traits of saffron (*Crocus sativus* L.). J. Agroecol. 5(2), 134-142. [In Persian with English Summary].
- Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., 2005. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). J. Field Crop Res. 3(1), 1-14. [In Persian with English Summary].
- Bremner, J.M., 1970. Nitrogen total, regular Kjeldahl method, In: Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties. 2<sup>nd</sup> ed. Agronomy 9(1). A.S.A. Inc., S.S.S.A. Inc., Madison Publisher, Wisconsin, USA, pp. 610-616.
- Eldin, M.S., Elkholy, S., Fernandez, J.A., Junge, H., Cheetham, R., Guardiola, J., Weathers, P., 2008. *Bacillus subtilis* FZB<sub>24</sub> affects flower quantity and quality of saffron (*Crocus sativus* L.). Planta Medica. 13(74), 16-20.
- Farajzadeh, M., Mirzabayati, M.R., 2007. Possibility study of areas with potential cultivation of saffron in Nishabor plain using GIS. Human Science Modarres, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. 11(1), 67-92. [In Persian with English Summary].
- Fernandez, J.A., 2004. Biology, biotechnology and biomedicine of saffron. Rec. Res. Dev. Plant Sci. 2, 127-159.
- Gresta, F., Lombardo, G.M., Avola, G., 2009. Saffron stigmas production as affected by soil texture. 3<sup>th</sup> International Symposium on Saffron: Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics.
- Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., Ruberto, G., 2008. Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. Rev. Agro. Sustain. Dev. 28, 95-112.
- Jihad Keshavarzi Khorasan Razavi., 2012. Report on agronomic research for saffron. (on Published). [In Persian].
- Kafi, M., Rashed Mohasel, M.H., Koocheki, A., Mollafilabi, A., 2002a. Saffron, Production and Processing. Zaban va Adab Publications, Iran 276 pp. [In Persian].
- Kafi, M., Hemmatikakhaki, A., Karbasi, A.R., 2002b. History, economic importance, cultivated area, production and saffron usages. in: Kafi, M. (Eds.). Saffron (*Crocus sativus* L.) Production and Processing. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. pp. 21-38. [In Persian].
- Khorramdel, S., Gheshm, R., Amin Ghafari, A., Esmailpour, B., 2014. Evaluation of soil texture and superabsorbent polymer impacts on agronomical characteristics and yield of saffron. J. Saffron Res. 1(2), 120-135. [In Persian with English Summary].

- Koocheki, A., 2004. Indigenous knowledge in agriculture with particular reference production in Iran. *Acta Hort.* 650, 175-182.
- Koocheki, A., Azizi, E., Siahmarguee, A., Jahani Kondori, M., 2014. Investigation the effects of soil texture and density on corm characteristics and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *J. Agroecol.* 6(3), 453-466. [In Persian with English Summary].
- 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. [In Persian with English Summary].
- Leithy, S., El-Meseiry, T.A., Abdallah, E.F., 2006. Effect of biofertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil quality. *J. Applied Sci. Res.* 2, 773-779.
- Mahdavi, S.K., 2008. Evaluation of harvest intensities, plant densities and productivity periods on carbon sequestration in prairies of *Atriplex lentiformis* under Isfahan Province. PhD Thesis in Range Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University. [In Persian with English Summary].
- Marschner, P., 2011. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, 672 pp.
- Mollafilabi, A., 2000. New Production and Crop Improvement of Saffron. Research and Industrial Institutes of Khorasan, Press. [In Persian].
- Mollafilabi, A., Shoorideh, H., 2009. The new methods of saffron production. 4<sup>th</sup> National Festival of Saffron, Khorasan- Razavi, Iran, 27-28 October. [In Persian].
- Naderi Darbaghshahi, M.R., Khajeh Bashi, S.M., Bani Taba, S.A., Dehdashti, S.M., 2008. Effects of method, planting density and depth on the yield and operation duration of agronomic saffron field in Isfahan region. *Seedling & Seed.* 24, 643-657. [In Persian with English Summary].
- Naderi-Darbaghshahi, M.R., Khajeh-Bashi, S.M., Bani-Ateba, S.A.R., 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 Isfahan. *Seed Plant J.* 24, 643-657. [In Persian with English Summary].
- Naghdibadi, H.A., Omid, H., Golzad, A., Torbati, H., Fotookian, M.H., 2011. Change in crocin, safranal and picrocrocin content and agronomical characters of saffron (*Crocus sativus* L.) under biological and chemical of phosphorous fertilizers. *Iran. J. Med. Arom. Plant.* 40(4), 58-68. [In Persian with English Summary].
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate, U.S. Department of Agriculture Cris, 939. USA.
- Ormeño, E., Fernandez, C., 2012. Effect of soil nutrient on production and diversity of volatile terpenoids from plants. *Curr. Bioact. Compd.* 8(1), 71-79.
- Sabzevari, M., 1995. Saffron: the red gold of desert. Bank Keshavarzi Publication, No. 46. [In Persian].
- Sadeghi, B., 1993. Effect of corm weight on flowering of saffron. Research and industrial Institutes of Khorasan Publication, Iran 73 pp. [In Persian].
- Sampatha, S.R., Shivashankar, S., Lewis, Y.S., 1984. Saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation, processing chemistry and standardization. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 20 (2), 123-157.
- Shahandeh, H., 1990. Evaluation of chemophysical characteristics of soil due to saffron yield at Gonabad. Khorasan Park of Science and Industrial Research. [In Persian].
- Temperini, O., Rea, R., Temperini, A., Colla, G., Roupael, Y., 2009. Evaluation of saffron

(*Crocus sativus* L.) production in Italy:  
Effects of the age of saffron fields and plant  
density. Food, Agric. Environ. 7(1), 19-23.

Turhan, H., Kahriman, F., Egesel, C.O., Kemal  
Gul, M., 2007. The effects of different  
growing media on flowering and corm  
formation of saffron (*Crocus sativus* L.).  
African J. Biotechnol. 6, 2328-2332.

Varley, J.A., 1966. Automatic methods for the  
determination of nitrogen, phosphorus and  
potassium in plant material. Analyst. 91,  
119-126.

Walkley, A., Black, I., 1934. An examination of  
the Degtjareff method for determining soil  
organic matter and a proposed modification  
of the chromic acid titration method. Soil  
Sci. Soc. Am. J. 37, 29-38.

## Evaluation of soil physical and chemical characteristics impacts on morphological criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.)

Parviz Rezvani Moghaddam<sup>1\*</sup>, Surur Khorramdel<sup>2</sup> and Abdollah Mollafilabi<sup>3</sup>

- 1- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
- 2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
- 3- Assistant Professor, Research Institute of Food Science and Technology

\*- Corresponding author E-mail: rezvani@um.ac.ir

Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., and Mollafilabi, A., 2015. Evaluation of soil physical and chemical characteristics impacts on morphological criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Saffron Research. 3(2): 188-203.

Submitted: 24-01-2015

Accepted: 10-03-2015

### Abstract

Soil characteristics play an important role in plant growth and yield such as saffron. In order to evaluate the effect of soil physical and chemical characteristics on morphological criteria, corm and flower yield of saffron, an experiment was conducted during year 2014. Studied soil characteristics were texture, organic carbon (OC), total nitrogen (TN), available P and K, pH and electrical conductivity (EC). Examined saffron properties were corm dry weight, flower number, flower fresh weight and stigma dry weight. Multiple regression model was used to identify the relationship between soil variables (independent variables) and saffron yield variables (dependent variables). In addition, determining the most important factors of soil physicochemical properties which have effect on saffron yield criteria was done by stepwise regression analysis. The results showed the effect of different soil textures were significant ( $p \leq 0.01$ ) on corm yield and flower yield of saffron. The highest and the lowest saffron yield were observed in sandy loam and clay textures, respectively. The maximum and the minimum coefficients of soil chemical criteria with stigma dry weight were calculated for available K (-0.573) and pH (0.0052). Soil chemical factors affecting stigma dry weight based on stepwise regression analysis determined were available K, available P, EC and TN contents of the soil. Correlation coefficients of regression models for soil characteristics with corm dry weight, flower number, flower fresh weight and stigma dry weight of saffron were computed with 0.84, 0.87, 0.90 and 0.89, respectively. There also were a positive and significant relationship between corm yield and flower yield of saffron.

**Keywords:** Available K content, Available P content, Multiple regression, Stepwise regression, Stigma dry weight