نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۴۰۰، ص. ۴۰۷-۳۹۵

Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 3, Jul.-Agu. 2021, p. 395-407

مقاله پژوهشی

تأثیر ویژگی‌های خاک بر عملکرد و تهیه جدول نیازهای رویشی پرتقال در مناطق انتخابی کشور ایران

علی زین الدینی[۱*]- میرناصر نویدی[۲]- علی اسدی کنگرشاهی[۳]- مهناز اسکندری[۴]- سیدعلیرضا سیدجلالی[۵]- آناهید سلمان‌پور[۶]- جواد سیدمحمدی[۷]- مالک قاسمی[۸]- سید علی غفاری نژاد[۹]- غلامرضا زارعیان[۱۰]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۶

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر خصوصیات اراضی بر عملکرد پرتقال، درجه‌بندی آن‌ها و تهیه جدول نیازهای رویشی برای تعیین تناسب اراضی برای کشت این گیاهان به روش فائو بود. به همین منظور، ۱۳۸ باغ پرتقال (۱۱۸ باغ برای درجه‌بندی و ۲۰ باغ برای صحت‌سنجی) در استان‌های فارس، مازندران، گیلان، کرمان و جنوب کرمان انتخاب شد. در هر باغ، پرسش‌نامه‌ای تکمیل و یک پدون حفر و مطالعه شد. سپس، نمونه‌های خاک برای آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی تهیه گردید. ویژگی‌های انتخاب شده شامل شوری، درصد سدیم قابل تبادل (ESP)، واکنش خاک، گچ، آهک، رس، شن، سیلت، سنگریزه، پتاسیم و فسفر قابل دسترس خاک بود. از کل داده‌ها، ۲۰ داده برای اعتبارسنجی انتخاب و بقیه داده‌ها وارد مدلسازی شامل روابط رگرسیونی چندمتغیره به روش گام‌به‌گام و ساده شد. در این معادلات ارتباط بین عملکرد به عنوان متغیر وابسته با ویژگی‌های خاک به عنوان متغیرهای مستقل بررسی شد. به کمک نمودارها، درجه‌بندی خصوصیات اراضی به روش فائو بدست آمده و جدول نیازهای رویشی پیشنهاد شد. این جدول، با داده‌های اعتبار سنجی، صحت‌سنجی شد. رابطه رگرسیونی چندمتغیره نشان داد که شوری، ESP، آهک، گچ، سنگریزه، فسفر و پتاسیم قابل دسترس، با ضریب تبیین ۰/۹۵ بیشترین اثر را بر عملکرد پرتقال دارند و معادلات رگرسیونی ساده مشخص کردند شوری خاک، ESP، گچ، آهک و سنگریزه، بیشترین اثر را در کاهش و کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل دسترس، بیشترین اثر را در افزایش عملکرد دارند. ضریب تبیین عملکرد با شاخص خاک بدست آمده از جدول نیازهای خاک و اراضی پیشنهادی برای پرتقال نیز ۰/۷۹ بدست آمد که نشان‌دهنده دقت قابل‌قبول جدول پیشنهادی است.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، تناسب اراضی، مرکبات، نیاز رویشی

مقدمه

مرکبات یکی از منابع بسیار مهم اقتصادی، مبادلات تجاری و اشتغال ساکنین حدود ۵۰ کشور تولید کننده مرکبات جهان است (۷).کشورهای پیشرو در تولید مرکبات شامل چین، برزیل، هند، آمریکا، مکزیک، اسپانیا، ایران و مصر هستند (۷). ایران با تولید ۴/۳ میلیون تن و حدود ۲۹۰ هزار هکتار سطح زیر کشت، جایگاه هفتم را در دنیا به خود اختصاص می‌دهد. استان‌های مازندران، فارس، کرمان و هرمزگان، مهم‌ترین تولیدکنندگان مرکبات در ایران می‌باشند. این استان‌ها، ۸۸/۳۶ درصد سطح زیر کشت و ۹۱/۱۳ درصد تولید کشور را در اختیار دارند (۱۴) که بیش از ۵۰ درصد آن به پرتقال اختصاص دارد. هرچند که ممکن است مرکبات در اراضی مختلف با دامنه گسترده‌ای از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی مانند سطح آب زیرزمینی بالا، زهکشی ضعیف، شوری و سدیمی‌بودن زیاد خاک و

۱، ۲، ۴، ۵، ۷ و ۹- استادیاران پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: ali_zeinadin@yahoo.com)
۳- استادیار پژوهش بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
۶- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران
۸- استادیار پژوهش، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران
۱۰- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زرقان، ایران

DOI: 10.22067/jsw.2021.68421.1017

واکنش متوسط یا بالا کشت شوند، لیکن وجود این محدودیت‌ها در اراضی تحت کشت سبب افت عملکرد مرکبات می‌شود. برپایه مطالعات انجام شده، تحمل مرکبات نسبت به شرایط نامناسب خاک در مقایسه با دیگر درختان میوه کمتر است (۱، ۲، ۲۵، ۲۶ و ۲۸). مرکبات نسبت به مقادیر بالای شوری، گچ و آهک خاک حساس بوده و در صورت کشت در این اراضی افت عملکرد مشهود است (۹، ۱۰، ۲۰ و ۲۷). مطالعات خاکشناسی باغ‌های مرکبات مناطق شرق مازندران (۲۲) نشان می‌دهد با افزایش مقدار آهک از آمل و بابل (کمتر از ۱ درصد) به سمت ساری و نکا (بیشتر از ۴۰ درصد) ناهنجاری‌های تغذیه‌ای و فیزیولوژیکی زیادی برای مرکبات منطقه ایجاد شده است. محققان این ناهنجاری‌ها را به افزایش بی‌کربنات و بالا رفتن pH محلول خاک در منطقه ریشه و شیره سلولی گیاه نسبت دادند. محققان دیگری نیز (۳، ۱۱ و ۱۷) گزارش کردند بی‌کربنات محلول در خاک‌های آهکی بر راندمان فیزیولوژیکی آهن در ریشه‌ها و برگ‌ها تاثیر زیادی دارد که منجر به کاهش غلظت کلروفیل، کند شدن تشکیل برگ‌های جدید و عارضه ریزبرگی[1] می‌شود.

شومان (۱۸) رابطه رگرسیونی بین عملکرد پرتقال در فلوریدا و برخی ویژگی‌ها شامل عمق خاک، عمق آب زیرزمینی، شاخص کلروفیل برگ، عناصر غذایی برگ و شاخص NDVI بدست آورد. رابطه رگرسیونی نشان داد ۹۰ درصد تغییرات مکانی عملکرد که بوسیله شاخص NDVI قابل ارزیابی است، توسط ویژگی‌های خاک مانند مواد آلی، رنگ، انعکاس مادون قرمز نزدیک، شوری خاک و عمق آب زیرزمینی قابل توضیح می‌باشد. مان و همکاران (۱۳) ارتباط برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند ظرفیت نگهداشت آب، توزیع اندازه ذرات و رنگ خاک را با عملکرد مرکبات در فلوریدا بررسی کردند. این محققان باغ‌های مورد مطالعه را به پنج کلاس از بسیار ضعیف تا بسیار خوب طبقه‌بندی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که باغ‌هایی که درختان مسن‌تری دارند، دارای مقادیر رس و ظرفیت نگهداشت آب بالاتری بودند و خاک رنگ تیره‌تری داشت. در باغ‌هایی که سن درختان کمتر بود هدایت هیدرولیکی اشباع بیشتر بود که محققان آن را به وجود مقدار شن بیشتر در خاک ارتباط دادند. همچنین بین عملکرد و جرم مخصوص ظاهری خاک، ارتباط معنی‌دار مشاهده نشد. مان و همکاران (۱۲) همچنین دریافتند بین عملکرد پرتقال و حجم تاج پوشش گیاهی، NDVI و EC_a، همبستگی مثبت و با ارتفاع، همبستگی منفی وجود دارد. نقشه پراکنش عملکرد می‌تواند برای برنامه‌ریزی‌های تهیه نمونه خاک و بررسی تغییرات خاک در یک منطقه جدید استفاده گردد.

دوان و همکاران (۵) بر اساس ویژگی‌های اقلیمی مناطق نیمه گرمسیری، چین را به سه منطقه با ریسک کم، متوسط و زیاد تقسیم کردند و مشاهده کردند ریسک پرورش مرکبات با افزایش عرض جغرافیایی زیاد شد که نشان از اثر دما در پرورش و عملکرد مرکبات داشت. نواز و همکاران (۱۶) نیز گزارش کردند که اقلیم تاثیر عمده‌ای بر مراحل رشد و نموی میوه و ویژگی‌های فیزیکی آن دارد. بهترین اندازه و رنگ میوه در اقلیم نیمه‌گرمسیری نسبت به اقلیم گرمسیری بدست آمد. زین‌الدینی و همکاران (۲۷) با تهیه و تدوین جداول نیازهای رویشی گیاهان مهم زراعی و باغبانی کشور نشان دادند ویژگی‌های اقلیمی متعددی مانند میانگین دمای دوماه پس از برداشت، رطوبت نسبی سردترین ماه سال، رطوبت نسبی مرحله گلدهی و رسیدن میوه از جمله عوامل مهم تاثیرگذار در عملکرد مرکبات می‌باشد.

این پژوهش، با هدف بررسی اثر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی اراضی بر عملکرد پرتقال در مناطق مهم تحت کشت این گیاه، مطالعه روابط رگرسیونی بین ویژگی‌های مختلف خاک با عملکرد و درجه‌بندی پارامترهای خاک و اراضی انجام شده است. نتایج این مطالعه در نهایت منجر به تهیه جدول نیازهای رویشی پرتقال و صحت‌سنجی آن در استان‌های مهم کشور از نظر تولید پرتقال شامل فارس، مازندران، کرمان ، گیلان و جنوب کرمان گردید. به کمک جداول پیشنهادی می‌توان ارزیابی تناسب اراضی برای این محصول مهم باغبانی (پرتقال) را انجام داد که از مهمترین مراحل در تهیه الگوی کشت هر منطقه یا کشور است.

مواد و روش‌ها

نخست ۱۳۸ باغ (۱۱۸ باغ برای درجه‌بندی و۲۰ باغ برای صحت‌سنجی) در استان‌های گیلان، مازندران، فارس، کرمان و بخش‌های جنوبی استان کرمان انتخاب گردیدند. باغ‌های انتخابی در مناطق تحت کشت مرکبات در استان‌های مازندران، گیلان، فارس، جنوب کرمان و کرمان هر یک به ترتیب شامل ۴۰، ۲۱، ۲۴، ۲۳ و ۲۹ باغ بود که دارای مدیریت تقریباً مشابه بودند (از لحاظ استفاده از نهاده‌ها، متوسط و سیستم آبیاری آن‌ها غرقابی و رقم کشت شده با پایه‌های غالب (در شمال کشور، پایه‌های نارنج، سیترنج‌ها و سیترومله، در استان فارس، نارنج و لیموترش و در استان کرمان، نارنج و ولکامریانا) بود). لیکن، در طیف متنوعی از عملکرد و شرایط خاک قرار داشتند. بدین ترتیب اثرات عواملی مانند مدیریت، اقلیم و سن درخت تا حد ممکن در تحقیق حذف شده و امکان بررسی اثرات خصوصیات اراضی بر عملکرد پرتقال ممکن شد. در هر باغ یک پدون حفر، تشریح و طبقه‌بندی گردید (۲۳) و از هر افق نمونه‌برداری خاک انجام شد. آزمایش‌های انجام شده شامل pH گل اشباع، EC عصاره گل اشباع، آهک به روش تیتراسیون برگشتی، کربن‌آلی به روش والکلی-بلاک

1- Little leaf

اصلاح شده، فسفر قابل جذب به‌روش اولسن، پتاسیم قابل جذب گیاه با روش عصاره‌گیری با استات‌آمونیم، 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 (۲۴).

پردازش آماری داده‌ها

ابتدا آمار توصیفی داده‌های بدست آمده بررسی شد. وضعیت پراکنش داده‌ها، گام اساسی در توصیف کمّی و آماری آن‌ها می‌باشد (۸). شاخص‌هایی مانند میانگین، حداکثر و حداقل، اطلاعاتی در رابطه با موقعیت قرارگرفتن توزیع داده‌ها یا نقطه ثقل توزیع را نشان می‌دهد. واریانس و انحراف معیار نیز چگونگی پراکندگی داده‌ها را بررسی می‌نمایند (۱۵). سپس، اثرات خصوصیات مختلف خاک و اراضی بر عملکرد پرتقال، با استفاده از تجزیه‌وتحلیل آماری و روابط رگرسیونی بررسی شد. پیش از انجام آنالیزهای آماری میانگین وزنی برای خصوصیت خاک درهر پروفیل محاسبه شد (۲۰). وضعیت داده‌های پرت با استفاده از نمودار جعبه‌ای و نرمال بودن داده‌ها با استفاده از شاخص‌های کشیدگی و چولگی و آزمون کلموگوروف- اسمیرنف بررسی شد. مجموعه داده اعتبارسنجی ۲۰ داده بود که از کل داده‌ها بصورت تصادفی انتخاب شد. بررسی های آماری شامل آمار توصیفی، رگرسیون چندمتغیره و رگرسیون ساده بین عملکرد (متغیر وابسته) با ویژگی‌های خاک و زمین (متغیرهای مستقل) برروی سایرداده‌ها انجام گردید. خصوصیات اراضی انتخاب شده شامل شور و سدیمی‌بودن خاک، واکنش خاک، گچ، آهک، شن، سیلت، رس، کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل دسترس و سنگریزه بود. در نهایت، مهم‌ترین عوامل خاک و زمین که بر عملکرد تاثیر دارند انتخاب شدند. تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام گردید.

درجه‌بندی خصوصیات اراضی و تهیه جدول نیازهای رویشی پرتقال

با توجه به اینکه جدول تهیه شده برای پرتقال به منظور مطالعات تناسب اراضی بر مبنای روش فائو (۶) انجام شده است، لذا مرز کلاس‌های مختلف تناسب در جدول پیشنهادی، مطابق با جداول سایس و همکاران (۲۰) می‌باشد. پس از مشخص شدن ویژگی‌های موثر بر عملکرد پرتقال و بررسی معادلات رگرسیونی ساده بین عملکرد با هر خصوصیت اراضی، منحنی بین عملکرد با خصوصیات اراضی بر اساس معادله رگرسیونی ساده به صورت مجزا ترسیم گردید. محل تلاقی نقاط ۸۵، ۶۰، ۴۰ و ۲۵ درصد عملکرد با ویژگی‌های خاک در هر کدام از معادلات، مشخص کننده مرز کلاس‌های تناسب اراضی هستند. محل تلاقی خط از منحنی به محور ویژگی از عملکرد ۸۵ درصد، نشان‌دهنده مرز S1 و S2، عملکرد ۶۰ درصد، مرز S2 و S3، عملکرد ۴۰ درصد (عملکرد سر به سر) مرز S3 وN1 و در نهایت، عملکرد ۲۵ درصد، تعیین کننده مرز N1 وN2 می‌باشد. همچنین برای تعیین عملکرد سربه سر و مرز S3 با N1، از بررسی‌های اقتصادی و تعیین هزینه‌های متغیر تولید یک کیلوگرم محصول پرتقال در یک سال زراعی نیز استفاده شد. برای خصوصیاتی که با بررسی آماری امکان درجه‌بندی و تعیین حدود مرز کلاس‌ها برای آن‌ها وجود نداشت مانند سطح آب زیرزمینی و عمق خاک، درجه‌بندی براساس مقادیر بهینه آن ها برای پرتقال بر پایه منابع معتبر، بررسی های میدانی، مطالعات صحرایی و بررسی دقیق کارت‌های تشریح پروفیل انجام شد. درنهایت جدول نیازهای خصوصیات خاک و اراضی برای پرتقال در مناطق مورد مطالعه استخراج شد که می‌تواند در محاسبات ارزیابی تناسب اراضی برای کشت این محصول در سطح کشور مورد استفاده قرار گیرد.

اعتبارسنجی

به منظور راستی آزمایی جدول نیازهای رویشی خاک و اراضی پیشنهادی برای پرتقال، درجه‌بندی خصوصیات اراضی به روش پارامتریک برای ۲۰ مجموعه داده که در تهیه جدول به‌کار نرفته بودند، انجام شد. سپس، رابطه عملکردهای واقعی با شاخص اراضی برای هر مجموعه به کمک رگرسیون ساده، بررسی و تحلیل شد. بر این اساس، درجه‌بندی خصوصیات اراضی در جدول پیشنهادی ارزیابی شده و در صورت نیاز اصلاح گردید.

نتایج و بحث

آمار توصیفی متغیرها

نتایج خلاصه آمار توصیفی داده‌های بدست آمده در جدول ۱ نشان داده شده است. برپایه این جدول، واریانس برای پتاسیم قابل جذب، شن، رس، سنگریزه و آهک، زیاد و برای واکنش و کربن آلی خاک، ناچیز می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد پرتقال در طیف وسیعی از خاک‌ها کشت می‌شوند. هر چه مقدار واریانس کمتر باشد، پراکندگی داده ها کمتر است و بالعکس. بنابراین اکثر ویژگی‌های خاک دارای گستردگی زیادی هستند. همچنین دامنه تغییرات آهک بین ۱۰ تا ۳۳/۳ درصد متغیر بود. وجود آهک در خاک به‌طور مستقیم و غیرمستقیم باعث کاهش قابلیت دسترسی بسیاری از عناصر مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس می‌گردد (۱). اسدی کنگر شاهی و همکاران (۱) نشان دادند باافزایش آهک کل و فعال خاک، میانگین غلظت آهن فعال برگ کاهش می‌یابد. بر اساس جداول سایس و همکاران (۱۹۹۱) نیز مقدار مناسب آهک در خاک برای پرتقال تا ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی داده‌های خصوصیات خاک و عملکرد

Table 1- Descriptive statistics of soil properties and yield

	$CaCO_3$ آهک	Gypsum گچ	OC (%) کربن‌آلی	pH	EC ($dS.m^{-1}$) شوری	ESP % درصد سدیم تبادلی	$K_{ava.}$ ($mg.kg^{-1}$) پتاسیم قابل دسترس	$P_{ava.}$ ($mg.kg^{-1}$) فسفر قابل دسترس	Sand (%) شن	Clay (%) رس	Silt (%) سیلت	Gravel (%) سنگریزه	Yield ($kg.ha^{-1}$) عملکرد
Mean میانگین	33.3	3.54	0.89	7.8	5.4	10.7	224	21.6	60.9	26.2	12.8	23.4	24901.3
Median میانه	33.0	2.70	0.82	7.78	5.05	9.0	231.5	18.05	60.0	25.50	11.00	24.0	24125
Mode مد	27.0	2.70	0.27	7.80	6.00	4.0	225	14.00	50.0	3.00	15.00	0.00	32500
Std. Deviation انحراف معیار	10.8	2.66	0.65	0.40	3.48	6.79	61.9	9.64	22.5	15.96	8.32	15.0	14470.4
Variance واریانس	116.75	7.07	0.42	0.16	12.08	46.22	3835.9	93.03	507.2	254.9	69.18	225.1	209393707
Skewness چولگی	.05	1.42	1.23	0.38	0.611	0.85	-0.249	0.62	-0.32	0.019	1.4	0.050	0.428
Kurtosis کشیدگی	-.76	1.35	2.29	0.66	-0.431	-.17	-0.507	-0.698	-0.66	-1.410	2.16	-0.99	-1.095
Range دامنه	45.0	11.64	3.48	2.17	12.59	26.30	260.0	37.90	86.0	54.0	37.50	55.0	49650
Minimum کمینه	10.0	0.36	0.05	6.63	0.61	1.70	100.0	8.00	10.0	2.0	1.00	0.00	6350
Maximum بیشینه	55.0	12.0	3.53	8.80	13.20	28.0	360.0	45.90	96.0	56.0	38.50	55.00	56000
CV ضریب تغییرات	32.4	75.14	73.03	5.12	64.4	63.4	27.6	44.6	36.9	60.9	65	65.1	58.1

میانگین شوری خاک در باغ‌های مورد مطالعه ۵/۴ دسی‌زیمنس بر متر بود. کمینه، بیشینه و میانگین مقدار درصد سدیم قابل تبادل خاک، به ترتیب ۱/۷، ۲۸ و ۱۰/۷ درصد بود. بدین مفهوم که مقدار حداکثر سدیم قابل تبادل در نمونه‌ها، بیش از حد مجاز برای پرتقال بوده است (۲۱). بیشینه، کمینه و میانگین گچ به ترتیب ۱۲، ۰/۳۶ و ۳/۵۴ درصد بود. بیشترین مقدارگچ مربوط به باغات پرتقال مناطق بم وشهداد استان کرمان و کمترین آن مربوط به مازندران و گیلان است. شوری خاک از ۰/۶۱ در نمونه‌های مازندران تا ۱۳/۲ دسی زیمنس بر متر در کرمان متغیر بود. واکنش خاک در اراضی بررسی شده از ۶/۶۳ تا ۸/۸ متغیر و میانگین آن، ۷/۸ گزارش شده است. دِلائو و همکاران (۴) مقادیر مناسب واکنش خاک برای باغ‌های پرتقال در برزیل را بین ۵/۵ تا ۶ و مقادیر مناسب یون کلسیم و منیزیوم در خاک را ۲۱ تا ۴۰ میلی‌مول در هر سانتی‌متر مکعب خاک گزارش کردند. واکنش خاک کنترل‌کننده حلالیت عناصر در محلول خاک می‌باشد و بر جذب عناصر توسط ریشه تاثیر دارد. ماده آلی خاک نیز در باغ‌های مورد مطالعه از ۰/۰۵ تا ۳/۵۳ درصد متغیر بود. میانگین درصد ماده آلی ۰/۸۹ بود که نشان می‌دهد عمده خاک‌ها کشور از نظر ماده آلی فقیر هستند. واکنش خاک، درصد کربن‌آلی و گچ، سه ویژگی از خاک بودند که دامنه پراکنش کمی داشتند. میانگین، حداقل و حداکثر پتاسیم قابل جذب به ترتیب ۲۲۴، ۱۰۰ و ۳۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم بدست آمد. مقادیر میانگین، حداقل و حداکثر فسفر قابل دسترس نیز به ترتیب ۲۱/۶، ۸ و ۴۵/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. میانگین فسفر و پتاسیم خاک در باغات بررسی‌شده برای پرتقال از حدود بحرانی کمتر است.

رگرسیون چندمتغیره

نتایج حاصل از ورود متغیرهای شوری خاک، قلیائیت، واکنش، گچ، آهک، شن، سیلت، رس، کربن آلی، فسفر قابل دسترس، پتاسیم قابل جذب و سنگریزه به‌عنوان متغیر مستقل و عملکرد به عنوان متغیر وابسته درنرم‌افزار بیانگر آن است که از میان متغیرهای مستقل، به ترتیب شوری خاک، ESP، گچ، آهک، فسفر، پتاسیم و سنگریزه وارد معادله شده است.

جدول ۲- نتایج همبستگی پیرسون بین متغیرهای مستقل و عملکرد

Table 2- Pearson correlation results between independent variables and yield

	$CaCO_3$ آهک	Gypsum گچ	OC (%) کربن‌آلی	pH	EC ($dS.m^{-1}$) شوری	ESP % درصد سدیم تبادلی	$K_{ava.}$ ($mg.kg^{-1}$) پتاسیم قابل دسترس	$P_{ava.}$ ($mg.kg^{-1}$) فسفر قابل دسترس	Sand (%) شن	Clay (%) رس	Silt (%) سیلت	Gravel (%) سنگریزه	Yield ($kg.ha^{-1}$) عملکرد
$CaCO_3$ آهک	1	0.868**	-0.349**	0.557**	0.898**	0.904**	-0.887**	-0.865**	0.459**	-0.556**	-0.173	0.862**	-0.842**
Gypsum گچ	0.868**	1	-0.242**	0.498**	0.921**	0.916**	-0.874**	-0.738**	0.310**	-0.395**	-0.081	0.826**	-0.752**
OC(%) کربن‌الی	-0.349**	-0.242**	1	-0.557**	-0.168	-0.202*	0.156	0.126	-0.444**	0.490**	0.262**	-0.188*	0.143
pH واکنش خاک	0.557**	0.498**	-0.557**	1	0.494**	0.520**	-0.403**	-0.335**	0.651**	-0.686**	-0.443**	0.386**	-0.346**
EC ($dS.m^{-1}$) شوری	0.898**	0.921**	-0.168	0.494**	1	0.967**	-0.924**	-0.841**	0.326**	-0.394**	-0.126	0.889**	-0.855**
ESP(%) درصد سدیم تبادلی	0.904**	0.916**	-0.202*	0.520**	0.967**	1	-0.868**	-0.813**	0.430**	-0.497**	-0.207*	0.821**	-0.795**
K_{ava} ($mg.kg^{-1}$) پتاسیم قابل دسترس	-0.887**	-0.874**	0.156	-0.403**	-0.924**	-0.868**	1	0.870**	-0.225*	0.296**	0.041	-0.955**	0.938**
P_{ava}($mg.kg^{-1}$) فسفر قابل دسترس	-0.865**	-0.738**	0.126	-0.335**	-0.841**	-0.813**	0.870**	1	-0.212*	0.324**	-0.048	-0.881**	0.900**
Sand(%) شن	0.459**	0.310**	-0.444**	0.651**	0.326**	0.430**	-0.225*	-0.212*	1	-0.963**	-0.857**	0.167	-0.197*
Clay(%) رس	-0.556**	-0.395**	0.490**	-0.686**	-0.394**	-0.497**	0.296**	0.324**	-0.963**	1	0.688**	-0.254**	0.274**
silt(%) سیلت	-0.173	-0.081	0.262**	-0.443**	-0.126	-0.207*	0.041	-0.048	-0.857**	0.688**	1	0.035	0.006
gravel سنگریزه	0.862**	0.826**	-0.188*	0.386**	0.889**	0.821**	-0.955**	-0.881**	0.167	-0.254**	0.035	1	-0.961**
yield($kg.ha^{-1}$) عملکرد	-0.842**	-0.752**	0.143	-0.346**	-0.855**	-0.795**	0.938**	0.900**	-0.197*	0.274**	0.006	-0.961**	1

**Correlation is significant at the 0.01 level.

*Correlation is significant at the 0.05 level.

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 مربع میانگین	F	Sig.
Regression رگرسیون	23385990180	7	3340855740	330.162	0.0001
Residual باقیمانده	1113073643	110	10118851.300		
Total مجموع	24499063820	117			

متغیرهای واکنش خاک، کربن آلی، شن، رس و سیلت وارد معادله نشدند که نتیجه مذکور قابل انتظار می‌باشد. چراکه متغیرهای وارد شده در معادله چند متغیره دارای بیشترین همبستگی با عملکرد بودند. ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای مستقل و عملکرد در جدول ۲ ارائه شده است. رابطه ۱، بهترین معادله رگرسیونی چندمتغیره را نشان می‌دهد که دارای ضریب تبیین حدود ۰/۹۵۵ و ضریب تبیین تعدیل شده ۰/۹۵ می‌باشد. مفهوم آن این است که متغیرهای وارد شده به مدل توانسته اند 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 می گیرد (۸). نتـایج تجزیه واریانس معادله چندمتغیره در جدول ۳ ارائه شـده است. با توجه به اینکه ارزشP value کمتر از ۰/۰۱ است، بنابراین با اطمینان ۹۹ درصـــد می توان گفت که رابطه مذکور دارای معنی داری اســـت و تجزیه واریانس و ایجاد معادله با دقت قابل قبول انجام شـــده اســـت. همچنین مقدار میانگین ریشـــه دوم خطای نرمال شده[1] ۰/۱۲۳ می‌باشد که دلالت بر دقت زیاد رابطه رگرسیون استخراج شده می‌باشد.

$$Y=418.3EC-372.5ESP-2.86CaCO_3+1751.8Gypsum+97.5K+229.6P-614.4Gravel+8081.6 \quad (۱)$$

تحلیل رگرسیون ساده

در تحلیـل رگرســـیون، امکان بررســـی تغییرات متغیر وابســـته پیش‌بینی و سـهم هر متغیر در تبیین متغیر وابسـته مشـخص می‌شود (۱۹). کاربرد اصـلی رگرسـیون سـاده در این بررسـی‌ها، درجه‌بندی خصـوصـیات اراضـی با عملکرد می باشد. رابطه رگرسیون تک متغیره برای همه خصـوصـیات مورد بررسی با عملکرد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و همه معادلات ممکن مانند خطی، لگاریتمی، نمایی، درجه دوم، توانی و سـایر معادلات، اسـتخراج شـدند. در نهایت معادله تک متغیره‌ای که دارای بیشترین مقدار ضریب همبستگی بود، انتخاب شد. بهترین معادلات به‌دسـت آمده برای هر یک از پارامترها، در جدول ۴ ارائه شـده اسـت. همچنین نمونه‌ای از این روابط مربوط به عملکرد و ویژگی‌های خاک در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول ۴- معادلات استخراج شده با بیشترین ضریب تبیین بین ویژگی‌های خاک و زمین و عملکرد

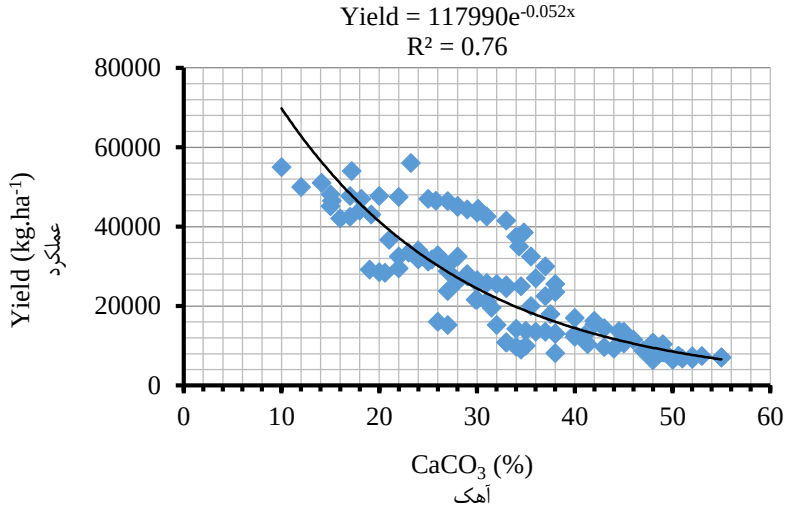
Table 4- The extracted equations with the highest coefficient of determination between soil and land propertiesand yield

Independent variable متغیر مستقل	Equation type نوع معادله	(R^2) ضریب تبیین	Equation معادله	Significance level سطح معنی‌داری
آهک $CaCO_3$	نمایی Exponential	0.76	$Yield = 117990e^{-0.052x}$	0.0001
گچ Gypsum	نمایی Exponential	0.77	$Yield = 45930x^{-0.793}$	0.0001
کربن‌آلی OC	توانی Power	0.05	$Yield = 22046x^{0.1602}$	0.014
اسیدیته خاک pH	درجه دوم Quadratic	0.19	$Yield = -15181x^2 + 227070x - 820069$	0.0001
شوری خاک EC	درجه سوم Cubic	0.85	$Yield = -34.175x^3 + 1054.5x^2 - 11990x + 59279$	0.0001
قلیائیت ESP	درجه سوم Cubic	0.78	$Yield = -6.0253x^3 + 357.76x^2 – 7453.2x + 65221$	0.0001
پتاسیم K. ava.	درجه سوم Cubic	0.96	$Yield = -0.0077x^3 + 5.8724x^2 – 1171.8x + 75985$	0.0001
فسفر P ava.	توانی Power	0.84	$Yield = 396.64x^{1.3278}$	0.0001
شن Sand	درجه سوم Cubic	0.64	$Yield = -0.038x^3 – 13.794x^2 + 1882.7x - 19523$	0.0001
رس Clay	درجه سوم Cubic	0.62	$Yield = -0.7214x^3 + 4.7959x^2 + 1792.3x – 799.39$	0.0001
سیلت Silt	درجه سوم Cubic	0.40	$Yield = 0.6736x^3 – 129.15x^2 + 3956x + 554.45$	0.0001
سنگریزه Gravel	درجه سوم Cubic	0.96	$Yield = 0.236x^3 – 6.3781x^2 – 1128.4x + 49461$	0.0001

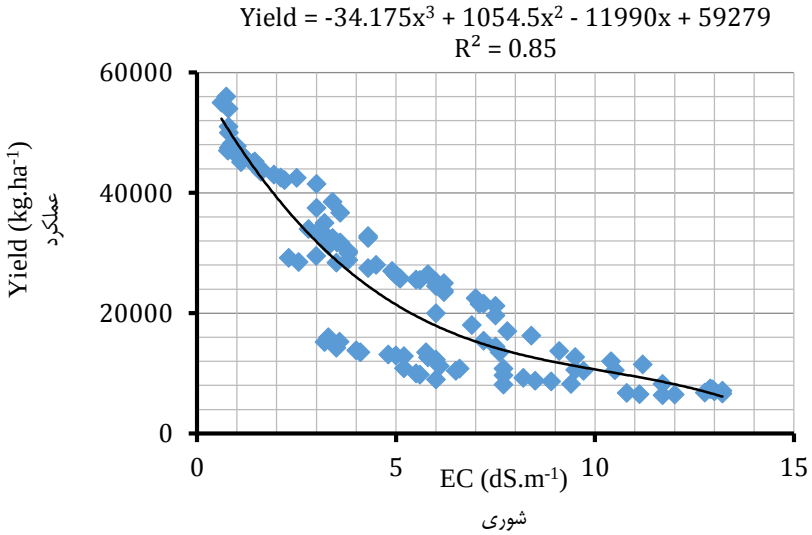
*در معادلات فوق x متغیر مستقل و Yield عملکرد پرتقال می‌باشد.

*In above equations, x is the independent variable and Yield is the yield of citrus.

1- Normalized root mean square error



شکل ۱- معادله نمایی بین مقدار عملکرد پرتقال و آهک خاک
Figure 1-Exponential equation between citrus yield and soil lime



شکل ۲- معادله درجه سه بین مقدار عملکرد پرتقال و شوری خاک
Figure 2- Cubic equation between citrus yield and soil EC

پس از استخراج معادلات تک متغیره و انتخاب مناسب‌ترین آن‌ها برای هر متغیر، جدول نیازمندی‌های خصوصیات خاک برای پرتقال در مناطق مورد مطالعه استخراج گردید که می تواند در محاسبات ارزیابی تناسب اراضی برای کشت این محصول مورد استفاده قرار گیرد. این جدول که بر پایه درجه‌بندی خصوصیات از ۱۰۰ تا صفر تهیه شده در جدول ۵ ارائه شده است.

حدود مجاز و بحرانی هر ویژگی خاک

با توجه به بررسی‌های آماری (رگرسیون چند متغیره و ساده) از جداول درجه‌بندی خصوصیات اراضی روابط رگرسیون و منحنی‌های عملکرد –متغیر، حدود مجاز[1] و بحرانی[2] برای ویژگی‌های مهم و موثر خاک بر رشد و عملکرد سر به سر[3] پرتقال به شرح جدول ۶، پیشنهاد می‌گردد.

1- Threshold limit
2- Critical level
3- Break even production

جدول ۵- نیازهای خاکی و زمین نما برای پرتقال

Table 5- Soil and land requirements for citrus (orange)

Characteristics خصوصیات	Class, degree of limitation and rating scale کلاس، درجه محدودیت و دامنه درجه‌بندی					
	S1		S2	S3	N1	N2
	0	1	2	3		4
	100	95	85 60	40	25	0
Topography (t) **توپوگرافی**						
Slope (%) شیب	0 - 3	3 - 5	5 - 9	9 - 15	15 - 18	> 18
Wetness (w) خیسی						
Flooding سیل‌گیری	F0		F1	F2	F3	F4
Drainage زهکشی	Well, Good	-	Moderate	Imperfect, Poor and Aeric	Poor but Drainable	Poor not Drainable, Very Poor
Physical soil Characteristics (s) **خصوصیات فیزیکی خاک**						
*Texture / Structure بافت/ساختمان	L, SiL, SL, SiCL	CL, Si, LfS	SCL, LS, SC, fS, SiCs	S, Co, C-60s	SiCm, C-60v, C+60s	Cm, C+60v
Coarse Fragment (%) ذرات درشت	0 - 5	5 - 15	15 - 35	35 - 55	55 - 65	> 65
Soil Depth (cm) عمق خاک	>150	150 - 110	110 - 90	90 - 70		< 70
$CaCO_3$ (%) آهک	0 - 5	5 - 20	20 - 35	35 - 50	50 - 55	> 55
Gypsum (%) گچ	0 - 2	2 - 5	5 - 8	8 - 12	> 12	
Soil fertility characteristics (f) **خصوصیات حاصلخیزی خاک**						
pH (H_2O) واکنش خاک	6.5 - 7.2 6.5 - 5.8	7.2 - 7.8 5.8 - 5.5	7.8 - 8.3 5.5 - 5.2	8.3 - 8.5 5.2 - 5	- < 5	> 8.5 -
Organic Carbon (%) کربن آلی	>1.5	1.5-1	1-0.6	<0.6		
Salinity & Alkalinity (n) **شوری و قلیائیت**						
EC ($dS.m^{-1}$) شوری	0 - 1.7	1.7 - 2.6	2.6 - 4.5	4.5 - 6.5	6.5 - 8	> 8
ESP (%) درصد سدیم تبادلی	0 - 3.6	3.6 - 5.2	5.2 - 8.5	8.5 - 12.5	12.5 - 16	> 16

*Cm: massive clay رس با ساختمان فشرده

SiCm: massive silty clay رس سیلتی با ساختمان فشرده

C+60v: very fine clay, vertisol structure رس خیلی ریز، ساختمان ورتی‌سول‌ها

C+60s: very fine clay, blocky structure رس خیلی ریز، ساختمان مکعبی

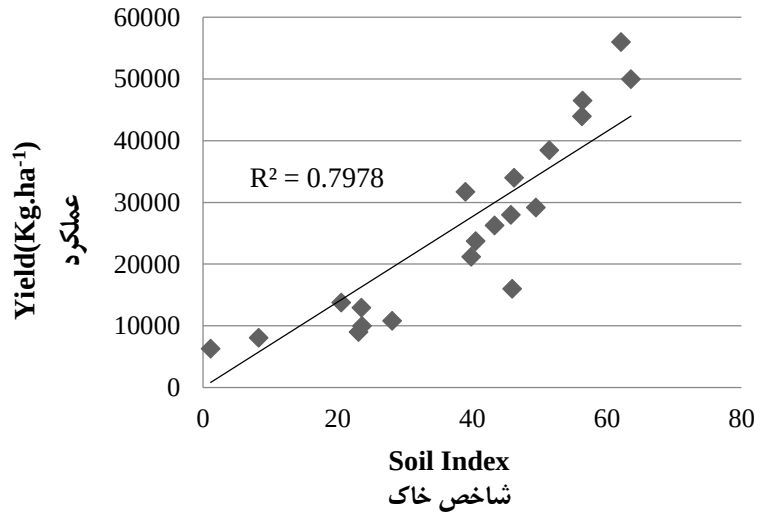
C-60v: clay, vertisol structure رس، ساختمان ورتی‌سول‌ها

C-60s: clay, blocky structure رس، ساختمان مکعبی

جدول ۶- حدود مجاز یا بحرانی برخی پارامترهای خاک برای پرتقال

Table 6- Permissible or critical limits of some soil parameters for citrus

Soil and land properties خصوصیات اراضی	Unit واحد	Permissible threshold / critical limit آستانه مجاز /حد بحرانی	Critical production تولید بحرانی (عملکرد سر به سر)
شوری خاک EC	$dS.m^{-1}$	حد مجاز :2.4 Permissible threshold: 2.4	8
قلیائیت ESP	–	حد مجاز: 5 Permissible threshold:5.0	12
گچ Gypsum	٪	حد مجاز: 1.5 Permissible threshold:1.5	9
آهک $CaCO_3$	٪	حد مجاز: 20 Permissible threshold:20	40
عمق خاک Soil depth	cm	حد بحرانی: 110 Critical limit:110	70
فسفر قابل دسترس $P_{ava.}$	$mg.kg^{-1}$	حد بحرانی: 22 Critical limit:22	–
پتاسیم قابل جذب $K_{ava.}$	$mg.kg^{-1}$	حد بحرانی: 280 Critical limit:280	–
عمق آب زیرزمینی Groundwater depth	m	2>	-



شکل ۳- رابطه میان شاخص خاک و مقدار عملکرد ۲۰ باغ پرتقال (مجموعه اعتبارسنجی)

Figure 3- Relationship between soil index and yield of 20 orange orchards (validation set)

صحت‌سنجی نتایج

نتایج صحت سنجی جدول نیازهای رویشی خاک و اراضی مستخرج از نتایج این پژوهش در شکل ۳ آمده است. رابطه رگرسیونی خطی بین عملکرد و شاخص خاک مقدار ضریب تبیین ۰/۷۹ را نشان می‌دهد که به مفهوم قابل اعتماد بودن درجه‌بندی خصوصیات اراضی و جدول تهیه شده در این پژوهش می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد خصوصیات اراضی اصلی محدودکننده تولید پرتقال در کشور، شور و سدیمی بودن خاک، آهک و گچ زیاد، خصوصیات فیزیکی نامناسب خاک و ویژگی‌های حاصلخیزی خاک است. از بین این ویژگی‌ها، شور و سدیمی‌بودن خاک، عامل اصلی و موثر در کنترل کاهش عملکرد است. لذا معرفی ارقام سازگار با این شرایط خاک بسیار ضروری بوده و اعمال مدیریت مناسب در این

خصوص و انجام عملیات اصلاحی و آبشویی برای اصلاح خاک‌ها با مقادیر نمک و سدیم بالا بسیار ضروری می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه مقدار آهک خاک در برخی مناطق تحت کشت پرتقال مانند استان‌های فارس و کرمان، بیش از حد مجاز برای پرتقال است، مدیریت تغذیه گیاهی و حاصلخیزی خاک برای خاک‌های آهکی در این استان‌ها باید مدنظر قرار گیرد. افزون‌بر این در مناطق مورد مطالعه، میانگین فسفر و پتاسیم قابل دسترس خاک کمتر از حد بحرانی برای پرتقال بود که باید در برنامه مدیریتی تغذیه و حاصلخیزی باغات مدنظر قرار گیرد. بر پایه نتایج، محدودیت‌های عمده اراضی تحت کشت پرتقال در برخی باغ‌های استان مازندران، خصوصیات فیزیکی خاک (بافت خاک)، در استان گیلان، بافت خاک و مقادیر پتاسیم و فسفر، در استان فارس، آهک، گچ، شوری و درصد سدیم تبادلی و ویژگی‌های حاصلخیزی (کربن آلی و فسفر)، در جنوب کرمان شوری و درصد سدیم تبادلی، مقدار آهک، گچ و کربن آلی و خصوصیات فیزیکی خاک و در کرمان نیز شوری و درصد سدیم تبادلی، گچ، کربن آلی، فسفر و پتاسیم می‌باشند.

با توجه به اینکه جدول نیازهای رویشی پیشنهادی بر مبنای خصوصیات اراضی مناطق تحت کشت پرتقال کشور تهیه و صحت سنجی شده است، بنابراین دقت لازم برای انجام مطالعات تناسب اراضی را دارد. این مطالعات برای انواع پرتقال و به ویژه ارقام کشت شده در مناطق شمال و جنوب، ضروری است. همچنین با توجه به محدودیت منابع تولید در اکثر مناطق تحت کشت پرتقال کشور، شناسایی باغ‌ها با عملکرد غیر اقتصادی، حذف یا تغییر کشت آن‌ها، لازم و ضروری می‌باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان از حمایت های موسسه تحقیقات خاک و آب برای به انجام رسیدن پروژه تحقیقاتی با شماره مصوب ۹۵۰۰۵-۹۴۵۲-۱۰-۱۰-۰۱۴، که این مقاله از آن استخراج شده است، صمیمانه تشکر می‌نمایند.

منابع

1. Asadi Kangarshahi A., Akhlaghi Amiri N., and Samar M. 2015. Possibility of Using Chlorosis Degree and Active Iron (Fe2+) to Assess the Tolerance of Some Citrus Rootstocks to Calcareous Soils. Iranian Journal of Soil Research 29(3): 296-284. (In Persian with English abstract)
2. Asadi Kangarshahi A., and Akhlaqi Amiri N. 2013. branch wilt, citrus deterioration and some environmental damage of citrus in East Mazandaran. Extension Technical Journal No. 01/217/92, Mazandaran Agricultural Jihad Organization.
3. Castle W.S., and Nunnallee J. 2009. Screening citrus rootstocks and related selections in soil and solution culture for tolerance to low-iron stress. HortScience 44: 638-645.
4. De Leão M.G., Marques Júnior J., Souza Z.M.D., Siqueira D.S., and Pereira G.T. 2011. Terrain forms and spatial variability of soil properties in an area cultivatedwith citrus. Engenharia Agrícola 31(4): 643-651.
5. Duan H., Qian H., and Du Y. 2010. Assessing the climate risk to citrus in subtropics of China. Acta Geographica Sinica 65(3): 301-312.
6. FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation. FAO Soils Bulletin No. 32. Rome.
7. FAO. 2018. Statistics Division (FAOSTAT).
8. Ghiasvand A. 2016. Application of statistics and SPSS software in data analysis. 4th Ed. Motefakkeran Publications. (In Persian)
9. Golein B., Rabiei V., Mirabbasi F., Fifaei R., and Halaji Sani M.F. 2016. Effect of Salinity Stress on Physiological and Biochemical Traits in Citrus Genotypes. Journal of Horticultural Science (Agricultural Science and Technology) 29(3): 416-425. (In Persian with English abstract)
10. Homaee M. 2001. Plants response to salinity. Publications of the National Irrigation and Drainage Committee of Iran. (In Persian)
11. Kosegarten H., Hoffman B., Rroco E., Grolig F., Gluesenkamp K., and Mengel K. 2004. Apoplastic pH and Fe^{III} reduction in young sunflower (*Helianthus annuus*) roots. Physiologia Plantarum 122: 95-106.
12. Mann K.K., Schumann A.W., and Obreza T.A. 2011. Delineating productivity zones in a citrus grove using citrus production, tree growth and temporally stable soil data. Precision Agriculture 12(4): 457-472.
13. Mann K.K., Schumann A.W., Obreza T.A., Harris W.G., and Shukla S. 2010. Spatial variability of soil physical properties affecting Florida citrus production. Soil Science 175(10): 487-499.
14. Ministry of Jihad Agriculture, Information and Communication Technology Center. 2018. Agricultural Statistics of 1396, Volume 3: Horticultural Products. (In Persian)
15. Mohammadi J. 2006. Pedometry: Classical Statistics. Volume One, Pelk Publications, Tehran. (In Persian)
16. Nawaz R., Abbasi N.A., Hafiz I.A., and Khalid A. 2020. Impact of climate variables on growth and development of Kinnow fruit (*Citrus nobilis* Lour x *Citrus deliciosa* Tenora) grown at different ecological zones under climate change scenario. Scientia Horticulturae 260, 108868.

17. Romheld V. 2000. The chlorosis paradox: Fe inactivation as a secondary event in chlorotic leaves of grape vine. Journal of Plant Nutrition 13: 1629-1643.
18. Schumann A.W. 2006. Nutrient management zones for citrus based on variation in soil properties and tree performance. Precision Agriculture 7(1): 45-63.
19. Soltani A.R. 2001. Probability and Statistics for Science and engineering. 2nd ed. Shiraz University Press. (In Persian)
20. Sys C., Van Ranst E., and Debaveye I.J. 1991. Land evaluation. Part I: principles in land evaluation and crop production calculations. General Administration for Development Cooperation, Agricultural Publication-No. 7, Brussels, Belgium, p 274.
21. Sys C., Van Ranst E., Debaveye I.J., and Beernaert F. 1993. Land evaluation. Part III: crop requirements. General Administration for Development Cooperation, Agricultural Publication-No. 7, Brussels, Belgium, p 199.
22. Tehrani M.M., Pasandideh M., and Davoodi M.H. 2011. Determining the distribution and recommendation of trace elements in irrigated lands of Gilan, Mazandaran, Hamedan, Kermanshah, West Azerbaijan and Isfahan provinces. Ministry of Jihad Agriculture, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Soil and Water Research Institute. Report No. 1618.
23. USDA. 2012. Field Book for Describing and Sampling Soils. Version 3, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
24. 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.
25. Zeinodini A. 2001. Qualitative and quantitative land evaluation studies for selected agricultural and horticultural crops in Bam region. Report No.8446, Soil and Water Research Institute.Tehran Iran.
26. Zeinodini A. 2011. Qualitatve land suitabiliy for important crops in Blook-pharyab plain, Kahnooj area. Report No.39208,Soil and Water Research Institute.
27. Zeinodini A., Toomanian N., Navidi M.N., Farajnia A., and Seyed Jalali A.R. 2019. Horticultural crops requirements. Soil and Water Research Institute. (In Persian)
28. Zeinodini A., and Ebrahimi F. 2014. Land quality studies of important agricultural and horticultural crops in Shahdad region, Kerman province. Proceedings of the First National Conference on Sustainable Management of Soil and Environmental Resources, Kerman, Iran.

Journal of Water and Soil
Vol. 35, No. 3, Jul.-Agu. 2021, p. 395-407

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۴۰۰، ص. ۴۰۷-۳۹۵

Effect of Soil Characteristics on Yield and Preparing the Crop Requirements Table of Oranges in Selected Areas of Iran

A. Zeinadini[1*]- M.N. Navidi[2]- A. Asadi Kangarshahi[3]- M. Eskandar[4]- S.A. Seyed Jalali[5]- A. Salmanpour[6]- J. Seyedmohammadi[7]- M. Ghasemi[8]- S.A. Ghaffarinejad[9]- Gh. Zareian[10]

Received: 25-01-2021
Accepted: 06-05-2021

Introduction: Iran is one of the most important countries in citrus (oranges) production. Citrus fruits are grown in different soils with a wide range of physical, chemical and fertility properties in the country, although some restrictions in the cultivated lands cause yield loss. In this regard, the present study was conducted to investigate the effect of physical, chemical and soil fertility characteristics on citrus yield in important areas under cultivation, the regression relationships of characteristics with yield, and the rating of soil and land parameters.

Materials and Methods: The 138 oranges orchards (118 orchards for rating and 20 orchards for validation) were selected in Fars, Mazanderan, Kerman and Guilan provinces. In each garden, a questionnaire was completed, a soil pedon was studied and soil samples were taken to carry out the appropriate physicochemical analyses. The selected soil and land characteristics were soil salinity (EC), exchangeable sodium percentage (ESP), pH, gypsum content, soil calcium carbonate (TNV), organic carbon (OC), clay, sand, silt, gravel, and soil available phosphorus and potassium contents. From the whole obtained data, 20 data were considered for validation purpose and the remaining data were used for modeling based on stepwise multivariate and simple regression methods. In these equations, the relationship between yield, as dependent variable, with soil and land characteristics, as independent variables, was investigated. Finally, land characteristics rating was obtained by the FAO method and the proposed crop requirements table was evaluated using the validation dataset.

Results and Discussion: The results of descriptive statistics analysis showed that the variance values for available potassium, sand, clay, gravel and TNV were high and for pH and OC and gypsum were negligible. Therefore, most soil properties have a wide range of variation which could be related to the fact that oranges are grown in a wide range of soil types. The value of TNV varied between 10 and 33.3%. The presence of carbonate in soil reduces the availability of macro- and micronutrient elements in direct and indirect manners. The average of EC in the studied orchards was 5.4 $dS.m^{-1}$. Minimum, maximum and average of ESP were 1.7, 28 and 10.7, respectively. The lowest and highest salinity and sodicity were observed in Mazandaran and Kerman soils, respectively. Maximum, minimum and average percentage of gypsum were 12, 0.36 and 3.54%, respectively. The highest amount of gypsum was observed in Bam and Shahdad regions of Kerman province and the lowest gypsum content was observed in Mazandaran and Guilan provinces. The soil pH varied from 6.63 to 8.8 with the average of 7.8. The soil OC values were between 0.05 and 3.53% and its average was 0.89%, showing the fact that the most studied soils were poor in organic matters. The average of soil available phosphorus and potassium in the studied orchards for citrus was less than the critical level. The average, minimum and maximum of available potassium were 224, 100 and 360 $mg.kg^{-1}$, respectively. The mean, minimum and maximum amounts of available phosphorus were 21.6, 8 and 45.9 $mg.kg^{-1}$, respectively. According to the multivariate regression model, among soil properties, EC, ESP, TNV, gypsum, gravel, available phosphorus and potassium were selected by the model. The determination coefficient of the model was 0.95, indicating that these properties have the greatest effect on citrus yield. Simple regression equations demonstrated that TNV, gypsum, EC, ESP, sand, clay, gravel, available

1, 2, 4, 5, 7 and 9- Assistant Professors, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: ali_zeinadin@yahoo.com)
3- Assistant Professor of Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran
6- Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khorram Abad, Iran
8- Assistant Professor, Genetic and Breeding Department, Citrus and Subtropical fruit research center, Horticulture Research Institute, Agricultural Research , Education & Extention Organization (AREEO), Ramsar, Iran
10- Assistant Professor, Fars Agricultural and Natural Resources, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Zarghan, Iran
DOI: 10.22067/jsw.2021.68421.1017

potassium and phosphorous had the highest correlation ($R^2 > 0.6$); and soil OC and pH had the lowest correlation ($R^2<0.2$) with yield. The equations also revealed that soil EC, ESP, gypsum, TNV and gravel percentage had the greatest effect in yield loss, and soil organic carbon, absorbed phosphorus and potassium had the greatest effect on increasing citrus yield. As stated in equations, reported permissible and critical thresholds for effective soil properties on citrus yield, were 2.4 $dS.m^{-1}$ for EC, 5 for ESP, 1.5% for gypsum, 20% for TNV, 22 $mg.kg^{-1}$ for available phosphorus, 280 $mg.kg^{-1}$ for available potassium, 110 cm for soil depth, and >2 m for groundwater level. Finally, evaluating the proposed crop requirements table with validation dataset fitted between citrus yield and soil index, resulted in the determination coefficient value of 0.79, denoting the acceptable accuracy of proposed table.

Conclusion: Overall results showed that the main land limiting characteristics for orange production were soil salinity and sodicity, high amount of soil calcium carbonate and gypsum. Among unsuitable physical and fertility properties of soil, salinity and sodicity are the most effective factors affecting yield reduction. Consequently, proper management practices such as introducing cultivars compatible with these soil conditions, soil remediation and leaching operations to reduce soil salinity and sodicity are necessary. Furthermore, in most areas under orange cultivation such as Fars and Kerman provinces, the soil calcium carbonate content is more than the critical level for plant growth. In addition, the averages of soil available phosphorus and potassium were less than the critical levels, which should be considered for nutrient management of orchards. The proposed table of crop requirements seems to be accurate enough to conduct land suitability studies for orange varieties, especially cultivars grown in the north and south of the country.

Keywords: Crop requirement, Cropping pattern, Citrus, Land suitability