

## تعیین نیازهای رویشی خاک و زمین نما برای پسته به منظور استفاده در ارزیابی

## تناسب اراضی

علی زین‌الدینی میمند<sup>۱\*</sup>، میرناصر نویدی<sup>۱</sup>، مهناز اسکندری<sup>۱</sup>، جواد سیدمحمدی<sup>۲</sup>، نورایر تومانیان<sup>۳</sup>،

سیدجواد حسینی فرد<sup>۴</sup>، اصغر فرج‌نیا<sup>۵</sup>، محمد قاسم‌زاده گنجه‌ای<sup>۶</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۰۸

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۲/۲۳

## چکیده

گام‌به‌گام بین عملکرد (متغیر وابسته) و ویژگی‌های مختلف خاک (متغیرهای مستقل)، بررسی شد. با برقراری روابط رگرسیون ساده بین ویژگی‌های موثر خاک بر عملکرد، درجه‌بندی ویژگی‌ها برای کلاس‌های مختلف تناسب اراضی تعیین شد. نتایج نشان داد پتاسیم قابل جذب، شوری، ESP، درصد شن و آهک، بیشترین و pH، کربن آلی و فسفر قابل جذب، کمترین دامنه تغییرات را داشتند. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که ورود متغیرهای شوری، ESP، گچ، آهک، سنگریزه، فسفر و پتاسیم قابل جذب به معادله معنی‌دار بودند ( $P < 0.01$ ). متغیرهای وارد شده به مدل رگرسیونی با  $NRMSE = 0.280$  توانستند ۷۵ درصد از

پسته یکی از مهم‌ترین و ارزآورترین محصولات باغی در ایران است که سازگاری آن با شرایط نامساعد محیطی به‌ویژه خشکی و شوری، سبب تولید روزافزون آن در کشور می‌باشد. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر مشخصه‌های خاک بر عملکرد پسته و درجه‌بندی آن‌ها برای انجام مطالعات ارزیابی تناسب اراضی است. برای این منظور، ۱۲۴ باغ پسته در استان‌های کرمان، فارس، خراسان رضوی، اصفهان و آذربایجان شرقی انتخاب شدند. در هر باغ، یک خاکرخ مطالعه و پرسش‌نامه کاربری اراضی تکمیل گردید. پس از تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی لازم، رگرسیون چندمتغیره به روش

<sup>۱</sup> استادیار پژوهشی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران  
\* نویسنده مسئول: ali\_zeinadin@yahoo.com

<sup>۲</sup> پژوهشگر موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

<sup>۳</sup> دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

<sup>۴</sup> استادیار پژوهشی پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران

<sup>۵</sup> مربی پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

<sup>۶</sup> استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

دنیای قرار دارد. بیشترین سطح زیرکشت و عمده‌ترین کشورهای تولیدکننده پسته در دنیا به ترتیب شامل ایران، آمریکا، ترکیه، سوریه و چین می‌باشند (FAO, 1976).

استان کرمان با مجموع بیش از ۲۱۲ هزار هکتار باغ‌های بارور و غیربارور، به طور متوسط ۵۲ درصد محصول کل کشور را تولید و به‌عنوان مهم‌ترین منطقه پسته‌کاری ایران و دنیا محسوب می‌شود. پس از آن، استان‌های خراسان رضوی، یزد، فارس و سمنان می‌باشند (بی‌نام، ۱۳۹۶). در سال‌های اخیر کشت پسته در اکثر نقاط کشور توسعه یافته و با به سرعت در حال گسترش است. دلیل این افزایش روزافزون و جایگزینی پسته توسط کشاورزان در اکثر استان‌های کشور را می‌توان به ارزش اقتصادی بالای تولید پسته و همچنین سازگاری آن با شرایط نامساعد محیطی به ویژه خشکی و شوری که برای تولید اقتصادی محصولات دیگری مناسب نیست، اشاره نمود (بی‌نام، ۱۳۹۶). توسعه بیش از حد کشت پسته در اکثر مناطق کشور به ویژه استان کرمان سبب استفاده از اراضی با پتانسیل کم یا نامناسب شده، که نتیجه آن کاهش عملکرد، تخریب اراضی و هدررفت منابع تولید و سرمایه است. بنابراین در برخی نقاط، باغات پسته عملکرد مطلوبی نداشته و درآمد حاصل، اقتصادی نبوده که در نهایت، پس از مدت اندکی این باغات به حال خود رها می‌شوند (اسماعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۰؛ زین‌الدینی میمند، ۱۳۹۲).

واریانس مربوط به متغیر وابسته (عملکرد) را تعیین نمایند. در روابط رگرسیون ساده، شوری، ESP، گچ، آهک و سنگریزه، اثر کاهشی و کربن‌آلی، فسفر و پتاسیم قابل جذب اثر افزایشی بر عملکرد داشتند. صحت‌سنجی درجه‌بندی‌های انجام‌شده برای متغیرهای خاک با  $R^2=0/82$  و  $NRMSE=0/224$  نشان‌دهنده دقت قابل قبول جدول پیشنهادی می‌باشد که می‌تواند با اطمینان در ارزیابی تناسب اراضی مورد استفاده قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** پسته، تناسب اراضی، عملکرد، نیاز خاکی

#### مقدمه

پسته با نام علمی *Pistacia vera L* از جنس *Pistacia* و متعلق به خانواده *Anacardiaceae* است. این خانواده دارای ۸۳ جنس و حدود ۸۶۰ گونه شناخته شده می‌باشد (تاج‌آبادی‌پور و همکاران، ۱۳۹۳). سیستم ریشه‌زائی عمقی، درخت را قادر می‌سازد تا به اعماق خاک نفوذ کرده و از آب و عناصر غذایی به خوبی تغذیه نماید. از این رو درختان پسته قابلیت سازش با دوره‌های طولانی خشکسالی را دارند (Ozden-Tokatli et al., 2010). پسته با نام ایران در آمیخته و تولید آن در کشور ما سابقه تاریخی و طولانی دارد. در حال حاضر، کشور ایران با داشتن بیش از ۳۵۹ هزار هکتار باغات بارور و ۹۸ هزار هکتار باغات غیربارور پسته در رتبه اول

رفسنجان نشان داد که علت اصلی تفاوت در کیفیت و عملکرد پسته، شوری و درصد رس زیاد در خاک‌های منطقه بوده و همچنین درصد خندانی، شاخص رشد و محیط تنه با درصد رس همبستگی منفی و معنی‌دار دارند.

بررسی‌های حسینی‌فرد و همکاران (۱۳۹۰)، در خصوص تأثیر آبیاری و مدیریت بر ویژگی‌های خاک‌های تحت کشت پسته نشان داد که آبیاری بلندمدت سبب کاهش شوری و نسبت جذب سدیم، افزایش شستشوی گچ، ظرفیت تبادل خاک و بخش رس، ماده آلی و بهبود ساختمان به ویژه در باغ‌های پسته ۴۰ ساله نسبت به اراضی بکر شده است. به طوری که تغییرات ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و مورفولوژیکی خاک، باعث ایجاد تغییراتی در افق‌های ژنتیکی خاک شده، که اغلب خاک‌ها با افق سالیک به خاک‌هایی با افق کمبیک تبدیل شده‌اند. بر اساس بررسی‌های انجام شده توسط *Tavallaei et al.* (۲۰۰۹)، صمدی (۱۳۸۰) و سجادی و همکاران (۱۳۹۱) در خصوص تأثیر شوری خاک بر عملکرد پسته، مشخص شد که این ویژگی تا حدود ۸ دسی‌زیمنس بر متر تأثیر چندانی بر عملکرد پسته ندارد، لیکن تا حدود ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، باعث افت عملکرد می‌شود ولی پسته‌کاری قابل توجیه است و در نهایت اینکه در شوری ۱۸ دسی‌زیمنس بر متر، درصد کاهش محصول بسیار بوده و تنها درخت همچنان زنده می‌ماند. پژوهشی توسط زین‌الدینی میمند (۱۳۹۲)

آماده‌سازی زمین، کشت و نگهداری باغات پسته تا مرحله ثمردهی نیاز به سرمایه‌گذاری نسبتاً زیادی دارد. بنابراین منطقی است که قبل از احداث باغ، بررسی‌های اقلیمی و اراضی انجام شود و انجام این مهم با مطالعات تناسب اراضی ممکن خواهد بود (زین‌الدینی میمند، ۱۳۹۲). لازمه انجام مطالعات ارزیابی تناسب اراضی، تهیه جدول نیازهای رویشی (خاک و اقلیم) در سطح ملی است. متأسفانه جداول مزبور برای اکثر گیاهان باغی تهیه نشده است و یا در صورت داشتن سابقه، محلی بوده و در سطح ملی نیست. بنابراین، برای عموم باغداران در سراسر کشور قابل استفاده نمی‌باشند. به عنوان نمونه، زین‌الدینی میمند و همکاران (۱۳۹۳) و (۱۳۹۶) و زین‌الدینی میمند و ابراهیمی میمند (۱۳۹۳)، پژوهش‌هایی در زمینه پیدایش، رده‌بندی و اثر ویژگی‌های اراضی بر کشت پسته در استان کرمان انجام دادند. نتایج نشان داد که خاک‌های بررسی شده عمدتاً دارای افق‌های مشخصه سالیک، جیپسیک و کلسیک بوده که بیشترین تأثیر منفی بر عملکرد پسته را شوری و سدیمی بودن خاک، مقدار گچ و آهک دارد. *Hosseinfard et al.* (۲۰۰۵) در تحقیقی بیان کردند که مقدار سنگریزه زیاد، گچ، SAR، EC و مقدار رس زیاد در منطقه انار رفسنجان از عوامل محدودکننده برای رشد پسته می‌باشند. حیدری (۱۳۸۵)، در تحقیقی در ارتباط با ویژگی‌های مختلف خاک و ارتباط آن با رشد مطلوب یا نامطلوب درختان پسته در منطقه

ایشان، ساختمان توده‌ای، وجود گچ و آهک ثانویه در افق‌های سطحی خاک، بافت سنگین و شوری زیاد از عوامل اصلی محدودکننده رشد و کاهش عملکرد در باغ‌های پسته منطقه مورد مطالعه می‌باشد. صالحی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند علل اصلی تفاوت در عملکرد، کیفیت و رشد ظاهری درختان پسته، عوامل شوری، مقدار بور و درصد رس زیاد در خاک‌های منطقه انار رفسنجان می‌باشند که خود ناشی از تأثیر پارامترهایی مثل رسوبات آبرفتی و گاه‌آبادرفتی و همچنین تأثیر عواملی همانند بافت خاک بر تجمع املاح و عناصر است. همچنین Salehi & Hosseini-fard (۲۰۱۲) با مطالعه برخی از باغات پسته در رفسنجان که دارای مدیریت یکنواخت بودند، مقدار شوری خاک و درصد رس را از مهمترین ویژگی‌های مؤثر بر عملکرد پسته عنوان کردند. پورمحمدعلی و همکاران (۱۳۹۶ و ۲۰۱۹) مهمترین عوامل محدودکننده عملکرد پسته در باغات رفسنجان و انار را شوری خاک، درصد شن، غلظت منیزیم و سدیم محلول خاک گزارش کرده‌اند (پورمحمدعلی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Pourmohammadali *et al.*, 2019). Esfandiarpour- Borujeni *et al.* (۲۰۱۸) عوامل مؤثر در عملکرد پسته را در ۱۴۲ باغ در منطقه رفسنجان مورد بررسی قرار دادند، نتایج مشخص کرد که مقدار آب آبیاری، فسفر برگ، منیزیم محلول خاک، شوری خاک و مقدار ازت برگ مهمترین ویژگی‌های تأثیرگذار در عملکرد پسته

به‌منظور بررسی خصوصیات اراضی، تأثیر ویژگی‌های مهم و موثر خاک بر عملکرد، درجه‌بندی ویژگی‌ها و تهیه جدول نیازهای رویشی برای پسته در باغات استان کرمان، انجام شده است. در این پژوهش، ۷۸ باغ متمرکز در مناطق کرمان، سیرجان، زرنند، رفسنجان، شهربابک و انار انتخاب گردید. در هر باغ یک خاک‌رخ حفر، تشریح و نمونه‌برداری شد. برای هر باغ پرسشنامه عملکردی-مدیریتی تکمیل گردید. سپس با استفاده از رگرسیون چند متغیره و ساده بر مبنای روش تناسب اراضی فائو، درجه‌بندی ویژگی‌های اراضی انجام شد. در نهایت جداول نیازهای رویشی برای پسته پیشنهاد گردید که در سطح استان کرمان از دقت قابل قبولی برخوردار است. پژوهش‌های مشابهی در باغات پسته استان خراسان رضوی در منطقه مهولات که در فیزیوگرافی‌های مختلف قرار گرفته و خاک‌شان عمدتاً دارای افق‌های مشخصه کمبیک، جیپسیک و سالیک بوده، انجام شده است (قاسم‌زاده گنجه‌ای، ۱۳۹۵؛ Ghasemzadeh Ganjehie *et al.*, 2018). این پژوهش‌ها نشان دادند که کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل جذب بر عملکرد پسته اثر مثبت و شوری و قلیائیت و گچ تأثیر منفی دارند.

مطالعات نقوی (۱۳۷۵)، نشان داد که باغ‌های پسته منطقه رفسنجان که دارای خاک عمیق و بافت متوسط متمایل به سبک هستند، رشد درخت پسته در آن‌ها بهتر و عملکرد آن بالاتر است. بر اساس نتایج

می‌باشد. این پژوهش‌ها از نقطه نظر محلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند و می‌توانند راهنمایی برای باغداران مناطق مورد نظر باشند. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی ویژگی‌های اراضی مناطق مهم تحت کشت پسته در سطح کشور، تجزیه و تحلیل آماری آن‌ها با عملکرد، مطالعات رگرسیون چندمتغیره و ساده و در نهایت تهیه جدول درجه‌بندی ویژگی‌های اراضی (جدول نیازهای رویشی) برای پسته انجام شد. این جدول که در مطالعات ارزیابی تناسب اراضی به روش FAO (۱۹۷۶) کاربرد دارد، می‌تواند راهنمایی کارگشا برای تمام مناطق پسته‌کاری و مناطق رو به توسعه کشت پسته در کشور باشد.

## مواد و روش‌ها

### الف- نحوه انتخاب باغات و نمونه‌برداری

برای دستیابی به اهداف این پژوهش، سعی شد که باغات انتخابی دارای مدیریت تقریباً مشابه در سطح متوسط و از لحاظ استفاده از نهاده‌ها، وضعیتی متوسط داشته باشند. روش آبیاری در باغات، غرقابی، درختان باغ مثمر و تقریباً هم سن باشند. با در نظر گرفتن این شرایط، تعداد ۱۲۴ باغ در استان‌های کرمان، خراسان رضوی، اصفهان، فارس و آذربایجان شرقی انتخاب شدند. خاک‌رخ‌ها در باغاتی که از نظر عملکرد متنوع و طیف وسیعی از خاک‌ها را شامل شوند، حفر شدند. همچنین نقاط مطالعاتی به نحوی انتخاب شدند که اثر

سایر عوامل مانند مدیریت، اقلیم و سن درخت تا حد ممکن برای تمام باغات، تقریباً مشابه باشد. بدین ترتیب می‌توان اثر خصوصیات اراضی را بر عملکرد پسته، تجزیه و تحلیل آماری و سپس درجه‌بندی نمود. بدون‌های انتخابی بر اساس راهنمای تشریح و نمونه‌برداری خاک سرویس حفاظت خاک آمریکا (USDA, 2012) تشریح و از هر افق نمونه‌برداری خاک انجام و به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌های خاک برداشت شده بر پایه روش‌های استاندارد تجزیه شدند (USDA, 2014). برای هر باغ پرسشنامه مخصوص کاربری اراضی تهیه شد. در این پرسشنامه اطلاعاتی همچون موقعیت جغرافیایی، مقدار عملکرد، دور آبیاری، هزینه‌های متغیر و ثابت در یک سال زراعی (شخم و دیسک، کوددهی، سم پاشی، آبیاری، هرس، برداشت محصول، هزینه، کارگری و ...) ثبت گردید.

### ب- تجزیه و تحلیل آماری و تدوین جدول

در این تحقیق به منظور مطالعه اثرات ویژگی‌های مختلف خاک و اراضی بر عملکرد پسته و بررسی نقش پارامترها با یکدیگر و یا مستقل از هم، از تجزیه و تحلیل آماری و روابط رگرسیونی چندمتغیره و ساده استفاده شد. نخست در صورت نیاز برای برخی پارامترها نظیر شوری، درصد رس، شن، گچ و آهک، میانگین وزنی با شاخص تصحیح عمق محاسبه گردید (Sys et al., 1991) بر این اساس پایگاه داده‌ها تشکیل شد و برای هر خاک‌رخ، مشخصات خاک مانند شوری

اساس رگرسیون چندمتغیره) و بررسی رگرسیون ساده بین عملکرد و هر ویژگی اراضی، منحنی بین عملکرد با ویژگی‌های اراضی بر اساس بهترین معادله رگرسیونی ساده به صورت مجزا ترسیم گردید. بر روی محور عملکرد نقاط ۸۵، ۶۰، ۴۰ و ۲۵ درصد عملکرد حداکثر مشخص و به منحنی متصل شد. از محل تلاقی نقاط به منحنی، به محور پارامتر مورد نظر (محور x) مانند شوری خاک، ESP و ... عمود شد. محل تلاقی خط از منحنی به محور ویژگی از ۸۵ درصد عملکرد نشان دهنده مقدار پارامتر مربوط به مرز S1 و S2، از ۶۰ درصد عملکرد، نشان دهنده مرز S2 و S3، ۴۰ درصد عملکرد (عملکرد سر به سر)، مرز S3 و N1 و در نهایت، ۲۵ درصد عملکرد، تعیین کننده مرز N1 و N2 بود.

برای تعیین حدود مربوط به مرز کلاس‌ها در مورد ویژگی‌هایی از اراضی که با بررسی آماری امکان درجه‌بندی آن‌ها وجود نداشت، همچنین در مورد پارامترهایی مانند سطح آب زیرزمینی و عمق خاک، بر اساس مقادیر بهینه آن‌ها برای محصول پسته بر پایه منابع معتبر (زین‌الدینی میمند، ۱۳۹۲؛ قاسم‌زاده گنجه‌ای، ۱۳۹۵؛ *Ghasemzadeh Ganjehie et al.*, 2018)، بررسی‌های میدانی، مطالعات صحرایی و بررسی دقیق کارت‌های تشریح پروفیل درجه‌بندی انجام شد. دلیل این امر، کم بودن دامنه تغییرات آن ویژگی‌ها و تغییرپذیری‌شان در خاک‌های مورد مطالعه بود. بدین ترتیب، جدول نیازهای ویژگی‌های خاک و اراضی برای

خاک، اسیددینه، رس، شن، سیلت، گچ، آهک، سنگریزه سطحی و عمقی، فسفر و پتاسیم قابل جذب و نسبت جذب سدیم به عنوان متغیرهای مستقل و عملکرد به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. تمام تجزیه و تحلی‌ل‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام گرفت. به منظور پردازش داده‌های خاک، شاخص‌های آماری ویژگی‌های خاک مانند میانگین، مد، میانه، حداکثر و حداقل، واریانس، انحراف معیار، ضرایب چولگی و کشیدگی بررسی شدند (محمدی، ۱۳۸۵).

سپس، توزیع نرمال بودن داده‌ها با استفاده از ضرایب چولگی و کشیدگی انجام شد. همچنین برای مشخص شدن مقدار و نوع ارتباط عملکرد با ویژگی‌های خاک، از ضریب همبستگی و رگرسیون چندمتغیره استفاده شد. پس از مشخص شدن پارامترها در رگرسیون چندمتغیره، درجه‌بندی ویژگی‌های اراضی برای تهیه جدول نیازهای رویشی پسته، از روابط رگرسیون ساده بین هر متغیر با عملکرد استفاده شد. مناسب‌ترین روابط با توجه به بالاترین ضریب همبستگی، تعیین گردید. همانطور که قبلاً نیز ذکر شد، مبنای درجه‌بندی ویژگی‌های اراضی، راهنمای ارزیابی اراضی برای نباتات خاص FAO (۱۹۷۶) و روش پیشنهادی *Sys et al.* (۱۹۹۱) بود. بنابراین، مرز کلاس‌های مختلف تناسب اراضی در جدول پیشنهادی، مطابق با جداول *Sys et al.* (۱۹۹۱) بود. بدین صورت که پس از مشخص شدن ویژگی‌های اراضی مهم و مؤثر بر عملکرد پسته (بر

نیز باعث اثر منفی در عملکرد خواهد بود. در خاک‌های آهکی به دلیل ظرفیت بالای تثبیت عناصر، قابلیت جذب فسفر و عناصر کم مصرف به ویژه آهن و روی بسیار پایین می‌باشد (Adibfar et al., 2012; Agar, 2012). کلسیم محلول در خاک البته به دلیل اثر کاهش که در نسبت جذبی سدیم دارد دارای تاثیر مثبت روی عملکرد پسته می‌باشد، بنابراین می‌توان گفت که کلسیم نقش مهمی در تغذیه گیاه پسته دارد (Pourmohammadali et al., 2019).

شوری خاک در خاک‌های مورد مطالعه از ۱۸/۲ تا ۷۵ دسی‌زی‌منس بر متر متغیر است. میانگین این خصوصیت در اراضی مورد بررسی ۱۷/۶ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. میانگین، کمینه و بیشینه مقدار درصد سدیم قابل تبادل در خاک‌های مطالعه شده، به ترتیب ۲۸، ۵ و ۸۸ درصد می‌باشد. دامنه تغییرات این ویژگی نسبت به سایر ویژگی‌های اراضی، گسترده‌تر بوده و میانگین شوری خاک و درصد سدیم قابل تبادل در خاک‌های مورد بررسی، بیش از حد مجاز برای پسته می‌باشند (زین‌الدینی میمند، ۱۳۹۲). محدودیت این دو ویژگی، تقریباً در اکثر باغات پسته استان‌های بررسی شده، مشاهده می‌شود (جدول ۱). شوری خاک به دلیل تأثیر آن روی فشار اسمزی محلول خاک، جذب عناصر غذایی توسط گیاه را با مشکل مواجه کرده و باعث کاهش عملکرد می‌شود. همچنین در خاک‌های با شوری زیاد، مشکل سمیت برخی عناصر مانند سدیم، منیزیم

پسته در مناطق مورد مطالعه استخراج شد که می‌تواند در محاسبات ارزیابی تناسب اراضی برای کشت این محصول مورد استفاده قرار گیرد.

راستی‌آزمایی جدول تدوین شده برای نیازهای رویشی خاک و اراضی پسته به کمک داده‌های موجود از ۴۱ خاک‌رخ جدید انجام شد که در تهیه جدول به کار نرفته بود. استخراج و طبقه‌بندی تناسب اراضی برای صحت‌سنجی، به روش پارامتریک ریشه دوم انجام گرفت (Sys et al., 1991). سپس عملکردهای واقعی با شاخص خاک مقایسه و رابطه رگرسیون ساده میان آن‌ها بررسی و تحلیل شد.

## نتایج و بحث

بررسی نتایج آمار توصیفی ویژگی‌های اراضی در باغات پسته انتخابی کشور در جدول ۱ ارائه شده است. برپایه این جدول، دامنه تغییرات آهک زیاد بوده و مقادیر کمینه، بیشینه و میانگین به ترتیب ۸، ۵۲ و ۲۷ درصد می‌باشند. بیشترین مقدار آهک مربوط به اصفهان و کمترین، متعلق به استان خراسان رضوی است. بیشینه، کمینه و میانگین گچ به ترتیب ۲۷، صفر و ۸۵/۵ درصد بود. عمده اراضی گچی تحت کشت پسته، در استان کرمان قرار دارند. مقدار گچ و آهک خاک رابطه منفی با عملکرد پسته در باغات مورد بررسی داشتند. با توجه به اینکه با افزایش شوری مقدار املاح محلول خاک افزایش می‌یابد افزایش مقدار زیاد کلسیم خاک

(Najafi-Ghiri & Jaberi, 2013; ) و بور وجود داشته که باعث کاهش عملکرد می‌شود (Salehi & Hosseinifard, ۱۳۸۸؛) مقدار زیاد سدیم تبادل در خاک به دلیل تاثیر مخرب آن بر پایداری ساختمان خاک باعث کاهش نفوذپذیری و تهویه خاک می‌شود (Sposito, 2016). آبشویی پاییز/ زمستان همراه با به کارگیری اصلاح‌کننده‌های مناسبی مانند گچ به عنوان یک روش مدیریتی مؤثر در این زمینه توصیه می‌شود (Yazdanpanah *et al.*, 2013).

نکته قابل توجه این است که بافت خاک غالب باغات پسته استان‌های کرمان، اصفهان و خراسان رضوی، سبک و متوسط و بافت‌های سنگین‌تر بیشتر در مناطقی از استان فارس و آذربایجان شرقی قرار دارند. بافت خاک و اجزاء آن از عوامل مهم و تأثیرگذار روی عملکرد می‌باشند به طوری که با افزایش درصد رس در خاک، مقدار عملکرد کاهش یافته و برعکس افزایش مقدار شن (تا حدی) باعث افزایش عملکرد می‌شود. دلیل این مسئله به کاهش نفوذپذیری خاک، سفت شدن و کاهش تهویه و نفوذ ریشه‌ها در اثر افزایش مقدار رس بر می‌گردد، همچنین ترکیب کانی‌های خاک و مقدار سیلت خاک می‌تواند حاصلخیزی و دسترسی رطوبت خاک را تحت تاثیر قرار دهد. البته بایستی به این نکته هم توجه داشت که مقدار رس در خاک به دلیل اثر مثبت آن در ظرفیت نگهداری آب خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی تا حدی مطلوب می‌باشد

(Pourmohammadali *et al.*, 2019). واکنش خاک در اراضی بررسی شده از ۷ تا ۸/۷ متغیر و میانگین آن، ۷/۸ گزارش شده است. مقدار زیاد اسیدپته خاک باعث برهم خوردن تعادل تغذیه‌ای گیاه شده و کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت (Sposito, 2016). میانگین، کمینه و بیشینه پتاسیم قابل جذب به ترتیب ۲۲۰، ۹۲ و ۳۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. میانگین پتاسیم خاک در باغات پسته بررسی شده از حد بحرانی آن برای درخت پسته کمتر می‌باشد (زین‌الدینی میمند، ۱۳۹۲). پتاسیم به عنوان یکی از عناصر پرمصرف و ضروری برای گیاه، در فرآیندهای زیستی متعددی از جمله فعال‌سازی بس‌یاری از آنزیم‌ها، فتوسنتز، باز و بسته شدن روزنه‌ها (تبخیر و تعرق)، تقسیم سلولی و افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی، شیوع بیماری و آفت نقش قابل ملاحظه‌ای دارد (پورمحمدعلی و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین میانگین، کمینه و بیشینه فسفر قابل جذب به ترتیب ۱۲/۸، ۴ و ۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. میانگین فسفر خاک در باغات بررسی شده برای پسته از حدود بحرانی کمتر است (زین‌الدینی میمند، ۱۳۹۲). فسفر به دلیل نقش مهم و حیاتی آن در انتقال انرژی، انتقال اطلاعات وراثتی، تشکیل فسفولیپیدها و استحکام غشای سلولی از عناصر مورد نیاز و کلیدی گیاه پسته می‌باشد (فکری و قرنجیک، ۱۳۹۴؛ Oosterhuis *et al.*, 2005). با توجه به



جمع‌آوری داده‌ها از مناطق مختلف با عملکردهای کاملاً متفاوت، ضریب تغییرات عملکرد پسته زیاد است. این مسأله دلیل زیاد بودن آماره CV در سایر متغیرها نیز هست، مثلاً به دلیل پراکنش زیاد نمونه‌ها و آبیاری با آب نامناسب در برخی مناطق، آماره ضریب تغییرات در EC و ESP نیز زیاد است (زین‌الدینی میمند، ۱۳۹۲) (جدول ۱).

نتایج ورود متغیرهای شوری، سدیمی بودن، واکنش خاک، گچ، آهک، شن، سیلت، رس، کربن آلی، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و سنگریزه به‌عنوان متغیر مستقل و عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته در رگرسیون چندمتغیره به روش گام‌به‌گام (stepwise) نشان داد که از میان متغیرهای مستقل، به‌ترتیب ورود شوری، ESP، گچ، آهک، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و سنگریزه به معادله، معنی‌دار است. چرا که متغیرهای وارد شده در معادله چندمتغیره دارای بیشترین همبستگی با عملکرد بودند. متغیرهای pH خاک و مقدار کربن آلی، وارد معادله نشده‌اند که نتیجه مذکور قابل انتظار می‌باشد. رابطه ۱، بهترین معادله رگرسیونی چندمتغیره به روش گام به گام را نشان می‌دهد. معادله مذکور دارای ضریب تبیین ( $R^2$ ) حدود ۰/۷۵ (ضریب تبیین تعدیل یافته ۰/۷۳) و مقدار میانگین ریشه دوم خطای نرمال شده (Normalized Root Mean Square Error, NRMSE) ۰/۲۸۰ می‌باشد. مفهوم آن این است که متغیرهای وارد شده به

غیرمتحرک شدن این عنصر حیاتی در خاک‌های آهکی، به کارگیری کودهای فسفره همراه با کودهای آلی به دلیل معدنی شدن فسفر و محدود شدن مکان‌های فعال جذب خاک توسط اسیدهای آلی، باعث افزایش راندمان جذب آن توسط گیاه پسته شده و عملکرد زیاد می‌شود (El-Baruni & Olsen, 1979; Wandruszka, 2006).

در متغیرهای مطالعه شده، واکنش خاک، درصد کربن آلی و فسفر قابل جذب، در یک دامنه کم پراکنده هستند (جدول ۱). بررسی مقدار واریانس متغیرهای مورد مطالعه نشان می‌دهد که واریانس برای شوری، درصد سدیم قابل تبادل، پتاسیم و شن، زیاد و برای واکنش خاک و کربن آلی، ناچیز می‌باشد. بنابراین اکثر داده‌ها دارای گستردگی زیادی هستند (جدول ۱).

بررسی داده‌ها نشان می‌دهد از نظر مقادیر ضرایب چولگی و کشیدگی، داده‌ها نرمال می‌باشند. بیشترین مقدار ضریب کشیدگی مربوط به شوری و کربن آلی خاک است. بررسی نتایج، داده‌ها و مطالعات میدانی مشخص نمود برگرداندن بقایای گیاهی، کشت ترکیبی و اضافه شدن کود حیوانی در باغات پسته به‌ویژه در استان فارس، باعث افزایش مقدار کربن آلی در خاک‌ها شده است. همین موضوع دلیل اصلی افزایش مقدار کشیدگی برای این ویژگی خاک است. مقادیر شوری در برخی نقاط استان‌های فارس و کرمان بیشتر بوده که باعث افزایش مقدار ضریب کشیدگی برای این ویژگی شده است. همانطور که مشاهده می‌شود به دلیل

مدل توانسته‌اند حدود ۷۵ 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 (غیاثوند، ۱۳۹۱). با توجه به این که ارزش P value کمتر از ۰/۰۱ است، بنابراین با اطمینان ۹۹ درصد می‌توان گفت که رابطه مذکور (رابطه ۱) در این سطح معنی‌دار است و تجزیه واریانس و ایجاد معادله با دقت قابل قبول انجام شده است. مقادیر ضریب تبیین و میانگین ریشه دوم خطای نرمال شده با استفاده از روابط ۲ و ۳ محاسبه شدند. جدول ۲ تجزیه واریانس رابطه رگرسیون چندمتغیره بین عملکرد و متغیرهای مستقل (رابطه ۱) را نشان می‌دهد.

رابطه ۱-

$$\begin{aligned} Yield = & 19.2EC - 28.5ESP - 1.56CaCO_3 \\ & - 11.03Gypsum + 1.36K \\ & + 56.4P - 4.21Gravel \\ & + 756.4 \end{aligned}$$

رابطه ۲-

$$R^2 = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \right]$$

رابطه ۳-

$$NRMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / n}{\bar{y}_i}}$$

در روابط ۲ و ۳،  $y_i$  مقدار عملکرد واقعی،  $\bar{y}_i$  مقدار متوسط عملکرد واقعی،  $\hat{y}_i$  مقدار عملکرد پیش‌بینی شده و  $n$  تعداد کل نمونه مورد بررسی می‌باشد.

همانطور که قبلاً ذکر شد رابطه رگرسیون تک متغیره برای همه ویژگی‌های مورد بررسی با عملکرد با بررسی تمام معادلات ممکن (خطی، لگاریتمی، نمایی، درجه دوم، توانی و سایر معادلات)، استخراج شدند. بهترین روابط با بیشترین مقدار ضریب همبستگی برای هر یک از پارامترها، در جدول ۳ ارائه شده است.

حدود یا مرز بین کلاس‌های تناسب اراضی به کمک روابط ارائه شده در جدول ۳، تعیین شد. مقادیر نیازهای رویشی خاک و اراضی بدست آمده برای کشت پسته در مناطق مورد مطالعه، در جدول ۴ ارائه شده است.

نتایج راستی‌آزمایی جدول نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما پیشنهادی برای پسته (جدول ۴)، به کمک داده‌های ۴۱ خاکرخ جدید در شکل ۱ ارائه شده است. این نمودار، با استفاده از شاخص خاک محاسبه شده هر یک از خاکرخ‌ها به روش ریشه دوم در مقابل عملکرد گزارش شده باغ پسته‌ای که خاکرخ در آن قرار گرفته، به دست آمده است. مقدار ضریب تبیین بین عملکرد و شاخص خاک، ۰/۸۲ بدست آمد و همچنین میانگین ریشه دوم خطای نرمال شده بین عملکرد

جدول ۱- آماره‌های توصیفی داده‌های ویژگی‌های خاک و عملکرد.

آماره	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	pH	EC (dSm <sup>-1</sup> )	ESP (%)	کربنات کلسیم معادل (%)	گچ (%)	OC (%)	پتاسیم (mgKg <sup>-1</sup> )	فسفر (mgKg <sup>-1</sup> )	شن (%)	رس (%)	سیلت (%)	سنگریزه (%)
میانگین	۱۱۴۶/۳۳	۷/۸۴	۱۷/۶۵	۲۸/۸۴	۲۶/۷۳	۵/۸۵	۰/۳۸	۲۲۰/۲۹	۱۲/۷۹	۵۳/۸۵	۲۱/۴۰	۲۴/۵۹	۱۰/۵۶
میانه	۱۰۵۰/۰۰	۷/۸۵	۱۲/۷۰	۲۵/۲۰	۲۶/۰۰	۳/۰۰	۰/۳۲	۲۳۱/۰۰	۱۳/۰۰	۵۱/۰۰	۱۹/۵۰	۲۵/۰۰	۲/۵۰
نما (مد)	۱۰۵۰/۰۰	۷/۹۰	۱۶/۰۰	۲۶/۰۰	۲۷/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۰	۲۵۰/۰۰	۱۴/۰۰	۴۵/۰۰	۱۰/۰۰	۱۳/۰۰	۰/۰۱
انحراف معیار	۶۴۷/۳۵	۰/۳۲	۱۴/۷۱	۱۸/۱۹	۹/۶۲	۶/۷۴	۰/۲۹	۴۵/۴۷	۴/۵۹	۱۹/۳۲	۱۲/۹۱	۱۲/۵۸	۱۳/۷۰
واریانس	۴۱۹۰۶۸/۳۵	۰/۱۰	۲۱۶/۴۳	۳۳۱/۲۳	۹۲/۷۰	۴۵/۴۶	۰/۰۸	۲۰۶۸/۰۲	۲۱/۰۶	۳۷۳/۲۸	۱۶۶/۸۸	۱۵۸/۴۴	۱۸۷/۸۲
چولگی	۰/۹۶	۰/۰۷	۱/۹۷	۱/۱۸	۰/۰۵	۱/۳۲	۱/۸۳	۰/۶۰	۰/۳۴	۰/۲۹	۰/۵۵	۰/۴۴	۱/۰۴
کشیدگی	۰/۸۵	۰/۶۵	۴/۳۵	۱/۱۱	۰/۲۴	۱/۰	۴/۴۵	۰/۱۱	۰/۳۳	۰/۹۲	۰/۶۹	۰/۰۴	۰/۲۹
دامنه	۳۲۵۰/۰۰	۱/۷۰	۷۲/۸۲	۸۳/۰۰	۴۴/۰۰	۲۷/۰۰	۱/۵۸	۲۲۳/۰۰	۲۲/۰۰	۷۴/۶۰	۵۱/۹۰	۵۹/۰۰	۴۵/۰۰
حداقل	۱۰۰/۰۰	۷/۰۰	۲/۱۸	۵/۰۰	۸/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۹۲/۰۰	۴/۰۰	۲۱/۴۰	۲/۱۰	۱/۰۰	۰/۰۰
حداکثر	۳۳۵۰/۰۰	۸/۷۰	۷۵/۰۰	۸۸/۰۰	۵۲/۰۰	۲۷/۰۰	۱/۵۹	۳۱۵/۰۰	۲۶/۰۰	۹۶/۰۰	۵۴/۰۰	۶۰/۰۰	۴۵/۰۰
ضریب تغییرات	۵۶/۴۷	۴/۰۹	۸۳/۳۱	۶۳/۰۹	۳۶/۰۱	۱۱۵/۱۹	۷۸/۰۰	۲۰/۶۴	۳۵/۸۶	۳۵/۸۷	۶۰/۳۴	۵۱/۱۸	۱۲۹/۶۸

جدول ۲- تجزیه واریانس رابطه رگرسیون چندمتغیره بین عملکرد و متغیرهای مستقل.

مدل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P value
رگرسیون	۳۸۷۲۰۱۱۶/۳۹	۷	۵۵۳۱۴۴۵/۱۹	۵۰/۰۳	۰/۰۰۰۱
باقیمانده‌ها	۱۲۸۲۵۲۹۱/۳۹	۱۱۶	۱۱۰۵۶۲/۸۶		
جمع	۵۱۵۴۵۴۰۷/۷۷	۱۲۳			

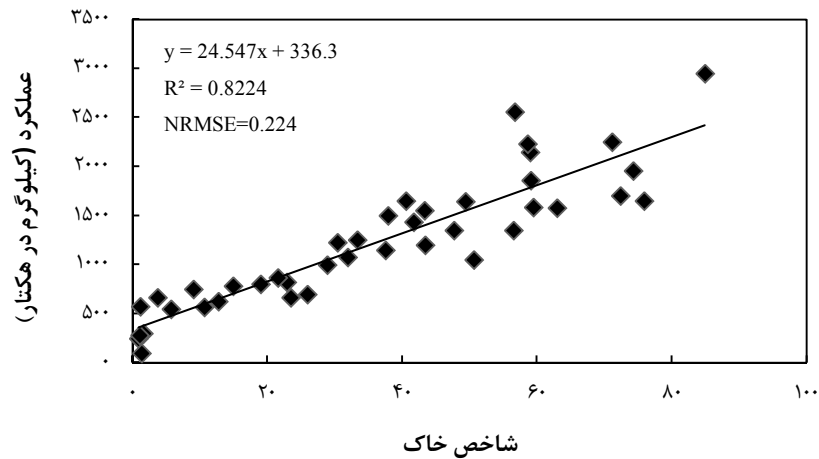
جدول ۳ - معادلات استخراج شده با بیشترین ضریب همبستگی بین متغیرهای مستقل و عملکرد پسته.

سطح معنی‌داری	معادله	ضریب همبستگی	نوع معادله	متغیر مستقل
۰/۰۰۱	$y = -1/6291x^2 + 82/061x + 266/66$	۰/۳۵	درجه دوم	آهک
۰/۰۰۰۱	$y = 1236/8e^{-0.22x}$	۰/۴۶	نمایی	گچ
۰/۰۰۱	$y = 1201/5x^3 - 4076/4x^2 + 3437/9x + 542/11$	۰/۳۶	درجه سوم	کربن‌آلی
۰/۰۰۱	$y = -1655/4x^3 + 37876x^2 - 287816x + 727398$	۰/۳۲	درجه سوم	اسیدیته خاک
۰/۰۰۰۱	$y = 5768/8x^{-0.691}$	۰/۸۵	توانی	شوری خاک
۰/۰۰۰۱	$y = 2261e^{-0.29x}$	۰/۸۷	نمایی	درصد سدیم تبادلی
۰/۰۰۰۱	$y = 86641e^{-0.11}$	۰/۸۱	نمایی	پتاسیم
۰/۰۰۰۱	$y = -0/7397x^3 + 31/845x^2 - 300/01x + 1272/6$	۰/۷۸	درجه سوم	فسفر
۰/۰۰۰۱	$y = 0/0061x^3 - 2/1309x^2 + 176/29x - 2715/4$	۰/۶۲	درجه سوم	شن
۰/۰۰۰۱	$y = 0/0324x^3 - 4/7682x^2 + 161/74x - 41/395$	۰/۶۰	درجه سوم	رس
۰/۰۰۰۱	$y = 0/0202x^3 - 2/79x^2 + 106/12x + 110/76$	۰/۳۷	درجه سوم	سیلت
۰/۰۰۰۱	$y = 0/1333x^3 - 9/4013x^2 + 151/07x + 1/1059$	۰/۵۶	درجه سوم	سنگریزه

\*در معادلات فوق x متغیر مستقل و y عملکرد پسته می‌باشد.

جدول ۴- نیازهای خاکی و زمین نما برای پسته.

کلاس، شدت و درجه‌های محدودیت							ویژگی اراضی
N۲	N۱	S۳	S۲	S۱			
	۴	۳	۲	۱	۰		
۰	۲۵	۴۰	۶۰	۸۵	۹۵	۱۰۰	
۱۵<	۱۵-۱۲	۱۲-۸	۸-۵	۵-۲	<۲	شیب (%)	توپوگرافی (t)
-	C>60v, C>60s -	Cm, S, SiCm, Cs, C<60v, C<60s	SCL SiCs, SC, fS, SiCL	LS, CL, Si	SL, L, SiL	بافت/ساختمان	
۷۵<	۷۵-۵۵	۵۵-۳۵	۳۵-۱۵	۱۵-۱۰	۱۰-۰	سنگریزه (% حجمی)	
<۶۵	-	۶۵-۸۰	۸۰-۱۲۰	۱۲۰-۱۵۰	۱۵۰<	عمق خاک (cm)	ویژگی‌های فیزیکی خاک (s)
۶۵<	۶۵-۶۰	۶۰-۴۵	۴۵-۳۰	۳۰-۲۰	۲۰-۰	آهک (%)	
۳۰<	۳۰-۲۴	۲۴-۱۲	۱۲-۵	۵-۳	۳-۰	گچ (%)	
۹<	۹-۸/۹	۸/۹-۸/۷	۸/۷-۸/۳	۸/۳-۸	۸-۶/۵	pH	ویژگی‌های حاصلخیزی خاک (f)
-	-	-	<۵/۵	۵/۵-۶	۶-۶/۵	کربن آلی (%)	
۳۵<	۳۵-۲۲	۲۲-۱۵	۱۵-۷/۵	۷/۵-۳	۳-۰	EC (dS m <sup>-1</sup> )	شوری و قلیائیت (n)
۴۵<	۴۵-۳۵	۳۵-۲۲	۲۲-۱۲	۱۲-۵	۵-۰	ESP (%)	



شکل ۱- رابطه بین شاخص خاک و مقدار عملکرد در ۴۱ نمونه خاک برای صحت سنجی جدول ۴.

سعی و خطا و اطلاعات تجربی بوده و بنابراین انجام ارزیابی تناسب اراضی پیش از توصیه برای کاشت، به جلوگیری از هدر رفت منابع تولید، کمک می‌کند. نتایج آمار توصیفی نشان داد که شور و سدیمی بودن خاک‌ها، از عوامل اصلی و مؤثر در کاهش عملکرد پسته است. بنابراین اعمال مدیریت مناسب در این خصوص و انجام عملیات اصلاحی و آبشویی بسیار ضروری است. در برخی مناطق تحت کشت پسته نظیر پسته‌کاری‌های فارس، آذربایجان شرقی و کرمان، مقدار آهک خاک نسبتاً زیاد است، به طوری که عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا برای خاک‌های آهکی نیز مدیریت ویژه پیشنهاد می‌شود که با اصلاح‌کننده‌هایی مثل مخلوط کود دامی با گوگرد، مقدار آهک خاک کنترل شود. در خاک‌های گچی که به ویژه در پسته‌کاری‌های استان کرمان مشاهده شده است، به دلیل اثر منفی گچ و آهک در جذب برخی عناصر غذایی، مدیریت تغذیه گیاهی

واقعی و عملکرد برآورد شده با استفاده از شاخص خاک به دست آمده از جدول ۴ حدود ۰/۲۲۴ می‌باشد که مقدار هر دو آماره ضریب تبیین و میانگین ریشه دوم خطای نرمال شده، نشان‌دهنده قابل اعتماد بودن درجه‌بندی ویژگی‌های خاک، زمین‌نما و جدول تهیه شده در این پژوهش می‌باشد.

### نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، جدول نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای پسته تدوین شد که از موارد ضروری در انجام مطالعات ارزیابی تناسب اراضی است. این مطالعه به مکانیابی مناطق مستعد کشت پسته در کشور و اصلاح وضعیت تولید آن کمک شایانی می‌نماید. به ویژه که بررسی‌های اخیر نشان می‌دهد برخلاف محدودیت منابع آب در اکثر مناطق کشور، سطح زیر کشت پسته هنوز هم در حال افزایش است. این گسترش به صورت

برداشت)، ترجمه. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.

۵- حسینی فرد، ج، خادمی، ح، و کلباسی، م. (۱۳۹۰). ارزیابی تغییرات خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رده‌بندی خاک در باغ‌های پسته با سنین مختلف. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، تبریز، ایران.

۶- حیدری، م. (۱۳۸۵). شناسایی خاک‌های غالب و تاثیر خصوصیات آن‌ها بر غلظت عناصر برگ، کمیت و کیفیت پسته در منطقه انار رفسنجان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۷- زین‌الدینی میمند، ع، و ابراهیمی میمند، ف. (۱۳۹۳). بررسی ژنز و رده‌بندی خاک‌های انتخابی تحت کشت پسته کفه مور شهرستان سیرجان، استان کرمان. اولین همایش ملی پسته ایران، کرمان، ایران.

۸- زین‌الدینی میمند، ع، و ابراهیمی میمند، ف. (۱۳۹۶). تاثیر کشت پسته بر خصوصیات و تحول خاک‌ها در منطقه زیدآباد سیرجان، استان کرمان. پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران، اصفهان، ایران.

۹- زین‌الدینی میمند، ع، مرادی شهر بابک، ح، و ابراهیمی میمند، ف. (۱۳۹۳). بررسی اثرات توسعه بیش از حد کشت پسته بر کیفیت آب‌های

باید جدی در نظر گرفته شود به عنوان مثال مصرف کود فسفر همراه با کود آلی باشد تا از تثبیت و غیرمتحرک شدن آن جلوگیری شود. بنابراین، با توجه به محدودیت‌های عمده ذکر شده، اعمال مدیریت مناسب و معرفی ارقام سازگار پسته با این خاک‌ها می‌تواند به افزایش عملکرد، کمک شایانی نماید.

## منابع

- ۱- اسماعیل‌پور، ع، تاج‌آبادی‌پور، ع، و حکم‌آبادی، ح. (۱۳۹۰). تولید و کشت پسته. انتشارات موسسه تحقیقات پسته کشور، رفسنجان.
- ۲- بی‌نام. (۱۳۹۶). آمارنامه کشاورزی. معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی. دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، تهران.
- ۳- پورمحمدعلی، ب، صالحی، م، ح، حسینی فرد، س، ج، شیرانی، ح، و اسفندیارپور بروجنی، ع. (۱۳۹۶). پیش‌بینی عملکرد پسته با استفاده از رگرسیون چندمتغیره خطی و شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: شهرستان‌های رفسنجان و انار استان کرمان). مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی)، ۴۰ (۲): ۸۷-۷۱.
- ۴- تاج‌آبادی‌پور، ع، صداقتی، ن، عبدالهی‌عزت‌آبادی، م، حقدل، م، حکم‌آبادی، ح، و شیبانی‌تذرجی، ز. (۱۳۹۳). راهنمای تولید پسته (کاشت، داشت و

- ۱۵- فکری، م، و قرنجهیک، ل. (۱۳۹۴). اثر فسفر و پوست سبز پسته بر رشد و غلظت برخی عناصر نهال‌های پسته (*Pistacia vera* L.). علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۶ (۲۳): ۶۰-۴۷.
- ۱۶- قاسم‌زاده گنجه‌ای، م. (۱۳۹۵). مطالعه تغییر و تحول خاک‌ها و تاثیر برخی ویژگی‌های خاک بر خصوصیات رشدی و عملکرد پسته در حاشیه پلایای بجزستان. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.
- ۱۷- محمدی، ج. (۱۳۸۵). پدومتری: آمار کلاسیک. جلد اول، انتشارات پلک، تهران.
- ۱۸- نقوی، ه. (۱۳۷۵). بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و چگونگی تشکیل و تحول خاک‌های مناطق پسته کاری رفسنجان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- 19- Adibfar, S, Mostafavi, M, & Hoseinifard, SJ. (2012). Does foliar  $CaCl_2$  application control pistachio endocarp lesion. *Thai Journal of Agricultural Science*, 45, 233-239.
- 20- Agar, AI. (2012). Improvement of exchangeable Ca:Mg ratio by using gypsum and waste of sulfur in magnesium-affected soils. *African Journal of Agricultural Research*, 7, 2205-2214.
- 21- El-Baruni, B, & Olsen, SR. (1979). Effect of manure on solubility of phosphorus in calcareous soils. *Soil Science*, 4, 128-141.
- 22- Esfandiarpour-Borujeni, I, Hosseini-fard, SJ, Shirani, H, Zeinadini, M, & Besalatpour, AA. (2018). Identifying Soil and Plant
- آبیاری و خصوصیات خاک‌ها در منطقه سیرجان، استان کرمان. هفتمین همایش ملی آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان، ایران.
- ۱۰- زین‌الدینی میمند، ع. (۱۳۹۲). بررسی خصوصیات برخی از خاک‌های زیر کشت پسته و تعیین نیازهای گیاهی و ویژگی‌های اراضی برای گیاه پسته در استان کرمان. رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.
- ۱۱- سجادی، م، زین‌الدینی میمند، ع، و محمودی، ش. (۱۳۹۱). تأثیر کیفیت آب آبیاری بر خصوصیات خاک و عملکرد پسته در دشت رباط شهر بابک. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۷: ۳۶-۴۵.
- ۱۲- صالحی، م، ح، حیدری، م، محمدخانی، ع، و حسینی‌فرد، س.ج. (۱۳۸۸). تاثیر برخی از ویژگی‌های خاک بر رشد، عملکرد و خندانی پسته در منطقه انار رفسنجان. پژوهش‌های خاک، ۲۳ (۱): ۳۵-۴۷.
- ۱۳- صمدی، ح. (۱۳۸۰). بررسی اثر ترکیب شیمیایی آب آبیاری روی جذب و انتقال عناصر دو ژنوتیپ نهال پسته و رشد آن‌ها. رساله دکتری رشته خاکشناسی، دانشگاه تهران.
- ۱۴- غیاثوند، ا. (۱۳۹۱). کاربرد آمار و نرم‌افزار SPSS در تحلیل داده‌ها. چاپ چهارم، انتشارات متفکران، تهران.



- practices on pistachio yield in Rafsanjan region, southeast of Iran. *Agricultural Water Management*, 213, 894-902.
- 30- Salehi, MH, & Hosseinfard, SJ. (2012). Soil and groundwater relationships with pistachio yield in the Rafsanjan area, Iran. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43(4), 660-671.
- 31- Sposito, C. (2016). *The Chemistry of Soils*. 3<sup>rd</sup> edition, Oxford University Press, 272p.
- 32- Sys, C., Vanrast, E. & Debavey, J. (1991). Land evaluation, Parts I and II, general administration for development cooperation agricultural. Brussels, Belgium.
- 33- Tavallaee, V, Rahemi, M, Maftoun, M, Panahi, B, Karimi, S, Ramezani, A, & Vaezpour, M. (2009). Zinc influence and salt stress on photosynthesis, water relations, and carbonic anhydrase activity in pistachio. *Scientia Horticulture*, 123, 272-279.
- 34- USDA. (2012). *Field Book for Describing and Sampling Soils*. Version 3, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
- 35- 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.
- 36- Wandruszka, RV (2006). Phosphorus retention in calcareous soils and the effect of organic matter on its mobility. *Geochemical Transactions*, 7(6), 1-8.
- 37- Yazdanpanah, N, Pazira, E, Neshat, A, Mahmoodabadi, M, & Rodriguez Sinobas, Nutrition Factors Affecting Yield in Irrigated Mature Pistachio Orchards. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(12), 1474-1490.
- 23- FAO. (1976). *A Framework for Land Evaluation*. FAO Soils Bulletin No. 32. Rome.
- 24- Ghasemzadeh Ganjehie, M, Karimi, A, Khorasani, R, & Zeinadini, A. (2018). Relationship of Soil Properties with Yield and Morphological Parameters of Pistachio in Geomorphic Surfaces of Bajestan Playa, Northeastern Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20(2), 417-432.
- 25- Hosseinfard, J, Salehi, MH, & Heydari, M. (2005). Virtual influence of translocated soils on pistachio orchards, central Iran. Proceedings of the international conference on human impacts on soil quality attributes, Isfahan, Iran.
- 26- Najafi-Ghiri, M, & Jaber, HR. (2013). Effect of soil minerals on potassium release from soil fractions by different extractants. *Arid Land Research and Management*, 27, 111-127.
- 27- Oosterhuis, DM, Bibi, AC, Gonias, ED, & Mozaffari, M. (2005). Effect of phosphorous deficiency on cotton physiology. *AAES Research Series*, 562, 35-38
- 28- Ozden-Tokatli, Y, Akdamir, H, Tilkat, E, & Onay, A. (2010). Current status and conservation of pistachio germplasm. *Biotechnological Advance*, 28, 130-141.
- 29- Pourmohammadali, B, Hosseinfard, SJ, Salehi, MH, Shirani, H, & Esfandiarpour Boroujeni, I. (2019). Effects of soil properties, water quality and management

respiration. *Agricultural Water Management*, 120, 39-45.

L. (2013). Reclamation of calcareous saline sodic soil with different amendments (II): impact on nitrogen, phosphorous and potassium redistribution and on microbial

## Determination of Soil and Landscape Requirements of Pistachio for Use in Land Suitability Evaluation

### Abstract

Pistachio is one of the most important and valuable orchard products in Iran, and its compatibility with unfavorable growth conditions, especially drought and salinity, causes its high production in the country. The study aim was to investigate the effect of soil characteristics on pistachio yield and their rating for applying in land suitability assessment studies. So, 124 pistachio orchards were selected in Kerman, Fars, Khorasan-Razavi, Isfahan and East-Azərbayjan provinces. In each orchard, a soil profile was studied and a land use questionnaire completed. After the necessary physical and chemical analyzes, multivariate regression was performed by the stepwise method between yield (dependent variable) and different soil characteristics (independent variables). By creating simple regression relations between effective soil characteristics on yield, the characteristics rating was determined for different land suitability classes. The results showed available potassium, salinity, ESP, sand

and  $\text{CaCO}_3$  had the highest variation, and pH, organic carbon and available phosphorus had the lowest one. The results of stepwise regression showed the input of salinity, ESP, gypsum,  $\text{CaCO}_3$ , gravel, available phosphorus and potassium to the equation were significant ( $P < 0.01$ ). The variables entered into the regression model with  $\text{NRMSE} = 0.280$  determined 75% of the variance related to the dependent variable (yield). In simple regression relations, salinity, ESP, gypsum,  $\text{CaCO}_3$  and gravel had negative influence and organic carbon, available phosphorus and potassium had positive influence on yield. The validation of soil variables ratings with  $R^2 = 0.82$  and  $\text{NRMSE} = 0.224$  distinguished acceptable accuracy of the proposed table which can be confidently applied for use in land suitability assessment.

**Keywords:** Land Suitability, Pistachio, Soil Requirement, Yield