

تعیین نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای پنبه به منظور استفاده در ارزیابی تناسب سرزمین

سیدعلیرضا سیدجلالی^{۱*}، مهناز اسکندری^۱، قربانعلی روشنی^۲، میرناصر نویدی^۱

غلامرضا زارعیان^۳، علی زین الدینی میمند^۱، محمد قاسم‌زاده گنج‌های^۴

^۱استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران،

^۲دانشیار پژوهشی، موسسه تحقیقات پنبه کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

^۳استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، زرقان، ایران

^۴استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۳۰

چکیده

سابقه و هدف: اهمیت راهبردی پنبه در تأمین الیاف مورد نیاز انسان، غذای دام و اشتغال‌زایی، ضرورت توجه به کاشت این گیاه را مطرح می‌سازد. با این حال پاره‌ای از مشکلات باعث شده که در گذر زمان، کشت پنبه در ایران کاهش یابد. این روند نزولی کشت وزارت جهاد کشاورزی را بر آن داشت که طرح خودکفایی در تولید پنبه تا سال ۱۴۰۴ را در دستور کار خود قرار دهد. بر این اساس لازم است که در سطح کشور، اراضی با پتانسیل تولید مناسب برای کشت پنبه مشخص و اولویت‌بندی شوند. این مهم با انجام مطالعات ارزیابی تناسب اراضی و بررسی ویژگی‌ها و کیفیت خاک و اقلیم میسر می‌شود. هدف از این پژوهش، تعیین نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای پنبه به منظور استفاده در ارزیابی تناسب اراضی بود.

مواد و روش‌ها: بدین منظور، ۱۲۳ مزرعه در استان‌های قم، خراسان رضوی، گلستان و فارس انتخاب شدند. در هر مزرعه، یک خاک‌رخ حفر و سپس مطالعه و نمونه‌گیری شد. پرسش‌نامه کاربری اراضی نیز در هر مزرعه تکمیل گردید. پس از تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی لازم، نخست وضعیت متغیرهای خاکی از نظر آماری و ارتباط آن‌ها با عملکرد، بررسی شد. سپس رگرسیون چندمتغیره به روش پس‌رونده بین عملکرد به عنوان متغیر وابسته و ویژگی‌های مختلف خاک به عنوان متغیرهای مستقل، برقرار شد. در مرحله بعد به منظور تهیه جدول نیازهای رویشی خاکی برای کشت پنبه، روابط رگرسیون ساده بین ویژگی‌های موثر خاک و عملکرد، بررسی و برای

*نویسنده مسئول: ajalali@areeo.ac.ir

کلاس‌های مختلف تناسب سرزمین، درجه‌بندی شد. راستی‌آزمایی جدول پیشنهادی با استفاده از داده‌های ۲۴ مزرعه پنبه (حدود ۲۰٪ از داده‌ها) انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مقدار واریانس متغیرهای شوری، درصد سدیم قابل تبادل، پتاسیم، آهک و اجزای تشکیل دهنده بافت خاک، زیاد و برای واکنش خاک و کربن آلی، ناچیز می‌باشد. بنابراین اکثر داده‌ها دارای پراکندگی زیادی بودند. در رگرسیون چند متغیره نیز به ترتیب متغیرهای شوری، آهک، درصد کربن آلی، سیلت، درصد سدیم قابل تبادل، واکنش خاک و درصد گچ که بیشترین همبستگی را با مقدار عملکرد داشتند، در معادله باقی ماندند. ضریب تبیین رابطه پیشنهادی، حدود ۰/۹ بدست آمد. همچنین مقدار ضریب تبیین بین عملکرد و شاخص خاک برای داده‌های راستی‌آزمایی (۲۴ نمونه)، ۰/۷۸ بدست آمد که نشان‌دهنده قابل اعتماد بودن جدول پیشنهاد شده در این پژوهش است.

نتیجه‌گیری: جدول نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای کشت پنبه در اراضی کشور ایران با کاربرد مزارع متنوع از نظر ویژگی‌های خاک پیشنهاد شده است. بنابراین می‌تواند پاسخگوی انجام مطالعات ارزیابی تناسب اراضی برای توسعه کشت این گیاه در سراسر کشور باشد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، کلاس تناسب اراضی، نیاز خاکی

مقدمه

پنبه یکی از محصولات عمده بخش کشاورزی است که در بخش صنعت و بازرگانی نیز نقش بسزایی دارد (سیلسپور، ۲۰۲۰). این گیاه، مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین لیف طبیعی جهان و منشأ غذایی با ارزش برای دام است (نوروزی و همکاران، ۲۰۱۴). به دلیل ویژگی‌های بارز الیاف پنبه مانند قابلیت تجدید شوندگی، برگشت‌پذیری به چرخه طبیعت، سرمایه‌گذاری کمتر در صنایع وابسته و همچنین ارزش مبادله‌ای بالا در بازارهای جهانی، الیاف مصنوعی نمی‌تواند جایگزین آن شود (مهرگان و همکاران، ۲۰۱۷). در میان پنج گیاه زراعی دانه روغنی مهم در جهان شامل سویا، آفتابگردان، پنبه، کلزا و بادام زمینی، پنبه در جایگاه سوم قرار دارد و در حال حاضر شش درصد از پروتئین دنیا و ۴۵ درصد از کل مصرف الیاف جهان را به خود اختصاص داده است (باقرآبادی و همکاران، ۲۰۱۹). از دیگر مزایای کشت پنبه، سیستم ریشه‌ای عمیق و گسترده آن است که می‌تواند مقادیر زیادی از کربن اتمسفر را به اعماق خاک تزریق کند (مهرگان و همکاران، ۲۰۱۷).

محدوده کشت پنبه ۲۸ الی ۴۵ درجه عرض شمالی و ۳۰ الی ۳۵ درجه عرض جنوبی است. پنبه به سرما حساس بوده و در نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشت می‌شود. دمای مناسب این گیاه، ۲۰ الی ۲۵ درجه سانتیگراد است و متوسط دما در سیکل رشد گیاه حداقل باید ۲۲ درجه سانتیگراد باشد.

در دمای بیش از ۴۰ درجه سانتیگراد، رشد گل‌ها بشدت کاهش می‌یابد. ارتفاع مناسب از سطح دریا برای کشت این گیاه، کمتر از ۱۲۰۰ متر است. گونه‌های زراعی اصلاح‌شده پنبه نسبت به طول روز حساس نبوده و تقریباً بی‌تفاوت می‌باشند (بی‌نام، ۲۰۱۴).

در گذر زمان، کاهش کشت پنبه باعث شده که ایران از یک صادرکننده به یک واردکننده پنبه، تبدیل شود. روند نزولی کشت باعث شده که وزارت جهاد کشاورزی، طرح خودکفایی در تولید پنبه تا سال ۱۴۰۴ را در دستور کار خود قرار دهد (دفتر طرح پنبه وزارت جهاد کشاورزی، ۲۰۲۰). بر این اساس باید در سطح کشور، اراضی با پتانسیل تولید مناسب برای کشت پنبه مشخص و اولویت‌بندی شوند. این مهم با انجام مطالعات ارزیابی تناسب سرزمین و بررسی ویژگی‌ها و کیفیت خاک و اقلیم میسر می‌شود. در مطالعات طبقه‌بندی تناسب اراضی، از چارچوب فائو استفاده می‌شود که در آن، تناسب اراضی با رده مناسب (S) یا نامناسب (N) مشخص می‌شوند. سود حاصل از استفاده پایدار از اراضی مناسب یک نوع بهره‌برداری، همه هزینه‌های آن را بدون اثر مخرب بر محیط، توجیه می‌نماید. رده مناسب شامل سه کلاس S1، S2 و S3 و رده نامناسب، شامل دو کلاس N1 و N2 است (سایس و همکاران، ۱۹۹۱).

لازمه انجام مطالعات ارزیابی تناسب سرزمین به روش فائو (۱۹۷۶)، تهیه جدول نیازهای رویشی (خاک و اقلیم) در سطح ملی است. به عنوان نمونه، سایس و همکاران در سال ۱۹۹۱، جداول نیازهای رویشی برای دامنه وسیعی از گیاهان که در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشت می‌شوند، ارائه نمودند که به صورت کلی و ناحیه‌ای بوده و چندان قابل تعمیم به سایر مناطق نیست.

در زمینه تصحیح یا تهیه جداول نیازهای رویشی گیاهان تاکنون پژوهش‌های متعددی انجام شده است. به عنوان نمونه سیدجلالی و همکاران (۲۰۰۷الف) به تصحیح درجه‌بندی آهک در جدول نیازهای رویشی گندم پرداختند. این پژوهشگران با توجه به تجزیه و تحلیل انجام شده برای ۹۲ نمونه خاک برداشت شده از استان‌های خوزستان، اصفهان و فارس و برقراری رگرسیون خطی بین آهک و عملکرد گندم نشان دادند که بین درصد آهک و عملکرد گندم، همبستگی وجود دارد. پس از استخراج بهترین رابطه رگرسیونی میان این دو متغیر، درجه‌بندی کلاس‌های تناسب انجام شد. پژوهش مشابه دیگری توسط سیدجلالی و همکاران (۲۰۰۷ب) برای بررسی اثر گچ بر عملکرد گندم، انجام شده است. در این پژوهش، ۶۱ مزرعه در استان‌های فارس، اصفهان و کرمان، انتخاب و مقدار عملکرد گندم در این مزارع، با مقدار درصد گچ مقایسه شد. نتایج این پژوهش نیز نشان داد که مقدار گچ بین ۵-۰ درصد، اراضی را در کلاس S1، گچ ۱۵-۵ درصد در کلاس S2، بین ۳۵-۱۵ درصد در کلاس S3 و بیش از ۳۵ درصد، اراضی را در کلاس N قرار می‌دهد.

هر چند که پنبه از گیاهان مقاوم به شوری به شمار می‌رود، لیکن شوری خاک می‌تواند مقدار

عملکرد و کیفیت آن را کاهش دهد. خراسانی و آناقولی (۲۰۰۹) نشان دادند که بطور کلی شوری باعث کاهش جوانه زنی، کاهش رشد گیاه و در نتیجه کاهش عملکرد و کیفیت پنبه در سطوح شوری متوسط ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و شوری زیاد ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر می‌گردد. پاک‌نژاد و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که استرس شوری باعث کاهش تعداد غوزه و همچنین زود رسیدن پنبه می‌شود و کمترین عملکرد در شوری ۸ تا ۹ دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد.

لوو و همکاران (۲۰۱۲)، تناسب اراضی برای پنبه در مناطق اکسیجیان چین که از مناطق مهم پنبه کاری است را به روش فائو با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و زمین آمار انجام دادند و نتیجه گرفتند که ۶۱ درصد اراضی برای کشت پنبه مناسب است. سایر اراضی این منطقه بعلت محدودیت شوری نامناسب بودند. رایبا (۲۰۱۲)، تناسب اراضی منطقه‌ای در اتیوپی را برای کشت برخی گیاهان مانند گندم، جو، ذرت و تف به روش سایش و همکاران (۱۹۹۱) بررسی نمود. نقشه تناسب بدست آمده نشان داد که ۷٪ از منطقه مورد بررسی برای کشت هیچ یک از گیاهان مناسب نیست. ۶۷٪ از اراضی نیز برای کشت آبی، دیم و پوشش گیاهی مناسب است. در این پژوهش نتیجه‌گیری شده که روش پیشنهادی فائو و سایش و کاربرد GIS در کنار آن‌ها، ابزاری قدرتمند در ارزیابی تناسب اراضی برای برنامه‌ریزی کشاورزی و طرح‌های تولیدی و کشت است.

متیوز و همکاران (۲۰۱۸)، از روش فائو برای تعیین تناسب اراضی حوضه آبخیز بیلات آلابا در اتیوپی استفاده کردند. تیپ‌های بهره‌وری از اراضی به صورت کشت دیم ذرت، گندم و سورگوم تعریف شده بود. نتایج نشان داد که اقلیم منطقه برای کشت ذرت بسیار مناسب و برای دو کشت دیگر، نسبتاً مناسب است. مهمترین عوامل محدودکننده کشت در این منطقه، تنش رطوبتی، خطر فرسایش و حاصلخیزی خاک بوده است.

فیلیپی و همکاران (۲۰۱۹)، تاثیر واکنش خاک و عمق بر مقدار عملکرد در چند گیاه زراعی را بررسی نمودند. نتایج نشان داد، هنگامی که محدودیت pH در نیمرخ خاک تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری در لایه‌های عمیق‌تر باشد، عملکرد محصول افزایش می‌یابد. یک رابطه خوب این مسأله را برای گندم، کلزا و نخود، نشان داد. لیکن برای پنبه، رابطه ضعیف‌تری برقرار بود.

زین‌الدینی میمند و همکاران (۲۰۱۸) پژوهشی را با هدف درجه‌بندی ویژگی‌های سرزمین و تهیه جدول نیازهای رویشی برای ذرت دانه‌ای در جنوب ایران به روش‌های رگرسیون و شبکه عصبی انجام دادند. در این پژوهش، ۶۳ مزرعه ذرت در استان‌های کرمان، هرمزگان، سیستان و بلوچستان و جنوب کرمان انتخاب شدند. پس از برداشت نمونه‌های خاک و آزمایش آن‌ها، ویژگی‌های سرزمین با روش‌های اشاره شده، درجه‌بندی و جداول نیازهای رویشی ذرت دانه‌ای برای مناطق جنوب کشور تهیه شد. مقدار شوری برای مرکز کلاس‌های S1، S2، S3 و N در این پژوهش به ترتیب، ۲/۵، ۶ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر

و برای درصد سدیم قابل تبادل (ESP)، ۱۴، ۲۲ و ۳۰ بدست آمد. همانطور که ذکر شد، تاکنون تلاش‌هایی به منظور به‌روز رسانی جداول نیازهای رویشی گیاهان و یا بومی‌سازی آن‌ها در ایران انجام شده؛ لیکن این مهم بیشتر بر پایه مروری بر تحقیقات گذشته و گردآوری کتابخانه‌ای بوده است. متأسفانه این جداول برای اکثر گیاهان با توجه به ارقام مهم قابل کشت در ایران، تهیه نشده و یا در صورت داشتن سابقه، محلی می‌باشند. بنابراین، برای عموم کشاورزان در سراسر کشور و همچنین برای تعیین الگوی کشت در سطح ملی، قابل استفاده نیست. پژوهش حاضر، به منظور ارائه جدول نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای کشت پنبه در سراسر ایران انجام شد. این جدول که در مطالعات ارزیابی تناسب سرزمین کاربرد دارد، می‌تواند راهنمایی کارگشا برای تمام مناطق پنبه‌کاری و مناطق رو به توسعه کشت پنبه در کشور باشد.

مواد و روش‌ها

نحوه انتخاب مزارع و نمونه‌برداری: برای دستیابی به اهداف این پژوهش، سعی شد که مزارع انتخابی دارای مدیریت تقریباً مشابه و در سطح متوسط و از لحاظ استفاده از نهاده‌ها نیز وضعیتی متوسط داشته باشند. روش آبیاری در مزارع، یکسان و به صورت غرقابی بود. با در نظر گرفتن این شرایط، تعداد ۱۲۳ مزرعه در استان‌های قم، خراسان رضوی، گلستان و فارس انتخاب شدند. بجز استان قم، سه استان دیگر بیشترین سطح زیر کشت پنبه در کشور را به خود اختصاص داده‌اند. نمونه‌ها از دشت قم-مسپله در استان قم، دشت‌های سرخس، رشتخوار و خواف در استان خراسان رضوی، دشت داراب در استان فارس و دشت‌های آق‌قلا، گرگان و گنبد از استان گلستان انتخاب شدند. خاک‌ها در مزارعی که از نظر عملکرد متنوع و طیف وسیعی از خاک‌ها را شامل شوند، حفر شد. نقاط مطالعاتی به نحوی انتخاب شدند که اثر سایر عوامل مانند مدیریت، اقلیم و دسترسی به آب مناسب، تا حدّ ممکن برای تمام مزارع، تقریباً مشابه باشد. بدین ترتیب می‌توان اثر ویژگی‌های خاک را بر عملکرد پنبه، تجزیه و تحلیل آماری و سپس درجه‌بندی نمود. بدون‌های انتخابی براساس راهنمای تشریح و نمونه‌برداری خاک سرویس حفاظت خاک آمریکا (وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا، ۲۰۱۲) تشریح و از هر افق نمونه‌برداری خاک انجام و به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌های خاک برداشت شده بر پایه روش‌های استاندارد تجزیه شدند. بافت خاک به روش هیدرومتر، واکنش خاک در گل اشباع با pH متر، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع توسط EC متر، کربن آلی به روش اکسایش تر، کربنات کلسیم معادل (CCE) به روش خنثی‌سازی با اسیدکلریدریک و تیترا با سود، گچ به روش استون، کلسیم محلول در عصاره اشباع خاک به روش کمپلکسومتری با حضور EDTA، سدیم و پتاسیم

محلول در عصاره اشباع خاک با دستگاه فلیم فتومتر، پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیم ۱ مولار با $\text{pH}=7$ و ازت کل به روش کج‌دال اندازه‌گیری شدند (پانسو و گائیرو، ۲۰۰۶).

برای هر مزرعه، پرسشنامه مخصوص کاربری سرزمین 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 شد. روند تکمیل اطلاعات در این پژوهش در سه سال متوالی از ۱۳۹۶ الی ۱۳۹۸، انجام شد. اطلاعاتی همچون مقدار عملکرد برای هر مزرعه مطالعاتی، بر پایه متوسط مقدار گزارش شده برای سالیان مختلف کشت پنبه که توسط محققان مربوطه در مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان‌های مورد مطالعه گزارش شده، جمع‌آوری گردید. آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده برای هر مزرعه با داده‌های ثبت شده در سازمان جهاد کشاورزی استان مربوطه نیز کنترل شد.

تجزیه و تحلیل آماری و تدوین جدول: به‌منظور مطالعه اثرات ویژگی‌های مختلف خاک و سرزمین بر عملکرد پنبه و بررسی اثر متغیرها بر یکدیگر، از تجزیه و تحلیل آماری و روابط رگرسیونی چندمتغیره و ساده استفاده شد. نخست باید برای برخی متغیرها نظیر شوری، درصد رس، شن، گچ و آهک، در هر نمونه خاک، تنها یک عدد تعریف شود که معرف آن خاک‌رخ باشد. بنابراین میانگین وزنی با شاخص تصحیح عمق به روش سائیس و همکاران (۱۹۹۱) مورد استفاده قرار گرفت تا متغیرهای خاکی در افق‌های مختلف تبدیل به یک عدد شوند.

براین اساس پایگاه داده‌ها تشکیل شد و برای هر خاک‌رخ، مشخصات خاک مانند مقدار کربن آلی، شوری، واکنش خاک، رس، شن، سیلت، گچ، آهک، درصد سنگریزه حجمی، فسفر و پتاسیم قابل جذب و درصد سدیم قابل تبادل 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، ضریب چولگی و کشیدگی بررسی شدند (محمدی، ۲۰۰۶). سپس، آزمون نرمال‌بودن توزیع داده‌ها انجام شد. همچنین برای مشخص شدن مقدار و نوع ارتباط عملکرد با ویژگی‌های خاک، از ضریب همبستگی و رگرسیون چندمتغیره استفاده شد.

به منظور درجه‌بندی ویژگی‌های سرزمین برای تهیه جدول نیازهای رویشی پنبه، از روابط رگرسیونی ساده میان هر متغیر و عملکرد استفاده شد. مناسب‌ترین روابط با توجه به بالاترین ضریب همبستگی، انتخاب گردید. همانطور که قبلاً نیز ذکر شد، مبنای درجه‌بندی ویژگی‌های سرزمین، راهنمای ارزیابی سرزمین برای نباتات خاص فائو (۱۹۷۶) و روش پیشنهادی سائیس و همکاران (۱۹۹۱) بود. بنابراین، مرز کلاس‌های مختلف تناسب سرزمین در جدول پیشنهادی، مطابق با جداول سائیس و

همکاران (۱۹۹۱) تعیین شد. بدین صورت که پس از مشخص شدن ویژگی‌های مهم و مؤثر اراضی بر عملکرد پنبه (بر اساس رگرسیون چندمتغیره) و بررسی رگرسیون ساده بین عملکرد و هر ویژگی، منحنی بین عملکرد با ویژگی‌های سرزمین بر اساس بهترین معادله رگرسیونی ساده به صورت مجزا ترسیم گردید. بر روی محور عملکرد، نقاط ۸۰، ۴۰ و ۲۰ درصد حداکثر عملکرد مشخص و به منحنی متصل شد. از محل تلاقی نقاط عمود شده به منحنی به محور پارامتر مورد نظر (محور X) (مانند شوری خاک، ESP و ...)، مقادیر آستانه کلاس‌های تناسب مشخص شد. محل تلاقی خط از منحنی به محور ویژگی از عملکرد ۸۰ درصد (معادل درجه‌بندی ۸۵ به روش پارامتریک) نشان‌دهنده مقدار پارامتر مربوط به مرز S1 و S2، از عملکرد ۴۰ درصد (معادل درجه‌بندی ۶۰) نشان‌دهنده مرز S2 و S3 و از عملکرد ۲۰ درصد (عملکرد سر به سر) (معادل درجه بندی ۴۰) نشان‌دهنده مرز S3 و N بود.

برای تعیین حدود مربوط به مرز کلاس‌ها در مورد ویژگی‌هایی از سرزمین که با بررسی آماری امکان درجه‌بندی آن‌ها وجود نداشت، همچنین در مورد پارامترهایی مانند سطح آب زیرزمینی و عمق خاک، براساس مقادیر بهینه آن‌ها برای محصول پنبه بر پایه منابع معتبر، بررسی‌های میدانی، مطالعات صحرائی و بررسی دقیق کارت‌های تشریح پروفیل، درجه‌بندی انجام شد. دلیل این امر، کم‌بودن دامنه تغییرات آن ویژگی‌ها و تغییرپذیری آن‌ها در خاک‌های مورد مطالعه بود. بدین ترتیب، جدول نیازهای رویشی خاک و زمین نما برای پنبه در مناطق مورد مطالعه استخراج شد که می‌تواند در محاسبات ارزیابی تناسب سرزمین برای کشت این محصول مورد استفاده قرار گیرد.

راستی‌آزمایی جدول پیشنهاد شده برای کشت پنبه، به کمک داده‌های موجود از ۲۴ خاکرخ جدید انجام شد که در تهیه جدول به کار نرفته بودند. به عبارت دیگر، حدود ۸۰ درصد از داده‌های اولیه برای تهیه جدول و ۲۰ درصد برای صحت‌سنجی جدول پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفت. استخراج و طبقه‌بندی تناسب سرزمین برای صحت‌سنجی، به روش پارامتریک ریشه دوم انجام شد (سایس و همکاران، ۱۹۹۱). 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 سرزمین در مزارع پنبه انتخابی کشور در جدول ۱ ارائه شده است. برپایه این جدول، دامنه تغییرات آهک زیاد و مقادیر کمینه، بیشینه و میانگین به ترتیب ۴/۳، ۵۱ و ۲۲/۷ درصد می‌باشند. علت دامنه زیاد آهک به تنوع استان‌های مختلف از نظر بارندگی است. برای نمونه در استان گلستان بعلت بارندگی زیاد، آهک شسته شده و میزان آن کاهش می‌یابد ولی در استان‌های فارس، قم و خراسان رضوی با توجه به بارندگی کم و عدم شستشوی آهک، مقدار این

پارامتر در خاک‌ها زیاد می‌باشد. بیشینه، کمینه و میانگین گچ به ترتیب ۳۳، صفر و ۱/۴ درصد بود. عمده سرزمین‌های گچی تحت کشت پنبه، در استان قم قرار دارند. زیرا مقدار بارش در این استان اندک بوده و گچ موجود در خاک شسته نمی‌شود.

شوری خاک در خاک‌های مورد مطالعه از صفر تا حدود ۷۰ دسی‌زیمنس بر متر متغیر بود. میانگین این خصوصیت در سرزمین مورد بررسی ۱۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. دامنه تغییرات این ویژگی نسبت به سایر ویژگی‌های سرزمین، بیش‌تر است و نشان دهنده انتخاب مزارع پنبه در دامنه‌ای گسترده برای بررسی تاثیر این پارامتر بر عملکرد است. اراضی شور بعلت بارندگی کم و عدم شستشوی نمک در خاک‌های استان‌های قم و خراسان رضوی دیده می‌شود. اراضی غیر شور بعلت بارندگی بیشتر و شستشوی نمک، در استان گلستان مشاهده گردید.

حدود میانگین، کمینه و بیشینه مقدار درصد سدیم قابل تبادل در خاک‌های مطالعه شده، به ترتیب ۵/۶، ۰ و ۴۵ درصد می‌باشد. بیشترین اراضی تحت کشت پنبه با محدودیت درصد سدیم قابل تبادل، در استان قم، بعلت بارندگی کم و عدم شستشوی خاک‌های سدیمی وجود دارند. مزارع با بافت خاک سنگین، بیشتر در استان گلستان به چشم می‌خورد و بافت‌های سبک نیز بیشتر در خراسان رضوی قرار دارند. واکنش خاک در اراضی بررسی شده از ۷ تا ۸/۳ متغیر و میانگین آن، ۷/۸ گزارش شده است. میانگین، کمینه و بیشینه پتاسیم قابل جذب به ترتیب ۲۹۴، ۶۰ و ۶۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. متوسط مقدار پتاسیم در خاک به اندازه‌ای است که بتوان آن را حاصلخیز دانست (حیات و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین میانگین، کمینه و بیشینه فسفر قابل جذب به ترتیب ۹/۵، ۰ و ۳۶/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که این مقدار فسفر در خاک، نرمال تلقی می‌شود (حیات و همکاران، ۲۰۲۰). بررسی مقدار واریانس متغیرهای مورد مطالعه نشان می‌دهد که واریانس برای شوری، درصد سدیم قابل تبادل، پتاسیم، آهک و اجزای تشکیل‌دهنده بافت خاک، زیاد و برای واکنش خاک و کربن آلی، بعلت دامنه کم آن‌ها ناچیز می‌باشد. بنابراین اکثر داده‌ها دارای پراکنش زیاد می‌باشند (جدول ۱). برپایه اطلاعات ارائه شده در جدول ۱ از نظر چولگی و کشیدگی، داده‌ها نرمال می‌باشند. بیشترین مقدار چولگی و کشیدگی مربوط به مقدار گچ خاک به دلیل تعداد داده کم آن و شیب سرزمین بعلت دامنه تغییر کم آن است. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. همانطور که مشاهده می‌شود به دلیل محدودیت‌های خاکی مهم مانند شور و سدیمی بودن و مقدار آهک خاک، واریانس عملکرد پنبه زیاد در مناطق مختلف زیاد است (جدول ۱).

جدول ۱- آماره‌های توصیفی داده‌های ویژگی‌های خاک و عملکرد

آماره	دامنه کمینه	بیشینه	میانگین انحراف معیار	واریانس	چولگی		کشیدگی		
					مقدار	خطای معیار	مقدار	خطای معیار	
شیب (/.)	۳/۷۵	۴/۰۰	۱/۰۳۲۷	۰/۵۳۷۱۳	۰/۲۸۹	۳/۳۰۹	۰/۲۴۴	۱۷/۹۳۴	۰/۴۸۳
واکنش خاک	۱/۳۰	۸/۳۰	۷/۸۳۳۳	۰/۲۰۹۶۵	۰/۰۴۴	-۷/۶۴	۰/۲۴۴	۱/۷۵۷	۰/۴۸۳
شوری (ds/m)	۶۹/۶۸	۶۹/۶۸	۱۰/۵۰۴۶	۱۳/۰۳۸۷۵	۱۷۰/۰۰۹	۲/۶۵۷	۰/۲۴۴	۷/۹۹۱	۰/۴۸۳
کربن آلی (/.)	۱/۶۰	۱/۶۰	۰/۳۰۶۶	۰/۴۳۲۴۱	۰/۱۸۷	۱/۳۵۴	۰/۲۴۴	۰/۸۰۹	۰/۴۸۳
آهک (/.)	۴/۳۲	۴۶/۶۲	۲۲/۷۸۸۲	۱۰/۵۰۸۱۰	۱۱۰/۴۲۰	۱/۰۵۸	۰/۲۴۴	۰/۵۷۵	۰/۴۸۳
گچ (/.)	۳۳/۰	۳۳/۰	۱/۴۳۳	۴/۸۱۱۸	۲۳/۱۵۳	۴/۵۶۴	۰/۲۴۴	۲۳/۲۵۸	۰/۴۸۳
ESP	۴۵/۰	۴۵/۰	۵/۶۵۳	۱۱/۰۶۳۹	۱۲۲/۴۰۹	۲/۱۳۱	۰/۲۴۴	۳/۸۵۸	۰/۴۸۳
رس (/.)	۶۱/۴۶	۵۵/۴۶	۲۷/۵۱۸۵	۱۲/۶۰۵۱۱	۱۵۸/۸۸۹	۰/۵۳۹	۰/۲۴۵	-۰/۰۶۳	۰/۴۸۵
سیلت (/.)	۶۴/۲۰	۵۸/۲۰	۴۲/۳۰۵۶	۱۲/۲۳۱۰۱	۱۴۹/۵۹۸	-۳/۶۷	۰/۲۴۵	۰/۰۳۵	۰/۴۸۵
شن (/.)	۸۳/۰۰	۸۰/۹۰	۳۰/۱۷۷۰	۱۹/۳۳۲۴۶	۳۷۳/۷۴۴	۰/۸۱۸	۰/۲۴۵	-۳/۷۵	۰/۴۸۵
عملکرد (Kg/ha)	۷۰۰	۵۳۰۰	۳۸۱۹/۲۸	۱۴۴۹/۰۲۱	۲۰۹۹۶۱/۹۵۴	-۷/۴۹۴	۰/۲۴۴	-۵/۵۸۴	۰/۴۸۳
عمق خاک	۱۲۰	۵۰	۱۴۰/۳۶	۱۵/۵۶۹	۲۴۲/۳۹۷	-۲/۴۱۹	۰/۲۴۴	۱۱/۱۲۷	۰/۴۸۳
سنگریزه	۱۵	۱۵	۱/۵۸	۴/۵۱۸	۲۰/۴۱۱	۲/۵۷۹	۰/۲۴۴	۴/۸۶۵	۰/۴۸۳
نیترژن کل (/.)	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۳۶۵	۰/۰۲۱۴۹	۰/۰۰۰	۰/۷۷۱	۰/۲۸۳	۰/۰۰۵	۰/۵۵۹
فسفر (ava) ppm	۳۶/۸۰	۳۶/۸۰	۹/۴۸۶۵	۶/۰۲۷۵۳	۳۶/۳۳۱	۱/۸۱۵	۰/۲۴۶	۴/۸۹۶	۰/۴۸۸
پتاسیم (ava) ppm	۵۵۹/۷۱	۵۵۹/۷۱	۲۹۴/۴۵۴۶	۱۲۶/۴۴۵۱۲	۱۵۹۸۸/۳۶۷	۰/۱۲۶	۰/۲۸۱	-۰/۳۲۶	۰/۵۵۵

نتایج ورود متغیرهای شوری، درصد سدیم تبادلی، 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 پس‌رونده^۱ نشان داد که از میان متغیرهای مستقل، به‌ترتیب شوری، آهک، درصد کربن آلی، سیلت، ESP، واکنش خاک و درصد گچ، در معادله باقی مانده‌اند. چراکه متغیرهای وارد شده در معادله چندمتغیره دارای بیشترین همبستگی با عملکرد بودند. کورویین و همکاران (۲۰۰۳)، نیز با بررسی خصوصیات خاک موثر بر عملکرد پنبه نشان دادند که شوری از مهمترین عوامل موثر بر عملکرد می‌باشد. نتیجه پژوهش کالیواس و کولیاس (۲۰۰۱)، نیز بر تاثیر

1. Backward

کربنات‌ها بر عملکرد پنبه تاکید داشته است. علل و مکانیزم اثر شوری بر عملکرد محصول تحت شرایط کنترل شده مزرعه متفاوت است (لاچلی و گراتنم، ۲۰۰۷) و این به دلیل واکنش گیاه نسبت به سطوح مختلف شوری خاک با توجه به میزان بارندگی و آبیاری در طول مراحل مختلف رشد است (دونگ و همکاران، ۲۰۱۰). در این تحقیق نشان داده شد که با افزایش مقدار شوری، عملکرد پنبه در مناطق شور مثل استان قم کاهش می‌یابد.

حیات و همکاران (۲۰۲۰) نیز نتیجه گرفتند که واکنش خاک، شوری، درصد ماده آلی، فسفر، پتاسیم، آهن و برخی ریزمغذی‌ها، بیشترین تاثیر را بر عملکرد پنبه دارند و ۷۱٪ از تغییرات عملکرد توسط این متغیرها کنترل می‌شود. مقدار واکنش خاک در این پژوهش، بین ۷ تا ۸/۳ متغیر بود که با توجه به دامنه تغییرات معادل با ۱/۳، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد پنبه نداشت.

رابطه ۱، بهترین معادله رگرسیونی چندمتغیره بین متغیرهای مستقل و عملکرد را نشان می‌دهد. معادله مذکور دارای ضریب تبیین (R^2) حدود ۰/۹ (ضریب تبیین تعدیل یافته ۰/۸۹) می‌باشد. مفهوم آن این است که متغیرهای وارد شده به مدل توانسته‌اند حدود ۸۹ درصد از واریانس تغییرات مربوط به متغیر وابسته را تعیین نمایند. ضریب تبیین تعدیل یافته از ضریب رگرسیون، حقیقی‌تر است چراکه کمتر تحت تاثیر حجم و تعداد نمونه قرار می‌گیرد. با توجه به این‌که ارزش P 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. جدول ۲، تجزیه واریانس رابطه رگرسیون چندمتغیره بین عملکرد و متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه مقدار F بدست آمده (۱۱۱/۶۴) در سطح احتمال یک درصد از مقدار F جدول (۲/۷۹)، بیشتر است بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با اطمینان ۹۹ درصد بین متغیرهای مستقل یعنی ویژگی‌های خاک و عملکرد پنبه، رابطه بسیار معناداری وجود دارد. جدول ۳، ضریب همبستگی و تبیین برای بهترین رابطه (رابطه ۱) را نشان می‌دهد و از آنجا که ضریب همبستگی تعداد درجات آزادی را در نظر نمی‌گیرد برای رفع این مشکل از ضریب تبیین تعدیل شده استفاده می‌شود. مقدار این ضریب در تحقیق حاضر، ۰/۸۹ بدست آمد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ۸۹ درصد تغییرات عملکرد پنبه، مربوط به ویژگی‌های خاک و ۱۱ درصد آن مربوط به سایر عوامل است.

$$Yield = -0.407EC - 0.118ESP + 0.174OC - 0.493CaCO_3 - 0.05Gypsum + 0.114Silt - 0.084pH \quad (1)$$

جدول ۲- تجزیه واریانس رابطه رگرسیون چندمتغیره بین عملکرد پنبه و ویژگی های خاک*

مدل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
رگرسیون	۱۸۰۶۴۰۳۷۳/۶	۷	۲۵۸۰۵۷۶۷/۶۶	۱۱۱/۶۴	*./۰۰
باقیمانده‌ها	۲۰۵۷۳۱۲۰/۳۷	۸۹	۲۳۱۱۵۸/۶۵		
جمع	۲۰۱۲۱۳۴۹۳/۹۸	۹۶			

*Predictors: (Constant), OC %, Gyps (%), TNV (%), pH, EC(dS/m), ESP, silt

جدول ۳- ضریب همبستگی و تبیین بهترین رابطه رگرسیون چندمتغیره بین عملکرد و متغیرهای مستقل*

مدل	ضریب همبستگی	ضریب تبیین	ضریب تبیین تعدیل شده	خطای معیار تخمین
۱	۰/۹۷۴	۰/۸۹۸	۰/۸۹	۴۸۰/۷۹

*Predictors: (Constant), OC %, Gyps (%), TNV (%), pH, EC(dS/m), ESP, silt

همانطور که ذکر شد رابطه رگرسیون تک متغیره برای همه ویژگی‌های مورد بررسی با عملکرد با کاربرد تمام معادلات ممکن (خطی، لگاریتمی، نمایی، درجه دوم، توانی و سایر معادلات)، استخراج شدند. بهترین روابط با بیشترین مقدار ضریب تبیین برای هر یک از پارامترها، در جدول ۴ ارائه شده است. به عنوان مثال در این تحقیق رابطه پیشنهادی برای مقدار عملکرد و شوری خاک، به صورت تابع درجه سوم بدست آمد که مقدار ضریب تبیین آن برابر ۰/۷۷ است. بنابراین نشان می‌دهد که با اطمینان ۹۹ درصد، ۷۷ درصد از تغییرات عملکرد پنبه، تحت تاثیر شوری خاک است و مابقی تغییرات مربوط به سایر عوامل می‌باشد. لاند و همکاران (۲۰۰۰) نیز در پژوهش خود نشان داده بودند که رابطه شوری با عملکرد پنبه با توابع غیرخطی بهتر برازش داده می‌شود، لیکن ضریب همبستگی میان این دو متغیر در پژوهش مذکور، کمتر از ۰/۵ بدست آمده است. این موضوع ممکن است به دلیل غیر شور بودن خاک‌های مورد پژوهش آنها و بنابراین عدم همبستگی زیاد میان متغیر مستقل شوری و عملکرد بوده باشد. در این تحقیق، بهترین رابطه پیشنهادی برای مقدار عملکرد و درصد سدیم قابل تبادل خاک، به صورت تابع خطی با ضریب تبیین ۰/۸۰ بدست آمد. بنابراین با اطمینان ۹۹ درصد، ۸۰ درصد از تغییرات عملکرد پنبه می‌تواند تحت تاثیر مقدار درصد سدیم قابل تبادل خاک باشد. همچنین، ضعیف‌ترین رابطه میان مقدار عملکرد و درصد رس خاک، به صورت تابع درجه سوم بدست آمد که مقدار ضریب تبیین آن برابر ۰/۱۷ بود.

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

متغیر مستقل	نوع معادله	ضریب تبیین	معادله	سطح معنی‌داری
آهک	درجه سوم	۰/۷۳	$y = -0.035x^3 + 1.273x^2 - 76.95x + 6241$	۰/۰۰۱
گچ	نمایی	۰/۷۵	$y = 5353.6e^{-0.061x}$	۰/۰۰۰۱
کربن‌آلی	نمایی	۰/۳۳	$y = 2638.e^{0.547x}$	۰/۰۰۱
شوری خاک	درجه سوم	۰/۷۷	$y = 0.142x^3 - 2.652x^2 - 187.2x + 5434$	۰/۰۰۰۱
ESP	خطی	۰/۸۰	$y = -100.849x + 5216.699$	۰/۰۰۰۱
رس	درجه سوم	۰/۱۷	$y = -0.088x^3 + 6x^2 - 64.9x + 3246.6$	۰/۰۰۱
سیلت	درجه سوم	۰/۱۸	$y = -0.129x^3 + 14.764x^2 - 471.14x + 7340.6$	۰/۰۰۰۱

حدود یا مرز بین کلاس‌های تناسب سرزمین به کمک روابط ارائه شده در جدول ۴، تعیین شد. مقادیر نیازهای رویشی خاک و سرزمین بدست آمده برای کشت پنبه در مناطق مورد مطالعه، در جدول ۵ ارائه شده است.

نتایج راستی‌آزمایی جدول نیازهای رویشی خاک و سرزمین پیشنهادی برای پنبه (جدول ۵)، به کمک داده‌های ۲۴ خاکرخ که در تهیه جدول به کار نرفته بود، 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 مزارع پنبه‌ای که خاکرخ در آن قرار گرفته، به دست آمده است. مقدار ضریب تبیین بین عملکرد و شاخص خاک، ۰/۷۸ بدست آمد که نشان دهنده قابل اعتماد بودن درجه‌بندی ویژگی‌های سرزمین و جدول تهیه شده در این پژوهش می‌باشد.

جدول ۵- نیازهای خاکی و زمین نما برای کشت پنبه*

کلاس، درجه بندی محدودیت و مقیاس درجه بندی						مشخصه‌ها
N2	N1	S3	S2	S1		
4		3	2	1	0	سرزمین
0	25	40	60	85	95	100
						پستی و بلندی (t)
۶<		۶-۴	۴-۲	۲-۱	۱-۰	(۱)
۱۶<		۱۶-۸	۸-۴	۴-۲	۲-۰	(۲)
۵۰<	۵۰-۳۰	۳۰-۱۶	۱۶-۸	۸-۴	۴-۰	(۳)
						خیسی ^۱ (w)
+F2	-	F1	-	-	F0	سیلگیری
ضعیف بدون	ضعیف اما	نسبتاً	ناقص	متوسط	خوب	(۴) زهکشی

1. Wetness

زهدکشی	قابل زهدکشی	ضعیف	خوب	متوسط	ناقص	(۵)	مشخصه‌ها فیزیکی خاک	
							(s)	
ضعیف بدون زهدکشی	قابل زهدکشی	Cm, SiCm, cS	fS, S, LS, LcS	C+60v, SL, SCL, LfS	C-60v, SC, C+60s, L	C-60s, Co, SiCL, SiL, Si, CL, SiCs	بافت/ساختمان	
							۵۵<	
۵۰>		۷۵-۵۰	۱۰۰-۷۵	۱۵۰-۱۰۰	۱۵۰<	عمق خاک (cm)		
۶۰<		۶۰-۵۰	۵۰-۴۰	۴۰-۲۰	۲۰-۰	اولیه	کربنات کلسیم (آهک) (/)	
۵۵<		۵۵-۴۵	۴۵-۲۲	۲۲-۶	۶-۰	ثانویه		
۲۵<		۲۵-۱۳	۱۳-۶	۶-۳	۳-۰		گچ (/)	
							مشخصه‌ها حاصلخیزی خاک (f)	
۸/۵<	۵/۳>	۵/۵-۲/۶	۵/۶-۶	۶-۶/۵	۶/۷-۵		pH(H ₂ O)	
		۸/۸-۵	۷-۸/۸	۷-/۵	۷/۷-۵			
				۰-/۸	۰/۸<		کربن آلی (/)	
			۰/۴>	۰/۴			(۶)	
							شوری و قلیائیت (n)	
۲۲<		۲۲-۱۲	۱۲-۱۰	۱۰-۸	۸-۰		EC (dS/m)	
۴۰<		۴۰-۳۰	۳۰-۲۰	۲۰-۱۵	۱۵-۰		(%) ESP	

(۱) درجه‌بندی شیب برای کشت آبی: آبیاری جوی و پشته و کرتی

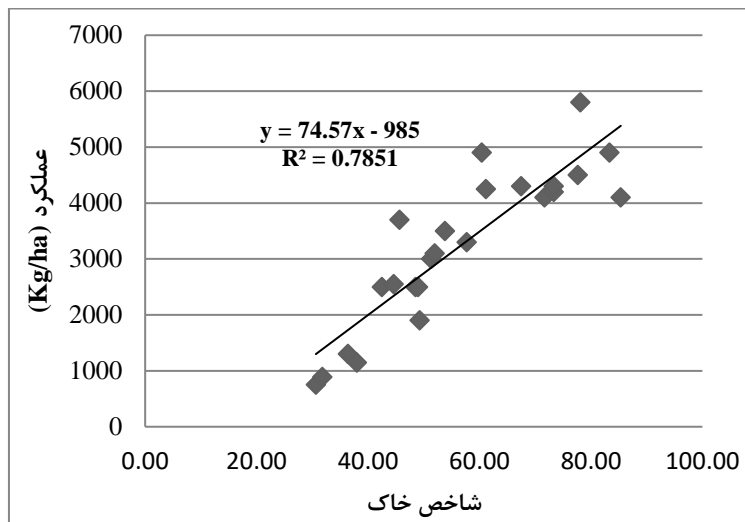
(۲) درجه‌بندی شیب برای کشاورزی با سطح بالای مدیریت و مکانیزاسیون کامل

(۳) درجه‌بندی شیب برای سطح مدیریت پایین، شخم با استفاده از حیوانات و کارهای دستی

(۴) * درجه‌بندی زهدکشی برای خاک‌ها با بافت متوسط و ریز

(۵) درجه‌بندی زهدکشی برای خاک‌ها با بافت سبک (خانواده‌های شنی)

(۶) درجه‌بندی کربن آلی برای مواد آهکی



شکل ۱- رابطه میان شاخص خاک و مقدار عملکرد در ۲۴ نمونه خاک برای صحت سنجی جدول ۵

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، جدول نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای پنبه با استفاده از منابع مختلف و تحقیق حاضر تدوین شد که از موارد ضروری در انجام مطالعات ارزیابی تناسب سرزمین است. این جدول می‌تواند در تعیین تناسب اراضی مناطق مختلف برای توسعه کشت پنبه مورد استفاده قرار گیرد. انجام ارزیابی تناسب سرزمین پیش از توصیه برای کاشت این گیاه صنعتی مهم، به جلوگیری از هدر رفت منابع تولید کمک می‌کند. نتایج این تحقیق نشان داد که شور و سدیمی بودن و آهکی بودن خاک‌ها، از عوامل اصلی و مؤثر در کاهش عملکرد پنبه است. بنابراین اعمال مدیریت مناسب در این خصوص و انجام عملیات اصلاحی و آبشویی برای خاک‌های شور و سدیمی بسیار ضروری است. در برخی مناطق تحت کشت پنبه، مقدار آهک و گچ خاک نسبتاً زیاد است به طوری که عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا برای اینگونه خاک‌ها، مدیریت ویژه‌ای لازم است. در خاک‌های گچی که به ویژه در پنبه‌کاری‌های استان قم مشاهده شده است، به دلیل اثر منفی گچ و آهک در جذب برخی عناصر غذایی، مدیریت تغذیه گیاهی 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 پنبه با این خاک‌ها می‌تواند به افزایش عملکرد، کمک شایانی نماید.

منابع

1. Anonymous. 2014. Criteria and indicators of cotton product. Department of Cotton, Oilseeds and Industrial Plants, Ministry of Jihad Agriculture, 109p. (In Persian).
2. Bagherabadi, H., Armin, M. and Filehkosh, A. 2019. Effect of sowing date on yield and yield components of cotton under common cultivation conditions and cultivation with very short row spacing. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 7(1): 1-14. (In Persian with English Abstract).
3. Corwin, D.L., Lesch, S.M., Shouse, P.J., Soppe, R. and Ayars, J.E. 2003. Identifying Soil Properties that Influence Cotton Yield Using Soil Sampling Directed by Apparent Soil Electrical Conductivity. *Agronomy journal*, 95(2): 352-364.
4. Dong, H.Z., Kong, X.Q. Luo, Z. Li, W. J. and Xin, C.S. 2010. Unequal salt distribution in the root zone increases growth and yield of cotton. *European Journal of Agronomy*, 33, 285–292.
5. FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation. FAO Soils Bulletin No. 32. Rome.
6. Givi, J. 1997. Qualitative assessment of land suitability for crops and orchards. Journal No. 1015. Soil and Water Research Institute. Tehran. 100 p. (In Persian).
7. Filippi, P., Jones, E.J., Ginns, B.J., Whelan, B.M., Roth, G.W., and Bishop, T.F. 2019. Mapping the depth-to-soil pH constraint, and the relationship with cotton and grain yield at the within-field scale. *Agronomy*, 9(5): 251.
8. Hayat, A., Amin, M. and Afzal, S. 2020. Statistical investigation to explore the impact of soil and other characteristics on cotton yield. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(11): 1434-1442.
9. Kalivas, D., and V. Kollias. 2001. Effects of soil, climate and cultivation techniques on cotton yield in Central Greece, using different statistical methods. *Agronomie*, 21(1):73–89.
10. Kholov Yo, D., and Kholliyev A.E. 2019. Growing of cotton varieties and hybrid to the height under the ecological conditions of soil salinity and washed soil salinity. *Asian journal of Multidimensional Research*, 8(9): 84-89.
11. Khorasandi, F., and Anaghali, A. 2009: Reproductive compensation of cotton after salt stress relief at different growth stages. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195: 278–283.
12. Lauchli, A., and Grattanm, S.R. 2007. Plant growth and development under salinity stress. In: M. A. Jenks, ed. *Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops*, pp. 1–32. Springer, Dordrecht.

13. Lu, S., Ma, R. and Chen, W., 2012. The Land Suitability Evaluation of Cotton Based on GIS Technology. *Advanced Materials Research*, 403: 1309-1314). Trans Tech Publications Ltd.
14. Lund, E.D., Christy, C.D. and Drummond, P.E. 2000. Using yield and soil electrical conductivity (EC) maps to derive crop production performance information. Pp. 1–10. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture*, Bloomington, Minnesota, USA, 16-19 July., American Society of Agronomy.
15. Mathewos, M., Dananto, M., Erkossa, T., and Mulugeta, G. 2018. Parametric Land Suitability Assessment for Rainfed Agriculture: The Case of Bilate Alaba Sub-watershed, Southern Ethiopia. *Agrotechnology* 07.
16. Mehregan, F., Keramatzadeh, A., Eshraghi, F. and Shirani Bidabadi, F. 2017. Factors affecting the cotton acreage response in Golestan Province. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 4 (1): 1-16. (In Persian with English Abstract).
17. Ministry of Jihad Agriculture, Cotton Project Office. 2020. Crop area and amount of cotton production in the country. (In Persian).
18. Mohammadi, J. 2006. *Pedometry: Classical Statistics* (1). Pelk, Tehran, 532p. (In Persian).
19. Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance, *Annual Review of Plant Physiology*, P. 651-681.
20. Nowruozi, M., Shamsabadi, H. and Nowrouzieh, Sh. 2014. Effect of conservational tillage and plant density on two cottons cultivars yield. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 1(2): 105-122. (In Persian with English Abstract).
21. Paknejad, F., Razaji, A., Moarefi, M., Damghani, A. M., and Ilkhaee, M.N. 2019. Meta-analysis of the Effects of Salinity Stress on Cotton (*Gossypium* spp.) Growth and Yield in Iran. *Journal of Agricultural Sciences*, 26(1): 94-103.
22. Pansu, M. and Gautheryou, J. 2006. *Handbook of Soil Analysis, Mineralogical, Organic and Inorganic Methods*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 993pp.
23. Rabia, A.H. 2012. A GIS based land suitability assessment for agricultural planning in Kiltte Awulaelo district, Ethiopia. *The 4th International Congress of ECSSS, EUROSOIL, Bari, Italy*.
24. Seilsepour, M. 2020. Field evaluation of boron and zinc application on yield and quality characteristics of Varamin cotton in a calcareous soil. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 8(1): 67-84. (In Persian with English Abstract).
25. Seyed Jalali, S.A., Zareian, A., Zaynadini, A. and Saadatmand, Gh. 2007a. Determining land suitability and estimating wheat production potential in calcareous soils of Khuzestan, Fars, Isfahan and Kerman provinces, *Technical Journal No. 1341, Soil and Water Research Institute*. (In Persian with English Abstract).
26. Seyed Jalali, S.A., Zareian, A., Zaynadini, A., and Saadatmand, Gh. 2007b. Determining land suitability and estimating wheat production potential in

- gypsum soils of Khuzestan, Fars, Isfahan and Kerman provinces, Technical Journal No. 1345, Soil and Water Research Institute. (In Persian with English Abstract).
27. Sys, C., Vanrast, E. and Debavey, J. 1991. Land evaluation, Parts I and II, general administration for development cooperation agricultural. Brussels, Belgium.
 28. Sys, C., Vanrast, E. and Debavey, J. 1993. Land evaluation, Parts III, Crop Requirements. General administration for development cooperation agricultural. Brussels, Belgium. 197 pp.
 29. USDA. 2012. Field Book for Describing and Sampling Soils. Version 3, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
 30. Zeinadini Meymand, A., Bagheri Bodaghabadi, M., Moghimi, A., Navidi, M. N., Ebrahimi Meymand, F. and Amir Pour, M. 2018. Modeling of yield and rating of land characteristics for corn based on artificial neural network and regression models in southern Iran. Desert 23-1. pp: 85-95.

