



مقاله پژوهشی

بررسی تناسب اراضی و تدوین جدول نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای زعفران

علی زین الدینی^{۱*}، میرناصر نویدی^۱، مهناز اسکندری^۱، سیدعلیرضا سیدجلالی^۱، جواد سیدمحمدی^۱، ابوالحسن مقیمی^۲، محمد قاسم‌زاده گنجه‌ای^۳، علیرضا مقری‌فریز^۴ و محمدرضا پهلوان‌راد^۵

تاریخ پذیرش: ۱۵ شهریور ۱۴۰۰

تاریخ دریافت: ۲۷ اردیبهشت ۱۴۰۰

زین الدینی، ع.، نویدی، م.، اسکندری، م.، سیدجلالی، س. ع.، سیدمحمدی، ج.، مقیمی، ا.، قاسم‌زاده گنجه‌ای، م.، مقری‌فریز، ع.، پهلوان‌راد، م. ر. ۱۴۰۰. بررسی تناسب اراضی و تدوین جدول نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای زعفران. زراعت و فناوری زعفران، ۹(۴): ۳۹۵-۴۰۸.

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر خصوصیات خاک و اراضی بر عملکرد زعفران، درجه‌بندی آن‌ها و تهیه جدول نیازهای رویشی این گیاه برای انجام مطالعات تناسب اراضی به روش FAO انجام شد. نخست، ۱۲۴ مزرعه زعفران در استان‌های خراسان رضوی، خراسان جنوبی، فارس، گلستان، مرکزی و کرمان انتخاب شدند. با حفر پروفیل در هر مزرعه، نمونه‌های مناسب از افق‌های خاک برداشت شد و پرسش‌نامه کاربری اراضی نیز طی سه سال از ۱۳۹۶ الی ۱۳۹۸، تکمیل گردید. نمونه‌های خاک، مورد آزمایش قرار گرفت تا ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی آن‌ها مشخص شود. پس از آماده‌سازی داده‌ها، از نظر آماری تجزیه شدند. رگرسیون چند متغیره بین عملکرد به عنوان متغیر وابسته و مقدار شوری، درصد سدیم قابل تبادل، واکنش، گچ، آهک، رس، شن، سیلت، سنگریزه، پتاسیم و فسفر قابل جذب خاک به عنوان متغیرهای مستقل به روش گام به گام، بررسی گردید. با بررسی روابط رگرسیون ساده بین ویژگی‌های اراضی مهم و مؤثر با عملکرد، درجه‌بندی خصوصیات اراضی انجام شد. سپس جدول نیازهای رویشی تهیه شده با داده‌های ۲۱ مزرعه جدید، ارزیابی و صحت‌سنجی شد. نتایج نشان داد که پتاسیم قابل جذب، شن، شوری خاک، درصد سدیم تبدلی و آهک، بیشترین و واکنش خاک و کربن آلی، کمترین دامنه تغییرات را داشتند. نتایج رگرسیونی نشان داد به ترتیب متغیرهای مستقل شوری خاک، ESP، آهک، گچ، سنگریزه و پتاسیم و فسفر قابل جذب، بر عملکرد مؤثر هستند. ضریب تبیین رگرسیون چند متغیره نشان داد که متغیرهای وارد شده به مدل توانسته‌اند ۹۵ درصد از واریانس مربوط به متغیر وابسته را تعیین نمایند. بیشترین سهم در کاهش عملکرد زعفران مربوط به شوری خاک، سنگریزه، درصد سدیم تبدلی و مقدار آهک می‌باشد. نتایج صحت‌سنجی نشان داد که ضریب تبیین بین عملکرد با شاخص خاک جدول پیشنهادی برای زعفران حدود ۰/۹۲ می‌باشد که نشان‌دهنده دقت قابل قبول جدول پیشنهادی است.

کلمات کلیدی: الگوی کشت، تناسب اراضی، رگرسیون، زعفران، عملکرد

۱- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زرقان، ایران

۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران

۵- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

(*) - نویسنده مسئول: ali_zeinadin@yahoo.com

مقدمه

ایران بزرگترین تولیدکننده و صادرکننده زعفران در جهان است و بیش از ۹۵٪ تولید جهانی این محصول گران بها به ایران اختصاص دارد (FAO, 2020). در این میان تقریباً ۹۲٪ تولید و ۹۸٪ سطح زیر کشت به استان های خراسان رضوی و جنوبی تعلق دارد (Ministry of Jihad-Agriculture, 2018). شرایط خاص کشت گیاه زعفران در فصول سرد سال که باعث نیاز کمتر به آبیاری می شود، همچنین ایجاد اشتغال و ارزآوری، باعث شده که کشت آن در بسیاری از مناطق کشور مورد توجه قرار گیرد (Vafabakhsh, 2003). زعفران گیاهی است که از نظر نیاز آبی نسبت به بسیاری از محصولات کشاورزی، کم توقع تر بوده و این موضوع با توجه به وضعیت کمبود آب و خشکسالی در کشور، حائز اهمیت است.

به دلیل مزایای گفته شده، توسعه کشت این گیاه در سایر استان های کشور در سال های اخیر رو به فزونی است. بر این اساس باید در سطح کشور، اراضی با پتانسیل تولید مناسب برای کشت زعفران، مشخص و اولویت بندی شوند. این مهم با انجام مطالعات ارزیابی تناسب سرزمین و بررسی ویژگی ها و کیفیت خاک و اقلیم میسر می شود. در مطالعات طبقه بندی تناسب اراضی، از چهارچوب فائو استفاده می شود که در آن، تناسب اراضی با رده مناسب (S) یا نامناسب (N) مشخص می شود. رده مناسب شامل سه کلاس S1، S2 و S3 و رده نامناسب، شامل دو کلاس N1 و N2 است (Sys et al., 1991). لازمه انجام مطالعات ارزیابی تناسب سرزمین به روش (FAO, 1976)، تهیه جدول نیازهای رویشی (خاک و اقلیم) در سطح ملی است. به عنوان نمونه، سایس و همکاران در سال ۱۹۹۳، جداول نیازهای رویشی را برای دامنه وسیعی از گیاهان که در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری کشت می شوند، ارائه نمودند که به صورت کلی

و ناحیه ای بوده و چندان قابل تعمیم به سایر مناطق نیست. در ایران نیز تاکنون، پژوهش هایی در راستای تعیین نیازهای رویشی (خاک و اقلیم) برای گیاهان مهم باغبانی انجام شده است. به عنوان نمونه، پژوهشی به منظور بررسی خصوصیات اراضی، تعیین تأثیر ویژگی های مهم و مؤثر خاک بر عملکرد، درجه بندی خصوصیات و تهیه جدول نیازهای رویشی برای پسته در باغات انتخابی استان های کرمان، اصفهان، خراسان رضوی، فارس و آذربایجان شرقی انجام گرفت. برای انجام این پژوهش، ۱۲۵ باغ مشمر در مناطق مختلف انتخاب و از خاک آن ها نمونه برداری شد. برای هر باغ، پرسش نامه های عملکردی - مدیریتی نیز تهیه شده است. پس از برقراری رگرسیون ساده و چند متغیره میان عملکرد به عنوان متغیر وابسته و ویژگی های خاک به عنوان متغیرهای مستقل، درجه بندی خصوصیات اراضی انجام گرفت. در نهایت، جدول نیازهای رویشی خاک و زمین نما برای پسته پیشنهاد گردید. نتایج تحقیق مورد نظر نشان داد که میانگین شوری خاک و سدیم قابل تبادل در برخی باغات مورد مطالعه به ویژه استان های کرمان و خراسان رضوی، از حد مجاز پسته بیشتر است. مهم ترین عوامل تأثیرگذار بر عملکرد پسته، شوری خاک، سدیم قابل تبادل، گچ، آهک، ویژگی های حاصلخیزی و درصد سنگریزه خاک بود (Zeinadini et al., 2020). پژوهش مشابه دیگری به منظور تهیه جدول نیاز رویشی خرما براساس داده های خصوصیات اراضی نخلستان های انتخابی از استان های کرمان، هرمزگان، بوشهر، فارس و خوزستان انجام شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که از میان تمام ویژگی های بررسی شده، شوری خاک، سدیم قابل تبادل، آهک، گچ، سنگریزه، مقدار پتاسیم و فسفر قابل جذب بر عملکرد خرما تأثیر گذارند (Zeinadini et al., 2021). همچنین پژوهشی با هدف درجه بندی خصوصیات اراضی و

تهیه جدول نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای ذرت دانه‌ای در جنوب ایران به روش‌های رگرسیونی و شبکه عصبی مصنوعی انجام گردید. در این پژوهش، ۱۰۵ مزرعه ذرت در استان‌های کرمان، هرمزگان، سیستان و بلوچستان و جنوب کرمان برای برداشت نمونه خاک و عملکرد، انتخاب شدند. سپس درجه‌بندی ویژگی‌های اراضی به منظور تهیه جدول نیازهای رویشی ذرت برای مناطق جنوب کشور به کمک روابط رگرسیونی و شبکه عصبی میان متغیرهای خاکی و عملکرد، انجام شد (Zeinadini et al., 2018).

پژوهش‌ها نشان داده است که پارامترهای خاکی مانند مقدار موادآلی، فسفر، پتاسیم و کلسیم بیشترین همبستگی را با عملکرد زعفران دارند (Abdel Kader et al., 2020). همچنین مشخص شده که بیشترین کیفیت و خوشبویی زعفران در خاک دارای بافت لوم حاصل می‌شود. میان رنگ زعفران با مقدار رس و مواد آلی خاک و همچنین خوشبویی زعفران با کربنات کلسیم کل خاک، همبستگی مثبتی وجود دارد (Cardone et al., 2020). ماده آلی یکی از مهمترین خصوصیات خاک به عنوان بستر رشد گیاهان می‌باشد و سه عنصر ازت، فسفر و پتاسیم به عنوان عناصر غذایی اصلی، نقشی اساسی در رشد و نمو و تولید محصول با کیفیت مناسب دارند. زمان و میزان صحیح مصرف این عناصر همراه با مصرف ماده آلی می‌تواند با افزایش تولید و در نتیجه درآمد تولیدکنندگان زعفران همراه باشد (Zabihi, 2017). بررسی ویژگی‌های خاک و آب بر عملکرد زعفران در خراسان جنوبی مشخص نمود که عملکرد زعفران با مقدار ۵/۹ کیلوگرم در هکتار از مزرعه پنج ساله با هدایت الکتریکی خاک ۸/۲ دسی‌زیمنس بر متر، امکان‌پذیر است. با افزایش شوری خاک، نسبت جذب سدیم و منیزیم آب، عملکرد شدیداً کاهش می‌یابد (Saberi et al., 2015). مطالعات انجام شده در استان فارس نشان داد که کشت مداوم ۱۰ ساله زعفران سبب افزایش هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، آرسنیک و بور خاک در

منطقه ریشه شده است (Khozaei et al., 2015). رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2015)، نشان دادند که اثر بافت‌های مختلف خاک بر تمامی خصوصیات بنه و عملکرد گل زعفران، معنی‌دار است. بطوری که بیشترین و کمترین عملکرد زعفران به ترتیب در بافت‌های لوم شنی و رسی به دست می‌آید.

هدف از انجام این پژوهش، بررسی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک‌های انتخابی تحت کشت زعفران در استان‌های خراسان رضوی، خراسان جنوبی، فارس، گلستان، مرکزی و کرمان و ارتباط آن‌ها با مقدار عملکرد بود. بدین ترتیب جدول نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای زعفران که از نیازهای ابتدایی به منظور ارزیابی تناسب اراضی به روش FAO است، تهیه شد. روش مذکور مبنای تهیه نقشه‌های تناسب اراضی برای کشت گیاهان مختلف در کشور بوده که به عنوان یکی از لایه‌های اصلی است که در تهیه الگوی کشت ملی بکار رفته است.

مواد و روش‌ها

در راستای انجام این پژوهش، نخست ۱۲۴ مزرعه زعفران در استان‌های خراسان رضوی، خراسان جنوبی، فارس، مرکزی، گلستان و کرمان انتخاب شدند. مزارع انتخابی دارای طیف متنوعی از عملکرد و خاک بود تا امکان بررسی اثر ویژگی‌های اراضی بر عملکرد زعفران وجود داشته باشد. در هر مزرعه یک بدون حفر، تشریح و طبقه‌بندی گردید (USDA, 2012) و از هر افق نمونه‌برداری خاک انجام شد. آزمایش‌های انجام شده روی نمونه‌های خاک شامل pH گل اشباع، EC در عصاره گل اشباع، آهک به روش تیتراسیون برگشتی، کربن آلی به روش والکلی-بلاک اصلاح‌شده، فسفر قابل جذب به روش اولسن، کلسیم محلول در عصاره اشباع خاک به روش کمپلکسومتری با حضور EDTA، سدیم و پتاسیم محلول در عصاره اشباع خاک با

دستگاه فلیم فتومتر، سدیم قابل جذب به روش استات آمونیم ۱ مولار با $\text{pH}=7$ ، ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از استات سدیم، درصد گچ با روش استن صورت گرفت. همچنین جداسازی اجزای مختلف شن، سیلت و رس به روش هیدرومتر انجام شد (USDA, 2014). در هر مزرعه نیز پرسش‌نامه کاربری اراضی طی سه سال از ۱۳۹۶ الی ۱۳۹۸، تکمیل گردید.

پردازش آماری داده‌ها

اثرات ویژگی‌های مختلف خاک و اراضی بر عملکرد زعفران، با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری و روابط رگرسیونی بررسی شد. پیش از انجام آنالیزهای آماری، میانگین وزنی هرخصوصیت خاک در هر پروفیل، به روش سائیس و همکاران (Sys et al., 1991)، محاسبه شد. وضعیت داده‌های پرت با استفاده از نمودار جعبه‌ای و نرمال بودن داده‌ها با استفاده از شاخص‌های کشیدگی و چولگی بررسی شد. تجزیه‌های آماری شامل آمار توصیفی، رگرسیون چندمتغیره و رگرسیون ساده بین عملکرد (متغیر وابسته) با ویژگی‌های خاک و زمین نما (متغیرهای مستقل) انجام گردید. خصوصیات اراضی انتخاب شده شامل شوری خاک (EC)، درصد سدیم قابل تبادل (ESP)، واکنش خاک، گچ، آهک، شن، سیلت، رس، کربن آلی، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و سنگریزه بود. در نهایت مهم‌ترین عوامل خاک و زمین نما که بر عملکرد تأثیر دارند، انتخاب شدند. تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام گردید.

درجه‌بندی خصوصیات اراضی و تهیه جدول برای زعفران

در تحلیل رگرسیون ساده، یک متغیر از خصوصیات اراضی به عنوان متغیر مستقل و عملکرد به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. در تحلیل رگرسیون، امکان بررسی تغییرات متغیر وابسته، پیش‌بینی و سهم هر متغیر در تبیین متغیر وابسته مشخص می‌شود (Soltani, 2001). ساده‌ترین حالت تحلیل

رگرسیون زمانی است که رابطه متغیر مستقل و وابسته خطی باشد. کاربرد اصلی رگرسیون ساده در این بررسی‌ها، درجه‌بندی خصوصیات اراضی با عملکرد زعفران می‌باشد. جدول پیشنهادی برای زعفران، به منظور مطالعات تناسب اراضی و بر مبنای روش فائو (FAO, 1976) و دستورالعمل سائیس و همکاران (Sys et al., 1991)، تهیه شد. پس از مشخص شدن ویژگی‌های مؤثر بر عملکرد زعفران و بررسی معادلات رگرسیونی ساده بین عملکرد با هر خصوصیت اراضی، منحنی بین عملکرد با خصوصیات اراضی بر اساس روابط رگرسیونی ساده به صورت مجزا ترسیم گردید. محل تلاقی نقاط ۲۵، ۴۰، ۶۰ و ۸۵ درصد عملکرد با ویژگی‌های خاک در هر کدام از نمودارها، مشخص‌کننده مرز کلاس‌های تناسب اراضی است. محل تلاقی خط از منحنی به محور ویژگی از عملکرد ۸۵ درصد، نشان‌دهنده مرز کلاس‌های S1 و S2، عملکرد ۶۰ درصد، مرز کلاس‌های S2 و S3، عملکرد ۴۰ درصد (عملکرد سر به سر)، مرز S3 و N1 و در نهایت، عملکرد ۲۵ درصد، تعیین‌کننده مرز N1 و N2 می‌باشد. به‌علاوه برای تعیین عملکرد سربه‌سر و مرز کلاس‌های تناسب S3 با N1، از بررسی‌های اقتصادی و تعیین هزینه‌های متغیر تولید یک واحد محصول زعفران در یک سال زراعی نیز استفاده گردید. در مورد خصوصیتی که با بررسی‌های آماری امکان درجه‌بندی و تعیین حدود مرز کلاس‌های آن‌ها ممکن نبود، مانند سطح آب زیرزمینی و عمق خاک، درجه‌بندی براساس مقادیر بهینه آن‌ها برای زعفران بر پایه منابع معتبر، بررسی‌های میدانی، مطالعات صحرائی و بررسی دقیق کارت‌های تشریح پروفیل انجام شد. همچنین برای تعیین بافت خاک در کلاس‌های مختلف، از منحنی‌های مربوط به رس و شن استفاده گردید. برای هر خصوصیت با استفاده از منحنی مربوطه، مقادیری از شن و رس که با عملکرد رابطه مثبت دارند مشخص و سپس با استفاده از مثلث بافت خاک بر اساس درصدهای استخراج شده،

گروه‌های بافتی که در این دامنه‌ها قرار گرفته‌اند، تعیین و در کلاس‌های مختلف طبقه‌بندی شدند. همچنین با بررسی بافت-های خاک در مزارع با عملکرد بالا و پایین، بافت‌های شاخص کلاس‌های تناسب N و S، مشخص گردید (Sys et al., 1991). در نهایت، جدول نیازهای خصوصیات خاک و اراضی برای زعفران در مناطق مورد مطالعه استخراج شد که می‌تواند در ارزیابی تناسب اراضی برای کشت این گیاه مورد استفاده قرار گیرد.

اعتبارسنجی

پس از ارائه جدول نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای زعفران، درجه‌بندی خصوصیات اراضی به روش پارامتریک برای داده‌های ۲۱ مزرعه جدید به کمک جدول مورد نظر، محاسبه شد. سپس به منظور راستی‌آزمایی، رابطه میان عملکرد واقعی هر مزرعه با شاخص اراضی محاسبه، بررسی و تحلیل شد. بر این اساس، درجه‌بندی خصوصیات اراضی در جدول پیشنهادی، ارزیابی و در صورت نیاز اصلاح گردید.

نتایج و بحث

آمار توصیفی متغیرها

نتایج خلاصه آمار توصیفی داده‌های این پژوهش، در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که واریانس برای پتاسیم قابل جذب، شن، رس، سنگریزه و آهک، زیاد و برای واکنش و کربن آلی خاک، ناچیز می‌باشد. هر چه مقدار واریانس کمتر باشد، پراکندگی داده‌ها کمتر است و بالعکس. دامنه تغییرات آهک خاک از ۱۰ تا ۶۴ درصد، مقدار گچ از ۰ تا ۲۰ درصد، شوری از ۰/۳۵ تا ۲۵ دسی‌زیمنس برمتر، ESP از ۲/۴ تا ۴۶ و واکنش خاک نیز از ۷/۲ تا ۸/۸۵ متغیر بود. عمده اراضی گچی تحت کشت زعفران در استان‌های کرمان، خراسان جنوبی، رضوی و فارس قرار داشت. در استان گلستان و مرکزی، اراضی

زیرکشت زعفران کمترین مقدار گچ را داشتند. نکته قابل توجه این است که بافت غالب مزارع زعفران انتخابی استان‌های کرمان، خراسان جنوبی و خراسان رضوی، سبک و متوسط و بافت‌های سنگین‌تر بیشتر در مناطقی از استان فارس، مرکزی و گلستان قرار داشتند. میانگین، کمینه و بیشینه مقدار پتاسیم قابل جذب به ترتیب ۲۲۵، ۱۱۵ و ۳۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. میانگین پتاسیم خاک در برخی مزارع بررسی‌شده استان‌های خراسان جنوبی، کرمان و خراسان رضوی از حد بحرانی آن برای زعفران کمتر می‌باشد. همچنین مقادیر میانگین، حداقل و حداکثر فسفر قابل جذب به ترتیب ۲۲/۴، ۸/۵ و ۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. میانگین فسفر خاک در برخی مزارع بررسی‌شده استان‌های خراسان رضوی، جنوبی، فارس و کرمان برای زعفران از حدود بحرانی کمتر بود (Zeinadini et al., 2019). نکته قابل توجه در خصوص ویژگی‌های حاصلخیزی خاک مزارع زعفران بررسی شده این است که اکثر مزارع از این نظر، دارای محدودیت بودند.

رگرسیون چندمتغیره

نتایج حاصل از ورود متغیرهای شوری خاک، ESP، واکنش خاک، گچ، آهک، شن، سیلت، رس، کربن آلی، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و سنگریزه به عنوان متغیر مستقل و عملکرد به عنوان متغیر وابسته در رگرسیون گام به گام، بیانگر آن است که از میان متغیرهای مستقل، به ترتیب شوری، ESP، گچ، آهک، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و سنگریزه وارد معادله شدند. لیکن متغیرهای واکنش خاک، کربن آلی، شن، رس و سیلت، وارد معادله نشدند. لازم به توضیح است که عدم ورود ویژگی‌هایی مانند کربن آلی خاک به معادله، ناشی از عدم واریانس متغیرها در نمونه‌های مورد مطالعه است. ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای مستقل و عملکرد در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- آمارهای توصیفی داده‌های خصوصیات خاک و عملکرد زعفران در مزارع انتخابی
Table 1- Descriptive statistics of soil properties and saffron yield data in selected farms

	CaCO ₃ (%) آهک	Gypsum (%) گچ	Organic carbon (%) کربن آلی	pH واکنش خاک	EC (dS.m ⁻¹) شوری	(%) ESP سدیم تبادلی	Available Potassium (mg.kg ⁻¹) پتاسیم قابل دسترس	Available Phosphorus (mg.kg ⁻¹) فسفر قابل دسترس	Sand (%) شن	Clay (%) رس	Silt (%) سیلت	Gravel (%) سنگریزه	(g.ha ⁻¹) Yield عملکرد
Mean میانگین	36.35	5.71	0.56	8.03	8.56	17.50	225.86	22.37	66.60	23.87	9.53	35.84	5847.58
Median میانه	35.55	5.35	0.50	8.00	7.55	15.00	243.00	20.00	66.50	25.50	10.00	37.50	5200.00
Mode نما	27.00	3.00	0.10	8.00	12.00	12.00	250.00	17.00	70.00	30.00	11.00	37.00	4500.00
Std. انحراف معیار	12.83	3.93	0.42	0.34	5.35	9.87	55.32	8.89	14.94	13.13	3.89	16.06	3520.10
Variance واریانس	164.66	15.48	0.18	0.11	28.64	97.38	3060.31	79.05	223.2	172.37	15.10	257.89	12391091.66
Skewness چولگی	0.25	1.08	1.18	0.31	0.57	0.58	-0.12	0.55	-0.27	0.47	-0.52	-0.64	0.54
Kurtosis کتیدگی	-0.82	1.41	1.68	0.04	-0.01	-0.16	-0.78	-0.43	0.48	0.17	-0.05	-0.08	-0.72
Range دامنه	51.00	20.00	2.18	1.65	24.65	43.60	235.00	37.50	72.00	60.00	20.00	64.00	12850.00
Minimum کمینه	13.00	0.00	0.02	7.20	0.35	2.40	115.00	8.50	25.00	2.00	0.00	0.00	800.00
Maximum بیشینه	64.00	20.00	2.20	8.85	25.00	46.00	350.00	46.00	97.00	62.00	20.00	64.00	13650.00
C.V. (%) ضریب تغییرات	35.3	68.9	75.5	4.2	62.5	56.4	24.5	39.7	22.4	55	40.8	44.8	60.2

جدول ۲- نتایج همبستگی پیرسون بین متغیرهای مستقل و عملکرد
Table 2 – Results of Pearson correlation between independent variables and yield

	آهک	گچ	کربن آلی	کربن خاک	pH	EC (dS.m ⁻¹)	ESP	پتاسیم قابل دسترس	فسفر قابل دسترس	Sand(%)	Clay (%)	Silt (%)	سنگریزه	عملکرد
CaCO3	1	0.899**	-0.617**	0.823**	0.929**	0.942**	-0.919**	-0.922**	0.150	-0.139	-0.108	0.911**	-0.879**	
Gypsum	0.899**	1	-0.597**	0.803**	0.965**	0.967**	-0.899**	-0.764**	0.129	-0.076	-0.237**	0.893**	-0.889**	
Organic carbon (%)	-0.617**	-0.597**	1	-0.486**	-0.618**	-0.636**	0.609**	0.536**	-0.219*	0.201*	0.163	-0.689**	0.654**	
pH	0.823**	0.803**	-0.486**	1	0.801**	0.801**	-0.765**	-0.747**	0.082	-0.055	-0.129	0.772**	-0.729**	
واکنش خاک	0.929**	0.965**	-0.618**	0.801**	1	0.987**	-0.908**	-0.813**	0.119	-0.069	-0.223*	0.927**	-0.915**	
EC (dS.m ⁻¹)	0.942**	0.967**	-0.636**	0.801**	0.987**	1	-0.922**	-0.834**	0.138	-0.093	-0.218*	0.931**	-0.919**	
شوری	0.942**	0.967**	-0.636**	0.801**	0.987**	1	-0.922**	-0.834**	0.138	-0.093	-0.218*	0.931**	-0.919**	
سدیم تبادلی	0.942**	0.967**	-0.636**	0.801**	0.987**	1	-0.922**	-0.834**	0.138	-0.093	-0.218*	0.931**	-0.919**	
ESP	0.942**	0.967**	-0.636**	0.801**	0.987**	1	-0.922**	-0.834**	0.138	-0.093	-0.218*	0.931**	-0.919**	
تپاسیم	0.942**	0.967**	-0.636**	0.801**	0.987**	1	-0.922**	-0.834**	0.138	-0.093	-0.218*	0.931**	-0.919**	
Available potassium (mg.kg ⁻¹)	-0.919**	-0.899**	0.609**	-0.765**	-0.908**	-0.922**	1	0.842**	-0.098	0.094	0.060	-0.902**	0.931**	
Available (mg.kg ⁻¹) Phosphorus	-0.922**	-0.764**	0.536**	-0.747**	-0.813**	-0.834**	0.842**	1	-0.130	0.158	-0.036	-0.822**	0.791**	
Sand (%)	0.150	0.129	-0.219*	0.082	0.119	0.138	-0.098	-0.130	1	-0.970**	-0.568**	0.103	-0.068	
رس	-0.139	-0.076	0.201*	-0.055	-0.069	-0.093	0.094	0.158	-0.970**	1	0.350**	-0.077	0.054	
(%) Clay	-0.139	-0.076	0.201*	-0.055	-0.069	-0.093	0.094	0.158	-0.970**	1	0.350**	-0.077	0.054	
سیلت	-0.108	-0.237**	0.163	-0.129	-0.223*	-0.218*	0.060	-0.036	-0.568**	0.350**	1	-0.136	0.080	
(%) Silt	-0.108	-0.237**	0.163	-0.129	-0.223*	-0.218*	0.060	-0.036	-0.568**	0.350**	1	-0.136	0.080	
Gravel	0.911**	0.893**	-0.689**	0.772**	0.927**	0.931**	-0.902**	-0.822**	0.103	-0.077	-0.136	1	-0.971**	
سنگریزه	0.911**	0.893**	-0.689**	0.772**	0.927**	0.931**	-0.902**	-0.822**	0.103	-0.077	-0.136	1	-0.971**	
(g.ha ⁻¹) Yield	-0.879**	-0.889**	0.654**	-0.729**	-0.915**	-0.919**	0.931**	0.791**	-0.068	0.054	0.080	-0.971**	1	
عملکرد	-0.879**	-0.889**	0.654**	-0.729**	-0.915**	-0.919**	0.931**	0.791**	-0.068	0.054	0.080	-0.971**	1	

*** همبستگی در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
** همبستگی در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

جدول ۳- تجزیه واریانس رابطه رگرسیون چندمتغیره بین عملکرد و متغیرهای مستقل

Table 3- Analysis of variance of multivariate regression relationship between yield and independent variables

Model مدل	Sum of squares مجموع مربعات	df درجه آزادی	Mean square میانگین مربعات	F	Sig.
Regression رگرسیون	1478731089.000	7	211247298.500	540.070	0.000
Residual باقیمانده	45373184.860	116	391148.145		
Total کل	1524104274.000	123			

A: Dependent variable: yield (g.ha⁻¹).

A: متغیر وابسته: عملکرد

B: Independent variable: Predictors: (Constant), Gravel, P_{ava} (mg.kg⁻¹), Gypsum, K_{ava} (mg.kg⁻¹), CaCO₃, EC (dS.m⁻¹), ESP.

ب: متغیرهای مستقل: پیش‌بینی کننده‌ها: (ثابت)، شن، فسفر قابل دسترس، گچ، پتاسیم قابل دسترس، آهک، هدایت الکتریکی، درصد سدیم تبادل.

ممکن مانند خطی، لگاریتمی، نمایی، درجه دوم و توانی، استخراج شد. در نهایت معادله تک متغیره‌ای که دارای بیشترین مقدار ضریب همبستگی بود، انتخاب گردید. بهترین معادلات بدست آمده برای هر یک از پارامترها، در جدول ۴ ارائه شده است. همچنین نمونه‌ای از این روابط مربوط به عملکرد و شوری خاک در شکل ۱ نشان داده شده است.

پس از استخراج معادلات تک متغیره و انتخاب مناسب‌ترین آن‌ها برای هر متغیر، جدول نیازمندی‌های رویشی خاک برای محصول زعفران در مناطق مورد مطالعه استخراج گردید که همانطور که گفته شد، اساس مطالعات ارزیابی تناسب اراضی برای کشت این محصول می‌باشد. این جدول که بر پایه درجه-بندی خصوصیات از صفر تا ۱۰۰ تهیه شده در جدول ۵ ارائه شده است.

رابطه ۱، بهترین معادله رگرسیونی چندمتغیره میان عملکرد و ویژگی‌های خاک را نشان می‌دهد. این معادله دارای ضریب تبیین حدود ۰/۹۵۵ و ضریب تبیین تعدیل شده ۰/۹۵ می‌باشد. مفهوم آن این است که متغیرهای وارد شده به مدل توانسته‌اند حدود ۹۵ درصد از واریانس تغییرات مربوط به متغیر وابسته را تعیین نمایند. ضریب تبیین تعدیل‌یافته از ضریب رگرسیون، حقیقی‌تر است زیرا کمتر تحت تأثیر حجم و تعداد نمونه قرار می‌گیرد (Ghiyasvand, 2012). نتایج تجزیه واریانس معادله چندمتغیره در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به اینکه ارزش P value کمتر از ۰/۰۱ است بنابراین با اطمینان ۹۹ درصد می‌توان گفت که رابطه مذکور دارای معنی‌داری است و تجزیه واریانس و ایجاد معادله با دقت قابل قبول انجام شده است.

تحلیل رگرسیون ساده

رابطه رگرسیون تک متغیره برای همه خصوصیات مورد بررسی با عملکرد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و همه روابط

(۱)

$$Yield = 91.78CaCO_3 + 25.57Gypsum - 58.48EC - 9.08ESP + 27.5K + 2.18P - 175.48Gravel + 3043.94$$

$$R^2 = 0.97 \quad P < 0.001$$

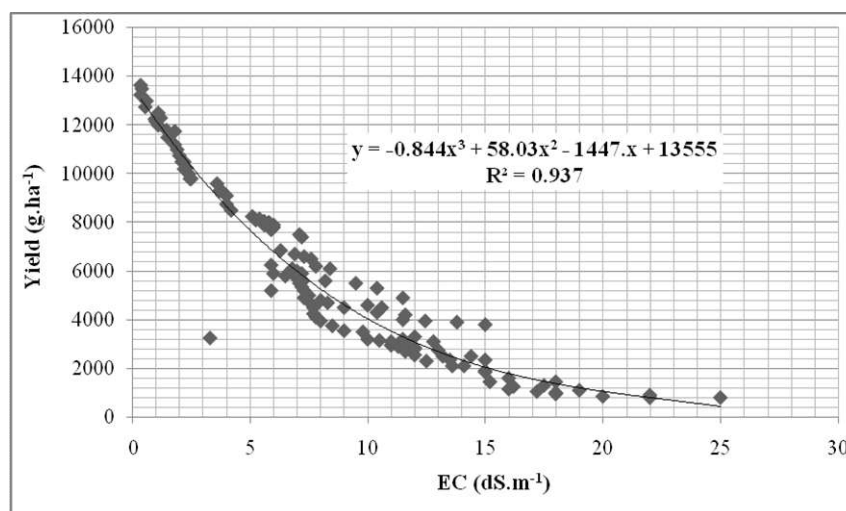
جدول ۴- معادلات استخراج شده با بیشترین ضریب همبستگی بین متغیرهای مستقل و عملکرد

Table 4- Equations derived with the highest correlation coefficient between independent variables and yield

متغیر مستقل Independent variable	نوع معادله Type of equation	معادله Equation	ضریب تبیین Coefficient of determination	سطح معنی- داری P value
آهک CaCO ₃	نمایی Exponential	$y = 30923e^{-0.052x}$	0.84	0.0001
گچ Gypsum	درجه ۳ Cubic	$y = -2.328x^3 + 124.53x^2 - 2187.7x + 13558$	0.97	0.0001
شوری خاک EC	درجه ۳ Cubic	$y = -0.8446x^3 + 58.036x^2 - 1447.7x + 13555$	0.94	0.0001
سدیم تبادلی ESP	"	$y = -0.1924x^3 + 22.145x^2 - 941.87x + 15521$	0.96	0.0001
پتاسیم Potassium	توانی Power	$y = 0.0027x^{2.6661}$	0.93	0.0001
شن Sand	درجه ۳ Cubic	$y = -0.0784x^3 + 7.8984x^2 + 2.8914x - 4578.3$	0.46	0.0001
رس Clay	"	$y = 0.3548x^3 - 42.211x^2 + 1337x - 4341.9$	0.59	0.0001
سیلت Silt	درجه ۳ Cubic	$y = 7.5221x^3 - 264.09x^2 + 2631.2x - 793.72$	0.13	0.0001
سنگریزه Gravel	درجه ۳ Cubic	$y = 0.0767x^3 - 7.5006x^2 - 19.937x + 12669$	0.96	0.0001
کربن آلی Organic carbon	توانی Power	$y = 7686.4x^{0.5343}$	0.48	0.0001
واکنش خاک pH	نمایی Exponential	$y = (5 \times 10^9)e^{-1.734x}$	0.64	0.0001
فسفر Phosphorous	توانی Power	$y = 52.194x^{1.4854}$	0.70	0.0001

* در معادلات فوق X متغیر مستقل و y عملکرد زعفران می‌باشد.

* In the above equations, x is the independent variable and y is the yield of saffron.



شکل ۱- رابطه میان عملکرد زعفران و مقدار شوری خاک

Figure 1- Relationship between saffron yield and soil salinity.

جدول ۵- نیازهای خاکی و زمین نما برای زعفران

Table 5 - Soil and landscape requirements for saffron

Landscape and soil requirements-saffron							Land characteristics خصوصیات اراضی
نیازهای رویشی خاک و زمین نما - زعفران							
Class, degree of limitation and rating scale کلاس، درجه محدودیت و مقیاس درجه بندی							
N2 0	4 25	N1 40	S3 3 60	S2 2 85	1 95	S1 0 100	
-	>18	15-18	10-15	5-10	<5		Topography (t) پستی و بلندی Slope (%) شیب
-	F3	F2	F1	-	F0		Wetness (w) خیسی خاک Flooding سیل گیری Drainage زهکشی
Poor but not drainable	Poor but drainable	Poor and aeric	Imperfect	Moderate	Good		Physical soil characteristics (s) خصوصیات فیزیکی خاک
-	Co,C>60s C>60v	Cm, S, SiCm, C<60v	Si, SiCs, SC, C<60s	CL, SiL, SiCL, LS	L, SL, SCL,		Texture/structure بافت/ساختمان
>60	55-60	45-55	25-45	10-25	0-10		Coarse fragment (vol %) سنگریزه حجمی
	<20	40-20	60-40	80-60	>80		Soil depth (cm) عمق خاک
>65	60-65	45-60	35-45	15-35	0-15		CaCO ₃ (%) آهک
>20	16-20	10-16	5-10	2-5	0-2		Gypsum (%) گچ
-	>8.6 <5.8	8-8.6 -	7.2-8.0 6-5.8	7-7.2 6.3-6	6.5-7 6.5-6.3		Soil fertility characteristics (f) خصوصیات حاصلخیزی خاک
-	-	<0.5	1-0.5	2-1	>2		pH (H ₂ O) واکنش خاک
-	-	<0.5	1-0.5	2-1	>2		Organic carbon (%) کربن آلی
>18	15-18	9-15	4.5-9	2-4.5	0-2		Salinity and alkalinity (n) شوری و سدیمی بودن EC (dS.m ⁻¹) هدایت الکتریکی
>42	35-42	25-35	15-25	7-15	0-7		ESP (%) سدیم تبدیلی

ویژگی‌های مهم و مؤثر خاک بر رشد و عملکرد سر به سر^۳
زعفران به شرح جدول ۶ پیشنهاد می‌گردد.

حدود مجاز و بحرانی هر ویژگی خاک

با توجه به بررسی‌های آماری (رگرسیون چند متغیره و ساده) از جدول درجه‌بندی خصوصیات اراضی، روابط رگرسیون و منحنی‌های عملکرد-متغیر، حدود مجاز^۱ و بحرانی^۲ برای

2- Critical level
3- Break even production

1- Threshold limit

جدول ۶- حدود مجاز یا بحرانی برخی ویژگی‌های خاک برای زعفران
Table 6- Threshold limit or critical limits of some soil properties for saffron

مقدار در تولید بحرانی (عملکرد سر به سر)	آستانه مجاز / حد بحرانی	واحد	خصوصیات اراضی
Quantity in critical yield (Break even production)	Threshold limit / Critical limit	Unit	Land characteristics
15	Threshold limit: 4.5 حد مجاز	dS.m ⁻¹	EC هدایت الکتریکی
35	Threshold limit: 15 حد مجاز	-	ESP درصد سدیم تبدلی
16	Threshold limit: 5 حد مجاز	%	Gypsum گچ
38	Threshold limit: 25 حد مجاز	%	CaCO ₃ آهک
35	Critical limit: 60 حد بحرانی	cm	Soil depth عمق خاک
-	Critical limit: 18 حد بحرانی	mg.kg ⁻¹	P _{ava} فسفر قابل جذب
-	critical limit: 250 حد بحرانی	mg.kg ⁻¹	K _{ava} پتاسیم قابل جذب
-	>1.5	m	Groundwater level سطح آب زیرزمینی

بین عملکرد و شاخص خاک، ۰/۹۲۴ بدست آمد که نشان‌دهنده قابل اعتماد بودن درجه‌بندی خصوصیات اراضی و جداول تهیه شده در این پژوهش می‌باشد.

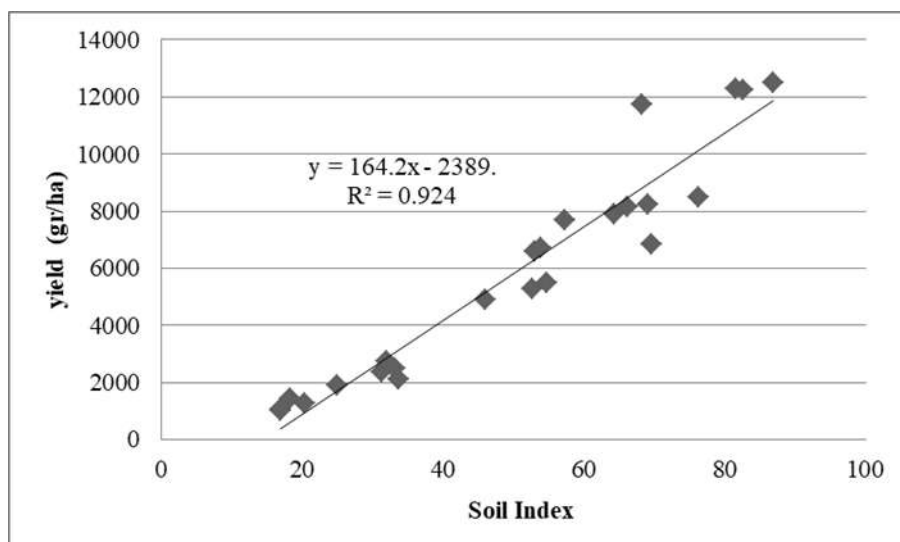
نتیجه‌گیری

باتوجه به اینکه در سال‌های اخیر، کشت زعفران در مناطق مختلف کشور توسعه یافته است، به منظور حفظ و توسعه کشت پایدار و استفاده بهینه از منابع تولید، تطابق شرایط اراضی با شرایط پرورش گیاه زعفران، حائز اهمیت فراوانی است. ارزیابی اولیه تناسب اراضی می‌تواند توسط نتایج این پژوهش، امکان‌پذیر باشد. با توجه به اینکه جدول نیازهای رویشی پیشنهادی بر مبنای خصوصیات اراضی مناطق مهم تحت کشت زعفران کشور تهیه و صحت‌سنجی شده است، بنابراین دقت لازم برای انجام مطالعات تناسب اراضی را دارد. بدیهی است توسعه کشت در مناطقی که از لحاظ اقلیمی و خاکی مناسب نباشند، سبب هدررفت منابع تولید و سرمایه می‌شود.

نکته اساسی در خصوص حدود بحرانی و تولید بحرانی خصوصیات اراضی زعفران این است که مقادیر ارائه شده برای برخی ویژگی‌ها (شوری خاک و درصد سدیم تبدلی) نسبت به اکثر گیاهان باغبانی بیشتر می‌باشد (Zeinadini et al., 2019). لیکن مقایسه حدود مجاز زعفران با پسته و خرما بیانگر آن است که زعفران نسبت به این دو گیاه، تحمل کمتری در برابر مقدار شوری و درصد سدیم تبدلی خاک دارد (Zeinaldini Meymand et al., 2020; Zeinaldini et al, 2021).

نتایج صحت‌سنجی جدول پیشنهادی

همانطور که گفته شد، به منظور صحت‌سنجی جدول نیازهای رویشی خاک و اراضی مستخرج از نتایج این پژوهش (جدول ۵)، عملکرد واقعی و شاخص خاک در ۲۱ پروفیل خاک از مناطق مورد مطالعه که قبلاً بصورت تصادفی از روند تهیه جدول کنار گذاشته شده بودند، با رسم نمودار بررسی شد. نمودار مورد نظر در شکل ۲ نشان داده شده است. مقدار ضریب تبیین



شکل ۲- رابطه میان شاخص خاک و مقدار عملکرد در ۲۱ مزرعه زعفران
Figure 2 - Relationship between soil index and yield of 21 saffron farms.

و خراسان رضوی از حد بحرانی آن برای زعفران کمتر می‌باشد. همچنین میانگین فسفر خاک در برخی مزارع استان‌های خراسان رضوی، جنوبی، فارس و کرمان برای زعفران از حدود بحرانی کمتر بود.

سپاسگزاری

نویسندگان از حمایت‌های مؤسسه تحقیقات خاک و آب برای به انجام رسیدن پروژه تحقیقاتی با عنوان "تعیین نیازهای ریشی برای زعفران در استان‌های فارس، خراسان رضوی، خراسان جنوبی و مرکزی" و شماره مصوب ۹۶۱۵۰۳-۰۹۴۵۲-۰۵۹-۱۰-۱۰-۰۱، که این مقاله از آن استخراج شده است، صمیمانه تشکر می‌نمایند.

نتایج این پژوهش نشان داد که از جمله مهم‌ترین خصوصیات اراضی مؤثر بر عملکرد زعفران در مناطق مطالعه شده شامل شوری خاک، ESP، آهک، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، سنگریزه و گچ می‌باشند. ویژگی‌های شور و سدیمی بودن خاک، آهک زیاد، خصوصیات فیزیکی نامناسب خاک و فقر حاصلخیزی خاک سبب کاهش عملکرد زعفران در مزارع کشور شده است. در هر منطقه با توجه به عوامل محدودکننده، اعمال مدیریت مناسب و انجام عملیات اصلاحی و آبشویی برای اصلاح خاک‌ها با مقادیر نمک و سدیم بالا پیشنهاد می‌شود. همچنین با توجه به بالا بودن مقدار آهک خاک در برخی مناطق تحت کشت زعفران، مدیریت تغذیه گیاهی و حاصلخیزی خاک باید مدنظر قرار گیرد. بررسی‌ها نشان داد که میانگین پتاسیم خاک در برخی مزارع بررسی شده از استان‌های خراسان جنوبی، کرمان

منابع

- Abdel Kader, E.H., Soha, O., Oxana, B., Nour, T., Vera, T., Hanaa, C., and Tamim, E. 2020. Performance of saffron growth on different soils under homogenous environmental condition. *AGROFOR International Journal* 5 (1): 143-151.
- Cardone, L., Castronuovo, D., Perniola, M., Scrano, L., Cicco, N., and Candido, V. 2020. The influence of soil physical and chemical properties on saffron (*Crocus sativus* L.) growth, yield and quality. *Agronomy* 10 (8): 1154.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1976. A framework for land evaluation. *FAO Soils Bulletin* No. 32. Rome. Available at Web site <http://www.fao.org/3/x5310e/x5310e00.htm>.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2020. FAO statistic. Available at Web site <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Ghiyasvand, A. 2012. Application of Statistics and SPSS Software in Data Analysis. Fourth Edition, Thinkers Publications, Tehran. (In Persian).
- Khozaei, M., Kamgarhaghighi, A.A., Sepaskhah, A., and Karimian, N.A. 2015. The effect of 10-year continuous saffron cultivation on physical and chemical properties of soil. *Iran Agricultural Research* 34 (1): 46-55.
- Ministry of Jihad Agriculture, Information and Communication Technology Center. 2018. *Agricultural Statistics, Volume 3, Horticultural Products*. 241 p. (In Persian).
- 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. (In Persian with English Summary).
- Saberi, M.H., Behdani, M.A., Gharibi, Kh., and Moghari Friz, A. 2015. The effect of soil and water quality on saffron yield. Fourth National Conference on Saffron, Ghaenat, Iran, 4 November 2015. Available at Web site <https://civilica.com/doc/691293>. (In Persian).
- Soltani, A. 2001. Probability and Statistics for Science and Engineering. Second Edition, Shiraz University, 376 p. (In Persian).
- Sys, C., Vanrast, E., and Debavey, J. 1991. Land Evaluation, Parts I and II, General Administration for Development Cooperation Agricultural. Brussels, Belgium.
- Sys, C., Vanrast, E., and Debavey, J. 1993. Land Evaluation, Parts III, Crop Requirements. General administration for development cooperation agricultural. Brussels, Belgium. 197 p.
- USDA. 2012. Field Book for Describing and Sampling Soils. Version 3, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- USDA. 2014. Kellogg Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 5. R. Burt and Soil Survey Staff (ed.). United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
- Vafabakhsh, J. 2003. Finding the potential of saffron cultivation areas in Iran. Mashhad, Publications of Scientific and Industrial Research Organization of Khorasan Center. p. 99-108. (In Persian).
- Zabihi, H. 2017. Nutrition Management in Saffron plant. Technical Publication 555, Soil and Water Research Institute. Available at Web site https://agrilib.areeo.ac.ir/book_6151.pdf. (In Persian).
- Zeinadini Meymand, A., Bagheri Bodaghabadi, M., Moghimi, A., Navidi, M.N., Ebrahimi

- Meymand, F., and Amirpour, M. 2018. Modeling of yield and rating of land characteristics for corn based on artificial neural network and regression models in south of Iran. *Desert* 23 (1): 85-95.
- Zeinadini, A., Seyed Jalali, S.A.R., Navidi, M.N., Eskandari, M., Seyed Mohammadi, J., Dialami, H., Moghimi, A.H., and Poozesh Shirazi, M. 2021. Preparation of soil and landscape requirements table for date palm to use in land suitability evaluation. *Journal of Water and Soil Conservation* 27 (5): 89-107. (In Persian with English Summary).
- Zeinaldini Meymand, A., Navidi, M.N., Eskandari, M., Seyed Mohammadi, J., Tumanyan, N., Husseinifard, S.J., Farajnia, A., and Ghasemzadeh Ganjaei, M. 2020. Determination of soil and landscape requirements of pistachio for use in land suitability evaluation. *Journal of Pistachio Science and Technology* 5 (9): 70-88. (In Persian with English Summary).
- Zeinadini, A., Toomanian, N., Navidi, M.N., Farajnia, A., and Seyed Jalali, A.R. 2019. *Horticultural Crops Requirements*. Soil and Water Research Institute, 310 p. (In Persian).

Investigation of Land Characteristics and Preparation of Soil Requirements for Saffron

Ali Zeinadini^{1}, Mir Naser Navidi¹, Mahnaz Eskandari¹, Seyed Alireza Seyed Jalali¹, Javad Seyed Mohammadi¹, Abolhasan Moghimi², Mohammad Ghasemzadeh Ganjehei³, Alireza MoghriFreez⁴ and Mohammad Reza Pahlevanrad⁵*

Submitted: 17 May 2021

Accepted: 6 September 2021

Zeinadini, A., Navidi, M. N., Eskandari, M., SeyedJalali, S.A., Seyed Mohammadi, J., Moghimi, A., Ganjehei, M. Gh., MoghriFreez, A., and Pahlevanrad, M. R. 2022. Investigation of Land Characteristics and Preparation of Soil Requirements for Saffron. *Saffron Agronomy & Technology*, 9(4): 395-408.

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of soil and land characteristics on saffron yield. First, 124 saffron farms in Khorasan Razavi, South Khorasan, Fars, Golestan, Markazi, and Kerman provinces were selected. Suitable soil samples were taken in each field, and a land-use questionnaire was completed during three years from 2017 to 2019. Soil samples were tested to determine their physicochemical properties. After preparing the data, they were statistically analyzed. Multivariate regression between yield as a dependent variable and salinity, percentage of exchangeable sodium, soil reaction, gypsum, lime, clay, sand, silt, gravel, and available potassium and phosphorus of soil were studied as independent variables by the stepwise method. By examining the relationships of simple regression between important and effective land characteristics and yield, land characteristics rating was performed. Then, the saffron soil requirements table was prepared. The proposed table was verified with the data of 21 new farms. The results showed that available potassium, sand, soil salinity, percentage of exchangeable sodium, and lime had the highest, and the soil and organic carbon reaction had the lowest range of changes. Regression results showed that the independent variables of soil salinity, ESP, lime, gypsum, gravel, and available potassium and phosphorus, respectively ranked, affect the final yield. The coefficient of determination of multivariate regression showed that the variables entered in the model were able to determine 95% of the variance related to the dependent variable. The largest contribution to the reduction of saffron yield is related to soil salinity, gravel, exchangeable sodium percentage, and the amount of lime. Validation results showed that the yield correlation coefficient with the soil index of the proposed table for saffron is about 0.92, which indicates the acceptable accuracy of the proposed table.

Keywords: Cropping pattern, Land suitability, Regression, yield.

1- Assistant Prof., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

2- Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zarghan, Iran

3- Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran

4- Instructor, Soil and Water Research Department, South Khorasan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Birjand, Iran

5- Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran

(*- Corresponding author Email: ali_zeinadin@yahoo.com)

DOI: 10.22048/jsat.2021.286314.1426