

## مقاله پژوهشی

# بررسی تأثیر ویژگی‌های خاک بر عملکرد و اصلاح جدول نیازهای رویشی ذرت

سیدعلیرضا سیدجلالی\*<sup>۱</sup>، مهناز اسکندری<sup>۱</sup>، علی زین الدینی میمند<sup>۱</sup>، میرناصر نویدی<sup>۱</sup>، غلامرضا زارعیان<sup>۲</sup>،  
ابوالفضل آزادی<sup>۳</sup>، اعظم خسروی‌نژاد<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۹

- ۱- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
  - ۲- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زرقان، ایران
  - ۳- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
  - ۴- کارشناس پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران
- \* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: [ajalali@areeo.ac.ir](mailto:ajalali@areeo.ac.ir)

## چکیده

ذرت از اهمیت ویژه‌ای در میان غلات جهان برخوردار است چرا که افزون بر مصرف خوراکی، کاربردهای صنعتی فراوانی نیز دارد. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر ویژگی‌های خاک بر عملکرد ذرت دانه‌ای و درجه‌بندی آن‌ها برای اصلاح جدول نیازهای رویشی این گیاه در مطالعات ارزیابی تناسب اراضی بود. بدین‌منظور، ۱۰۱ مزرعه ذرت در استان‌های خوزستان، کرمان، فارس و قزوین انتخاب شد. در هر مزرعه، یک خاکرخ مطالعه و پرسش‌نامه کاربری اراضی تکمیل گردید. پس از تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی لازم، رگرسیون چندمتغیره به روش پس‌رونده میان عملکرد (متغیر وابسته) و ویژگی‌های مختلف خاک (متغیرهای مستقل)، بررسی شد. سپس به منظور اصلاح جدول نیازهای رویشی خاک برای ذرت، روابط رگرسیون ساده بین ویژگی‌های موثر خاک و عملکرد، بررسی و برای کلاس‌های مختلف تناسب سرزمین، درجه‌بندی شد. راستی‌آزمایی جدول پیشنهادی با استفاده از داده‌های ۱۴ مزرعه ذرت (حدود ۱۴٪ از داده‌ها) انجام شد. نتایج نشان داد که دامنه تغییرات عملکرد، آهک، شن، رس، سیلت، درصد سدیم تبادلی و شوری خاک زیاد است، لیکن درصد کربن آلی، واکنش خاک و درصد سنگریزه، در دامنه‌ی اندکی پراکنش دارند. در رگرسیون چندمتغیره نیز به‌ترتیب متغیرهای شوری، درصد سدیم قابل تبادل، درصد شن، کربن آلی، واکنش خاک، آهک و گچ در رابطه وارد شدند. ضریب تبیین رابطه پیشنهادی، حدود ۰/۸۳ بدست آمد. همچنین مقدار ضریب تبیین بین عملکرد و شاخص خاک برای داده‌های راستی‌آزمایی، حدود ۰/۸۶ بدست آمد که نشان‌دهنده قابل اعتماد بودن جدول پیشنهاد شده در این پژوهش است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی تناسب اراضی، کلاس تناسب، عملکرد، نیازهای رویشی گیاه، ویژگی‌های خاک

## Investigating the Effect of Soil Properties on Yield and Modifying the Crop Requirements Table of Maize

S A Seyed Jalali<sup>\*1</sup>, M Eskandari<sup>1</sup>, A Zeinadini Meymand<sup>1</sup>, M N Navidi<sup>1</sup>, G Zareian<sup>2</sup>, A Azadi<sup>3</sup>, A Khosravi Nejad<sup>4</sup>

Received: July 14, 2021

Accepted: February 28, 2022

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

2-Assist. Prof., Fars Agricultural and Natural Resources, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Zarghan, Iran

3-Assist. Prof., Khuzestan Agricultural and Natural Resources, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran

4-Researcher, Qazvin Agricultural and Natural Resources, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Qazvin, Iran

\*Corresponding Author, Email: [ajalali@areeo.ac.ir](mailto:ajalali@areeo.ac.ir)

### Abstract

### Background and Objectives

Maize has special importance among cereals across the world, because it has many industrial applications in addition to food consumption. However, the production of this crop requires high amounts of water and fertilizers. The number of inputs will be increased in case of the limited lands are available for cultivation of this plant. Accordingly, land suitability for maize should be determined in order to find the best suitability classes for selection of lands with lower land limitations. The objective of this study was to investigate the effects of soil properties on grain yield of maize in order to determine different soil rating for suitability classes of Maize.

### Methodology

To achieve the objectives of this study, a total of 101 grain maize farms in Khuzestan, Kerman, Fars and Qazvin provinces were selected. A questionnaire form was completed for each farm. A soil pedon was also studied and some soil samples were taken to accomplish the related physicochemical analyses. After that, multivariate regression was performed simultaneously between yield as a dependent variable and different soil properties as independent variables. Subsequently, in order to modify an earlier version of soil and landscape requirement table, the simple regression analysis were performed to find the relationships between soil properties and maize yield for modifying the rating classes of different land suitability classes. The available soil and landscape table for maize is based on a review of literature and experts opinion. Therefore, it was modified based on the collected data as well as the actual maize yield of farms in different regions of Iran. The verification of the proposed table was performed using data from 14 maize farms (about 14% of data) which was not used in the preparing the table. In the random selection of these 14 points, two samples from Fars, three samples from Qazvin, five samples from Kerman and four samples from Khuzestan were included.

### Findings

Results indicated that the range of yield variation, lime, sand, clay, silt, exchangeable sodium percentage and soil salinity are high, but the percentage of organic carbon, soil pH and gravel percentage are distributed in a small range. In multivariate regression, the variables of salinity, exchangeable sodium percentage, sand percentage, organic carbon, soil pH, lime and gypsum contents were included, respectively. The coefficient of determination of the proposed relationship was about 0.83. Therefore, the variables entered in the model were able to explain about 83% of variance of the changes related to dependent variable. By using this equation, some simple soil properties can be used to estimate the maize yield. Using simple regression equations, the effect of each soil characteristic on yield was determined and with their help, the soil and landscape requirement table of maize was modified. The value of coefficient of determination between yield and soil index for the verification data was about 0.86, which indicates the reliability of the table proposed in this study. Comparison of this table with the proposed soil and landscape requirements table for maize presented by Sys *et al.* (1993) indicated that there are many differences in the boundaries of proportion classes for lime and gypsum variables. There is also a difference in the salinity and sodicity variability of the soil at the boundaries of classes S2, S3 and N.

## Conclusions

Overall results of this study indicate that the main land limiting characteristics for maize production in the studied regions are soil salinity and sodicity. After these two variables, organic matter and soil pH are the main and effective factors influencing grain maize yield in selected farms across the country. In some areas, such as Kerman and Qazvin provinces, the physical properties of soil are limiting for maize cultivation and thus adversely affect reduction of the yield. As a consequence, it is clear that before planting any crop, the land suitability evaluation for any crop must first be assessed. By using the crop requirements table of each crop and land suitability evaluation one can recognize the land limitations of each region for cultivating that crop. Then, according to the type of limitation, special management can be assigned for each region.

**Keywords:** Crop requirements, Land suitability evaluation, Soil properties, Suitability class, Yield

## مقدمه

خاک از مهم‌ترین منابع طبیعی است، چراکه اصول و چگونگی بهره‌برداری از این منبع، پیشرفت و سطح توسعه‌یافتگی هر جامعه را تعیین می‌کند. بنابراین تخریب منابع خاک که البته در پی آن، تخریب منابع آب را نیز به همراه دارد، از مهمترین دغدغه‌های برنامه‌ریزان، مدیران و مجامع علمی و دانشگاهی به شمار می‌آید (سیدمحمدی و اسماعیل‌نژاد ۲۰۱۴). شناخت ویژگی‌های خاک در راستای اختصاص زمین به بهترین کاربری، پیش‌نیاز تصمیم‌گیری‌های آگاهانه و آمایش سرزمین است. همچنین اولین گام در تدوین الگوی کشت، انجام ارزیابی تناسب اراضی و تهیه نقشه‌های کلاس‌بندی تناسب برای

کشت هر گیاه می‌باشد.

ذرت به عنوان یکی از اساسی‌ترین فرآورده‌های زراعی، جایگاه و نقشی استراتژیک در ایران دارد، به طوری که به عنوان یک محصول مهم در همه استان‌های ایران کشت می‌شود (شیخ زین‌الدین و فتاحی ۲۰۲۱). تولید این محصول نیازمند مصرف آب و کود بسیار است و در صورت اختصاص اراضی دارای محدودیت به کشت این گیاه، مقدار نهاده‌های مصرفی در راستای تولید بیشتر، باز هم افزایش می‌یابد. بر این اساس باید در سطح کشور، اراضی با پتانسیل تولید مناسب برای کشت ذرت مشخص و اولویت‌بندی شوند. این مهم با انجام مطالعات

شده است (نویدی ۲۰۲۱). مطالعات تناسب اراضی برای ۴۱ گیاه زراعی و ۲۸ محصول باغبانی با مساحت تقریبی ۶/۲ میلیون هکتار به روش فائو (۱۹۷۶) و دستورالعمل ارائه شده توسط سایس و همکاران (۱۹۹۱)، در سراسر کشور انجام شد. این روش به عنوان شناخته‌شده‌ترین روش مورد تایید در ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از رابطه پارامتریک ریشه دوم، با تهیه نرم‌افزار ملی تناسب اراضی (نویدی ۲۰۱۹) مورد استفاده قرار گرفت. در این روش، ویژگی‌های اراضی و اقلیم منطقه با نیازهای رویشی گیاه مورد نظر مقایسه شده و کلاس تناسب و عامل محدودیت برای کشت گیاه مورد نظر مشخص می‌شود. جداول نیازهای رویشی کاربردی در این پژوهش گسترده، بیشتر بر پایه نظر کارشناسان خبره، تجربیات موجود در قطب‌های تولید هر محصول و مروری بر منابع موجود در ایران و جهان تهیه شد (زین‌الدینی و همکاران ۲۰۱۹، سیدجلالی و همکاران ۲۰۱۹).

زین‌الدینی میمند و همکاران (۲۰۱۸) پژوهشی را با هدف درجه‌بندی ویژگی‌های اراضی و تهیه جدول نیازهای رویشی خاکی برای ذرت دانه‌ای در جنوب ایران به روش‌های رگرسیونی و شبکه عصبی مصنوعی انجام دادند. در این پژوهش، ۶۳ مزرعه ذرت از استان‌های کرمان، هرمزگان و سیستان و بلوچستان انتخاب شد. پس از برداشت نمونه‌های خاک و آزمایش آن‌ها، ویژگی‌های اراضی با روش‌های اشاره شده، درجه‌بندی و جداول نیازهای رویشی ذرت دانه‌ای برای مناطق جنوب کشور تهیه شد. مقدار شوری برای مرز 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.

سیدجلالی و همکاران (۲۰۲۰)، پژوهشی به منظور بررسی تأثیر عوامل خاکی بر رشد نیشکر در اراضی تحت کشت نیشکر انجام دادند. بدین منظور، ۱۲۰ مزرعه در استان‌های خوزستان و مازندران انتخاب شد. نمونه‌های خاک از مزارع منتخب، جمع‌آوری و مورد آزمایش

ارزیابی تناسب سرزمین میسر می‌شود. در مطالعات طبقه‌بندی تناسب اراضی، از چارچوب فائو استفاده می‌شود که در آن، تناسب اراضی به رده‌های مناسب (S) یا نامناسب (N) و کلاس‌های S1، S2، S3 و N1 و N2 طبقه‌بندی می‌شود (سایس و همکاران ۱۹۹۱).

لازمه انجام مطالعات ارزیابی تناسب اراضی به روش فائو (۱۹۷۶)، تهیه جدول نیازهای رویشی (خاک و اقلیم) در سطح ملی است (سیدجلالی و همکاران ۲۰۲۲). به‌عنوان نمونه، سایس و همکاران در سال ۱۹۹۳، جداول نیازهای رویشی را برای دامنه وسیعی از گیاهان که در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشت می‌شوند، ارائه نمودند. این جداول به‌صورت کلی و ناحیه‌ای بوده و چندان قابل تعمیم به سایر مناطق نیست. در ایران نیز در راستای تصحیح یا تهیه جداول نیازهای رویشی گیاهان، پژوهش‌های متعددی تاکنون انجام شده است. به عنوان نمونه، سیدجلالی و همکاران (۲۰۰۷الف) به تصحیح درجه‌بندی آهک در جدول نیازهای رویشی گندم پرداختند. در این پژوهش، ۹۲ نمونه خاک از استان‌های خوزستان، اصفهان و فارس، تهیه و رگرسیون خطی بین آهک و عملکرد گندم، برقرار شد. پس از استخراج بهترین رابطه رگرسیونی میان این دو متغیر، درجه‌بندی کلاس‌های تناسب انجام گردید. پژوهش مشابه دیگری توسط سیدجلالی و همکاران (۲۰۰۷ب) به‌منظور بررسی اثر گچ بر عملکرد گندم، انجام شد. 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 نشان داد که مقدار گچ بین ۰-۵ درصد، اراضی را در کلاس S1، گچ ۵-۱۵ درصد در کلاس S2، بین ۱۵-۳۵ درصد در کلاس S3 و بیش از ۳۵ درصد، اراضی را در کلاس N قرار می‌دهد.

نقشه‌های ملی تناسب اراضی برای گیاهان زراعی و باغبانی کشور به عنوان زیربنایی برای تهیه الگوی کشت محصولات کشاورزی در ایران، در فاصله سال‌های ۱۳۹۳ الی ۱۴۰۰، توسط وزارت جهاد کشاورزی تهیه

## مواد و روش‌ها

### نحوه انتخاب مزارع و نمونه‌برداری

برای دستیابی به هدف پژوهش، تلاش شد که مزارع انتخابی تا حد امکان دارای مدیریت تقریباً مشابه و در سطح متوسط باشند. همچنین از لحاظ استفاده از نهاده‌ها نیز در وضعیت متوسطی قرار داشتند. روش آبیاری در مزارع، یکسان و به صورت غرقابی و رقم غالب ذرت دانه‌ای مورد کشت در تمامی مناطق مورد مطالعه، سینگل کراس ۷۰۴ بود. با این حال، مزارع انتخابی از نظر عملکرد بسیار متنوع و طیف وسیعی از خاک‌ها را شامل می‌شد. با در نظر گرفتن این شرایط، تعداد ۱۰۱ مزرعه ذرت در دشت‌های استان‌های خوزستان، قزوین، فارس و کرمان هر یک به ترتیب شامل ۳۰، ۲۴، ۱۹ و ۲۸ نقطه مطالعاتی انتخاب شد. وسعت اراضی ذرت کاری در زمان نمونه‌برداری، در دشت زرقان فارس حدود ۵۰۰۰ هکتار و در دشت ارزوئیه کرمان در حدود ۱۲۰۰۰ هکتار بود. در استان قزوین نیز اراضی تحت کشت ذرت در سال ۱۳۹۶ در حدود ۱۲۰۰۰ هکتار بود. در استان خوزستان، اراضی تحت کشت ذرت در حدود ۶۰ هزار هکتار بود که با توجه به سطح تحت کشت در استان، دو سوم نقاط مطالعاتی در مناطق شمال و شمال غرب (اندیمشک و به‌ویژه شوش) و سایرین از مناطق جنوب شرق (رامهرمز و بهبهان) انتخاب شد. تمامی مزارع انتخاب شده از نوع کشت آبی و در واحدهای اراضی با شیب ۰-۲٪ واقع بود. موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری شده در استان‌های مختلف، در شکل‌های ۱ تا ۵ نمایش داده شده است.

نقاط مطالعاتی به نحوی انتخاب شدند که اثر سایر عوامل مانند مدیریت، اقلیم و دسترسی به آب مناسب، تا حد ممکن برای تمام مزارع در هر استان، تقریباً مشابه باشد. به عنوان مثال، وضعیت تناسب اقلیمی برای کشت ذرت در ایستگاه‌های هواشناسی نزدیک به مزارع نمونه-برداری شده در هر استان شامل زرقان، بهبهان، دزفول، حاجی‌آباد و قزوین، بررسی شد. وضعیت اقلیم از نظر

قرار گرفت. مقدار عملکرد نیشکر در هر نمونه با ویژگی‌های مؤثر خاک به کمک روابط آماری مشخص شد. سپس با برقراری رگرسیون ساده بین عملکرد و ویژگی‌های خاک، کلاس‌های مختلف تناسب سرزمین، درجه-بندی شد. نتایج راستی‌آزمایی جدول پیشنهادی نشان داد که ضریب تبیین شاخص خاک و مقدار عملکرد، ۰/۸۱ است که نشان‌دهنده دقت قابل قبول جدول ارائه شده است. همچنین سیدجلالی و همکاران (۲۰۲۱)، پژوهش مشابهی به منظور تهیه جدول نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای پنبه انجام دادند. نخست از ۱۲۳ مزرعه در استان‌های قم، خراسان رضوی، گلستان و فارس، نمونه-های خاک جمع‌آوری و مورد آزمایش قرار گرفت. مقدار عملکرد پنبه در هر نمونه با ویژگی‌های مؤثر خاک به کمک روابط رگرسیون ساده، بررسی و برای کلاس‌های مختلف تناسب سرزمین، درجه‌بندی شد. نتایج راستی-آزمایی جدول پیشنهادی نشان داد که ضریب تبیین شاخص خاک و مقدار عملکرد، ۰/۷۸ است.

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. هدف از پژوهش حاضر، اصلاح جدول نیازهای رویشی خاک برای کشت ذرت دانه‌ای است که پیش از این توسط سیدجلالی و همکاران (۲۰۱۹) ارائه شده است. این جدول که به کمک داده‌های جمع‌آوری شده از مزارع مختلف در ایران، اصلاح شد، می‌تواند به عنوان راهنمایی برای تمام مناطق ذرت‌کاری و یا مناطق رو به توسعه کشت ذرت در کشور، مورد استفاده قرار گیرد.

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 مرتبط نیز کنترل شد.

### تجزیه و تحلیل آماری و تدوین جدول

در راستای مطالعه اثرات ویژگی‌های مختلف خاک و اراضی بر عملکرد ذرت و بررسی اثرمتغیرها بریکدیگر، از تجزیه و تحلیل آماری و روابط رگرسیونی چندمتغیره و ساده استفاده شد. نخست باید برای برخی متغیرها مانند 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 سایس و همکاران (۱۹۹۱) مورد استفاده قرار گرفت تا متغیرهای خاکی در افق‌های مختلف تبدیل به یک عدد شوند.

بر این 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 به‌عنوان متغیرهای مستقل و عملکرد به‌عنوان 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. سپس، آزمون نرمال بودن 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 خاک برای اصلاح جدول نیازهای رویشی ذرت، از روابط رگرسیون ساده میان هر متغیر و عملکرد استفاده شد. مناسب‌ترین

درجه حرارت در سیکل رشد، رطوبت نسبی هوا و تشعشع آفتابی در دوره فنولوژی مرتبط برای کشت ذرت به کمک نرم‌افزار ملی تناسب اراضی (نویدی ۲۰۱۹) به روش پارامتریک ریشه دوم محاسبه شد. تمامی ایستگاه‌های بررسی شده از نظر کلاس تناسب اقلیمی برای کشت ذرت، در کلاس S1 (کاملاً مناسب) قرار داشت. بدین ترتیب می‌توان اثر ویژگی‌های خاک را بر عملکرد ذرت، تجزیه و تحلیل آماری و پس از آن، درجه‌بندی نمود. خاکرخ‌های انتخابی براساس راهنمای تشریح و نمونه‌برداری خاک سرویس حفاظت خاک آمریکا (بی‌نام 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 pH=۷ و ازت کل به روش کجلدال اندازه‌گیری شدند (علی احیایی و بهبهانی‌زاده ۱۹۹۳، علی احیایی ۱۹۹۷).

برای هر مزرعه، 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 (مانند شخم و دیسک، کوددهی، سم‌پاشی، آبیاری، هرس، برداشت محصول و هزینه کارگری) ثبت شد. روند تکمیل اطلاعات در این پژوهش در سه سال متوالی از ۱۳۹۶ الی ۱۳۹۸، انجام گردید. اطلاعاتی همچون مقدار عملکرد برای هر مزرعه مطالعاتی، بر پایه متوسط مقدار گزارش شده برای سالیان مختلف کشت ذرت که توسط محققان

تغییرات این ویژگی‌ها و تغییرپذیری آن‌ها در خاک‌های مورد مطالعه بود. بدین ترتیب، جدول نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای ذرت در مناطق مورد مطالعه استخراج شد که می‌تواند در محاسبات ارزیابی تناسب اراضی برای کشت این محصول در ایران مورد استفاده قرار گیرد.

راستی‌آزمایی جدول پیشنهاد شده برای کشت ذرت، به کمک داده‌های موجود از ۱۴ خاکرخ انجام شد که در تهیه جدول به‌کار نرفته بودند. به عبارت دیگر، حدود ۸۶ درصد از داده‌های اولیه برای تهیه جدول و ۱۴ درصد برای صحت‌سنجی جدول پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفت. استخراج و طبقه‌بندی تناسب اراضی 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

رده‌بندی خاک‌ها بر پایه کلید تاکسونومی خاک (بی‌نام ۲۰۱۴) در نقاط نمونه‌برداری شده نشان داد که در استان فارس خاک‌ها در رده اینسپیتی‌سول و در دو گروه بزرگ Typic Haploxerepts و Typic Calcixerepts قرار می‌گیرند. نقاط نمونه‌برداری شده در استان کرمان در دو رده انتی‌سول و اریدی‌سول به چشم می‌خورند و متعلق به گروه‌های بزرگ Typic Torriorthents، Typic Torrifluents، Typic Haplogypsids و Typic Haplocambids هستند. در استان قزوین نیز خاک‌ها در دو رده اینسپیتی‌سول با گروه‌های بزرگ Typic Haploxerepts و Typic Calcixerepts و انتی‌سول با گروه‌های بزرگ Typic Xerofluents و Typic Xerorthents قرار دارند. خاک‌های نمونه‌برداری شده در استان خوزستان، در رده اینسپیتی‌سول و زیر رده Ustepts قرار داشتند و شامل سه گروه بزرگ Typic Haplustepts، Calcic Haplustepts و Aridic Haplustepts بودند. همچنین در

روابط با توجه به بالاترین ضریب همبستگی، انتخاب گردید. همانطور که قبلاً نیز ذکر شد، مبنای درجه‌بندی ویژگی‌های اراضی، راهنمای ارزیابی سرزمین برای نباتات خاص (بی‌نام ۱۹۷۶) و روش پیشنهادی سایس و همکاران (۱۹۹۱) بود. بنابراین مرز کلاس‌های مختلف تناسب اراضی در جدول پیشنهادی، مطابق با جداول سایس و همکاران (۱۹۹۱) تعیین شد. بدین‌صورت که پس از مشخص شدن ویژگی‌های مهم و مؤثر اراضی بر عملکرد ذرت، بهترین معادله رگرسیونی ساده بین عملکرد و هر ویژگی خاک به‌صورت مجزا به‌دست آمد. بر روی محور عملکرد، نقاط ۸۰، ۴۰ و ۲۰ درصد حداکثر عملکرد، مشخص و به منحنی متصل شد (بی‌نام ۱۹۸۳). 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. به منظور ایجاد هماهنگی در تمامی مناطق، عملکرد ۲۰ درصد در ارزیابی کیفی تناسب اراضی، به عنوان عملکرد سر به سر توسط فائو معرفی شده است (بی‌نام ۱۹۸۳).

برای تعیین حدود مربوط به مرز کلاس‌ها در مورد ویژگی‌هایی از اراضی که با بررسی آماری امکان درجه‌بندی آن‌ها وجود نداشت مانند خیزی خاک و درصد سنگریزه، همچنین در مورد پارامترهایی مانند سطح آب زیرزمینی و عمق خاک، براساس مقادیر بهینه آن‌ها برای محصول ذرت بر پایه منابع معتبر (سیدجلالی و همکاران ۲۰۱۹)، بررسی‌های میدانی، مطالعات صحرائی و بررسی دقیق کارت‌های تشریح خاکرخ، درجه‌بندی انجام شد. دلیل این امر، کمبودن دامنه

کمتری داشت. واکنش خاک در اراضی بررسی شده از ۶/۸ تا ۸/۵ متغیر و میانگین آن، ۷/۷ گزارش شده است. مقدار واریانس متغیرهای آهک، شوری، درصد سدیم قابل تبادل و اجزای تشکیل دهنده بافت خاک، زیاد بود که نشان می‌دهد اکثر داده‌ها دارای پراکنش بسیار است (جدول ۱). آزمون کلموگروف-اسمیرنوف نشان داد که داده‌ها دارای توزیع نرمال می‌باشند. همانطور که از جدول ۱ مشاهده می‌شود به دلیل محدودیت‌های خاکی مهم مانند شوری و سدیمی بودن و مقدار آهک خاک، واریانس عملکرد ذرت نیز زیاد است.

نتیجه ورود تمامی متغیرهای خاکی اندازه‌گیری شده به‌عنوان متغیر مستقل و عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته در رگرسیون چندمتغیره به روش پس‌رونده<sup>۱</sup> در رابطه ۱ ارائه شده است. هفت متغیر شوری، درصد سدیم قابل تبادل، مقدار کربن آلی، واکنش خاک، درصد شن، درصد آهک و گچ، در معادله باقیمانده‌اند. این نتیجه قابل پیش‌بینی است چراکه چند متغیر نخست قرار گرفته در رابطه، بیشترین همبستگی با عملکرد را دارند. ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای مستقل خاکی و عملکرد ذرت در جدول ۲ ارائه شده است.

معادله ۱ دارای ضریب تبیین ( $R^2$ ) حدود ۰/۸۳ و ضریب تبیین تعدیل یافته برابر با ۰/۸۱ است. بدین مفهوم که متغیرهای وارد شده به مدل توانسته‌اند حدود ۸۳ درصد از واریانس تغییرات مربوط به متغیر وابسته را تعیین نمایند. با توجه به این‌که ارزش  $P$  value کمتر از ۰/۰۱ است، بنابراین با اطمینان ۹۹ درصد می‌توان گفت که رابطه مذکور (رابطه ۱) در این سطح معنی‌دار می‌باشد. جدول ۳، تجزیه واریانس رابطه رگرسیون چندمتغیره بین عملکرد و متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه مقدار  $F$  بدست آمده (۵۳/۹۵) در سطح احتمال یک درصد از مقدار  $F$  جدول (۲/۷۹)، بیشتر است بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با اطمینان

این استان خاک‌هایی در رده انتی‌سول و گروه بزرگ Typic Torriorthents نیز نمونه‌برداری شده است.

نتایج آمار توصیفی ویژگی‌های سرزمین در مزارع ذرت انتخابی کشور در جدول ۱ ارائه شده است. برپایه این جدول، دامنه تغییرات آهک زیاد است. بیشترین مقدار آهک در نمونه‌های برداشت شده از استان خوزستان دیده می‌شود و پس از آن، در استان فارس قرار دارند. میانگین آهک در مزارع انتخابی این دو استان، بیش از مقدار متوسط ارائه شده در جدول ۱ یعنی ۳۰/۷ درصد است. در مقابل، متوسط مقدار آهک در نمونه‌های برداشت شده از دو استان قزوین و پس از آن کرمان، به ترتیب حدود ۱۴/۳ و ۲۴/۳ درصد بود. بجز آهک، متغیرهای عملکرد، شوری و سدیمی بودن و واکنش و درصد کربن آلی خاک نیز دامنه تغییرات بزرگی داشت که نشان‌دهنده تنوع خاک‌های انتخابی در انجام این پژوهش است. در دو استان خوزستان و قزوین، مقدار گچ در اراضی انتخابی تحت کشت ذرت، ناچیز بود. در مقابل، در دو استان فارس و بویژه کرمان، مقدار متوسط گچ در اراضی انتخابی از مقدار متوسط نمونه‌های اخذ شده در این پژوهش (۰/۷۵ درصد)، بسیار بیشتر بود به طوری که متوسط مقدار در استان کرمان در حدود ۳/۵ درصد، بدست آمد. متوسط مقدار شوری خاک در اراضی مورد مطالعه، ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. بیشترین مقدار متوسط شوری در اراضی نمونه‌برداری شده از استان فارس و پس از آن به ترتیب در استان‌های خوزستان، کرمان و قزوین مشاهده شد. مقدار میانه برای این متغیر برابر با ۲/۲ دسی‌زیمنس بر متر است که نشان می‌دهد بیش از نیمی از نمونه‌ها مقداری بسیار کمتر از میانگین دارند. بیشترین اراضی تحت کشت ذرت با محدودیت درصد سدیم قابل تبادل نیز در استان خوزستان و پس از آن در قزوین قرار داشت. بافت خاک در نمونه‌های انتخابی از استان کرمان، سبک‌تر بود و درصد رس

<sup>1</sup> Backward



۹۹ درصد بین متغیرهای مستقل یعنی ویژگی‌های خاک

و عملکرد نرت، رابطه معناداری وجود دارد.

$$Y = -453.25EC - 139.18 ESP + 1976.80 OC - 20.60 Sand - 1786.10 pH - 81.10 CCE - 183.20 Gyps + 24443.62, R^2 = 0.83$$

[۱]

جدول ۱- آماره‌های توصیفی داده‌های ویژگی‌های خاک و عملکرد نرت.

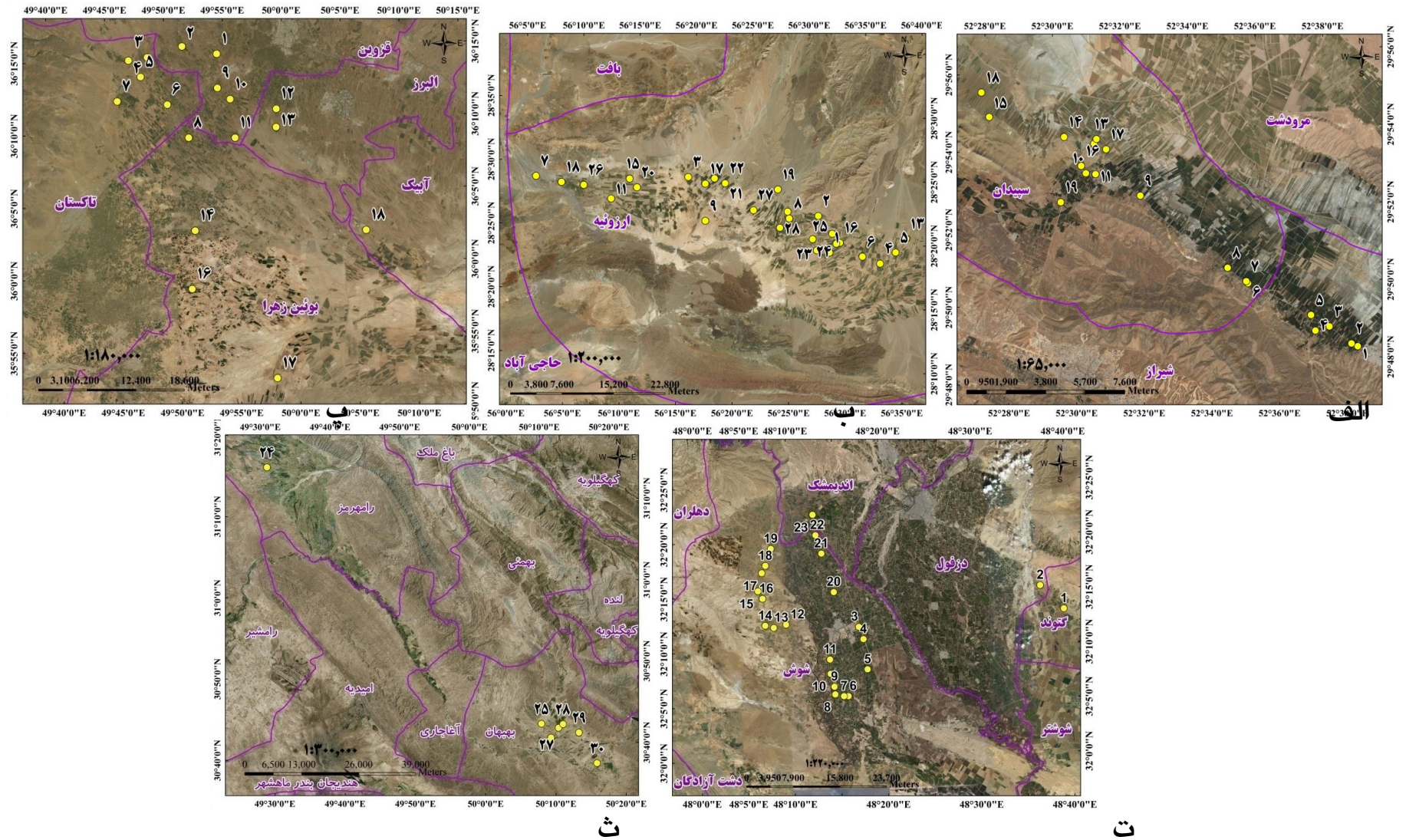
سنگریزه	شن	سیلت	رس	ESP	EC	OC	pH	گچ	آهک	عملکرد واقعی	
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(dS m <sup>-1</sup> )	(%)		(%)	(%)	(Kg ha <sup>-1</sup> )	
۰/۰۳	۳۴/۹۲	۳۸/۶۶	۲۶/۴۲	۵/۵۴	۳/۵۰	۰/۶۵	۷/۷۱	۰/۷۵	۳۰/۷۲	۶۵۷۹/۳	میانگین
۰/۰۰	۳۰/۰۰	۴۰/۲۸	۲۶/۰۰	۰/۰۰	۲/۱۷	۰/۵۶	۷/۸۰	۰/۰۰	۳۳/۵۷	۶۵۰۰/۰	میانه
۰/۰۰	۱۴/۳۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۰/۰۰	۰/۵۰	۰/۰۴	۶/۸۰	۰/۰۰	۷/۰۸	۱۷۵۰/۰۰	کمینه
۲/۸۰	۹۲/۰۰	۷۰/۰۰	۴۶/۶۵	۴۶/۶۰	۲۹/۰۰	۱/۶۰	۸/۵۰	۸/۸۰	۶۱/۲۹	۱۱۵۰۰/۰	بیشینه
۲/۸۰	۷۷/۷۰	۶۶/۰۰	۴۲/۶۵	۴۶/۶۰	۲۸/۵۰	۱/۵۶	۱/۷۰	۸/۸۰	۵۴/۲۱	۹۷۵۰/۰۰	دامنه
۰/۲۹	۱۶/۹۵	۱۱/۱۴	۹/۳۹	۹/۳۷	۴/۱۴	۰/۳۹	۰/۴۴	۱/۷۵	۱۱/۸۰	۲۲۷۰/۹۰	انحراف معیار
۰/۰۸	۲۸۷/۱۶	۱۲۴/۱۸	۸۸/۱۱	۸۷/۹۰	۱۷/۱۳	۰/۱۵	۰/۱۹۰	۳/۰۶۱	۱۳۹/۳۰	۵۱۵۷۰۰۰/۰	واریانس
۹۶۰/۳	۴۸/۵	۲۸/۸	۳۵/۵	۱۶۹/۲	۱۱۸/۳	۵۹/۱	۵/۷	۲۳۳/۴	۳۸/۴	۳۴/۵	ضریب تغییرات
۹/۵۹	۱/۴۷	۰/۸۳	۰/۴۰	۲/۲۵۷	۳/۵۲	۰/۷۱۰	۰/۳۸	۳/۰۲۲	۰/۱۵۰	۰/۰۹۲	چولگی
۹۲/۰	۱/۸۷	۱/۸۴	۰/۴۱	۵/۱۴۱	۱۶/۵۳	۰/۳۲	۰/۸۸	۹/۴۴	۰/۴۰۰	۰/۷۲	کشیدگی

جدول ۲- نتایج همبستگی پیرسون بین متغیرهای مستقل خاکی و عملکرد نرت.\*

شن	سیلت	رس	ESP	EC	OC	pH	گچ	آهک	عملکرد	
(%)	(%)	(%)	(%)	(dS m <sup>-1</sup> )	(%)		(%)	(%)	(Kg ha <sup>-1</sup> )	
۰/۳۶۳**	۰/۲۴۷*	۰/۳۹۰**	۰/۶۰۷**	۰/۶۳۰**	۰/۳۹۸**	۰/۳۲۲**	۰/۰۳۹	۰/۰۷۴	۱	عملکرد (Kg ha <sup>-1</sup> )
۰/۳۶۶**	۰/۴۲۹**	۰/۱۸۹	۰/۳۰۹**	۰/۲۰۳	۰/۲۰۸	۰/۵۱۵**	۰/۰۹۸	۱		آهک (%)
۰/۱۷۰	۰/۱۶۷	۰/۱۲۴	۰/۱۰۸	۰/۰۰۵	۰/۲۳۶*	۰/۱۳۹	۱			گچ (%)
۰/۳۳۸**	۰/۳۹۰**	۰/۱۸۰	۰/۳۴۸**	۰/۰۰۷	۰/۰۴۵	۱				pH
۰/۵۰۲**	۰/۳۵۶**	۰/۵۲۲**	۰/۳۰۳**	۰/۰۲۵	۱					OC (%)
۰/۰۳۶	۰/۱۰۷	۰/۱۸۹	۰/۳۰۶**	۱						EC (dS m <sup>-1</sup> )
۰/۱۲۲	۰/۱۹۴	۰/۰۰۴	۱							ESP (%)
۰/۸۴۴**	۰/۴۹۰**	۱								رس (%)
۰/۸۸۲**	۱									سیلت (%)
۱										شن (%)

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



شکل ۳- موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه برداری شده در الف) استان فارس، ب) استان کرمان، پ. استان قزوین، ت) استان خوزستان (شمال غربی) و ث) استان خوزستان (جنوب شرقی).

## جدول ۳- تجزیه واریانس رابطه رگرسیون

## چندمتغیره بین عملکرد ذرت و ویژگی‌های خاک \*

مدل	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	P value
رگرسیون	۳۷۱۰۶۸۰۴۰/۴۰	۷	۵۳۰۰۹۷۲۰/۰۶	۵۳/۹۰	۰/۰۰۰
باقیمانده	۷۳۸۸۰۵۱/۵۶	۷۹	۹۸۳۳۹۳/۱۰		
کل	۴۴۸۷۵۶۰۹۲/۰۰	۸۶			

\* پیش‌بینی شده به کمک: مقدار گچ و آهک خاک، مقدار شوری و

سدیمی بودن خاک، مقدار شن، کربن آلی و واکنش خاک

شوری از مهم‌ترین عوامل موثر بر عملکرد می‌باشد. دهقان و نادری (۲۰۰۷) با بررسی اثر شوری بر عملکرد سه رقم مختلف ذرت نشان دادند که بین میانگین عملکرد دانه با سطوح مختلف شوری رابطه معنی‌داری وجود دارد. به این مفهوم که بی‌توجه به نوع رقم، تغییرات این متغیر به شکلی آشکار بر عملکرد دانه اثر داشته و با افزایش شوری، عملکرد همواره روندی کاهشی دارد. مقدار متوسط کاهش عملکرد ذرت دانه‌ای به ازای هر واحد افزایش شوری نسبت به شاهد در پژوهش مذکور، ۱۳٪ محاسبه شد. ذرت محصولی نسبتاً حساس به تنش شوری است و در پژوهش‌های گذشته نشان داده شده که عملکرد آن تا مقدار هدایت الکتریکی ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر کاهش نمی‌یابد. در مقدار فراتر از این آستانه کاهش، در ازای هر یک دسی‌زیمنس بر متر افزایش شوری، ۱۲ درصد کاهش در عملکرد مشاهده شده است (لئوگراند و همکاران ۲۰۱۶، ماس

۱۹۸۶). داده‌های تحلیل شده در پژوهش حاضر نشان داد که عملکرد ذرت تا شوری دو دسی‌زیمنس بر متر، کاهش نمی‌یابد که با نتایج لئوگراند و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد.

همانطور که ذکر شد روابط رگرسیونی تک متغیره برای همه ویژگی‌های مورد بررسی با عملکرد با کاربرد تمام معادلات ممکن (خطی، لگاریتمی، نمایی، درجه دوم، توانی و سایر معادلات)، استخراج شد. بهترین روابط با بیشترین مقدار ضریب تبیین برای هر یک از پارامترها، در جدول ۴ ارائه شده است. به عنوان مثال در این پژوهش، رابطه پیشنهادی برای مقدار عملکرد ذرت و مقدار شوری خاک، به صورت تابع نمایی بدست آمد که مقدار ضریب تبیین آن برابر ۰/۵۲ است. بنابراین با اطمینان ۹۹ درصد، ۵۲ درصد از تغییرات عملکرد ذرت، تحت تاثیر شوری خاک است و مابقی تغییرات مربوط به سایر عوامل می‌باشد. بهترین رابطه پیشنهادی برای مقدار عملکرد و درصد سدیم قابل تبادل خاک، به صورت تابع نمایی با ضریب تبیین حدود ۰/۳ بدست آمد. بنابراین می‌توان گفت که با اطمینان ۹۹ درصد، ۳۰ درصد از تغییرات عملکرد ذرت می‌تواند تحت تاثیر مقدار درصد سدیم قابل تبادل خاک باشد. همچنین، ضعیف‌ترین رابطه میان مقدار عملکرد و درصد شن خاک، به صورت تابع درجه سوم بدست آمد که مقدار ضریب تبیین آن برابر ۰/۱۵ بود.

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

متغیر مستقل	نوع معادله	ضریب همبستگی	معادله	سطح معنی‌داری
آهک	درجه سوم	۰/۱۶	$y = -0.2993x^3 + 31.831x^2 - 1008.7x + 15774$	۰/۰۰۳
گچ *	نمایی	۰/۷۳	$y = 9395.9e^{-0.085x}$	۰/۰۰۰۱
کربن آلی	توانی	۰/۲۴	$y = 7656x^{0.2967}$	۰/۰۰۰۱
واکنش خاک	درجه سوم	۰/۳۴	$y = -4556.1x^3 + 99388x^2 - 721113x + 2E+06$	۰/۰۰۰۱
شوری خاک	نمایی	۰/۵۲	$y = 7847.4e^{-0.071x}$	۰/۰۰۰۱

## ادامه جدول ۴

۰/۰۰۰۱	$y = 6737.8e^{-0.0033x}$	۰/۲۹	نمایی	درصد سدیم قابل تبادل
۰/۰۰۱	$y = -0.7405x^2 + 21.854x + 7259.1$	۰/۱۵	درجه سوم	شن
۰/۰۰۰۱	$y = -5.7181x^2 + 377.45x + 1372.1$	۰/۲۲	درجه سوم	رس

\* رابطه میان گچ با عملکرد تنها در خاکرخی‌های واجد گچ بررسی شده است.

رویشی خاک و زمین‌نما برای ذرت که توسط سبب و همکاران (۱۹۹۳) ارائه شده نشان داد که اختلاف زیادی در مرزهای کلاس‌های تناسب برای متغیرهای آهک و گچ وجود دارد. همچنین در مورد متغیرهای شور و سدیمی بودن خاک نیز در مرز کلاس‌های S2، S3 و N، تفاوت به چشم می‌خورد.

حدود یا مرز بین کلاس‌های تناسب سرزمین به کمک روابط ارائه شده در جدول ۴، تعیین شد و در نتیجه آن، جدول نیازهای رویشی خاک و اراضی برای کشت ذرت دانه‌ای به کمک داده‌های مناطق مورد مطالعه، اصلاح شد که در جدول ۵ ارائه شده است. مقایسه این جدول با جدول پیشنهاد شده برای نیازهای

## جدول ۵- نیازهای خاکی و زمین‌نما برای کشت ذرت دانه‌ای\*

کلاس، درجه محدودیت و مقیاس درجه‌بندی						خصوصیات اراضی
N2	N1	S3	S2	S1		
4		3	2	1	0	
0	25	40	60	85	95	100
(t) پستی و بلندی						
شیب (%)						
>6		4-6	2-4	1-2	0-1	(۱)
>16		8-16	4-8	2-4	0-2	(۲)
>50	30-50	16-30	8-16	4-8	0-4	(۳)
(w) خیزی						
سیل‌گیری						
F2+	-	F1	-	-	Fo	
poor not drainable	poor but Drainable	poor and Aeriac	imperfect good	moderate moderate	Good Imperfect	(۴) زهکشی
(۵)						
خصوصیات فیزیکی خاک						
(s)						
Cm, SiCm, cS		fS, S, LcS	C+60v, SL, L, LS, LfS	C-60v, SC, C+60s, L, SCL	Co, SiC, SiCL, Si, SiL, CL, C-60s, SiCs	بافت/ساختمان
>55		35-55	15-35	3-15	0-3	قطعات درشت (درصد حجمی)
<10		10-20	20-50	50-90	>90	عمق خاک (cm)
>60		50-60	40-50	20-40	0-20	آهک اولیه (%)
>40		30-40	20-30	10-20	0-10	گچ (%)
خصوصیات حاصلخیزی خاک						
(f)						
>8.5	<5.2	5.5-5.2	5.8-5.5	6.2-5.8	6.6-6.2	pH(H <sub>2</sub> O)
		8.2-8.5	7.8-8.2	7.0-7.8	6.6-7.0	

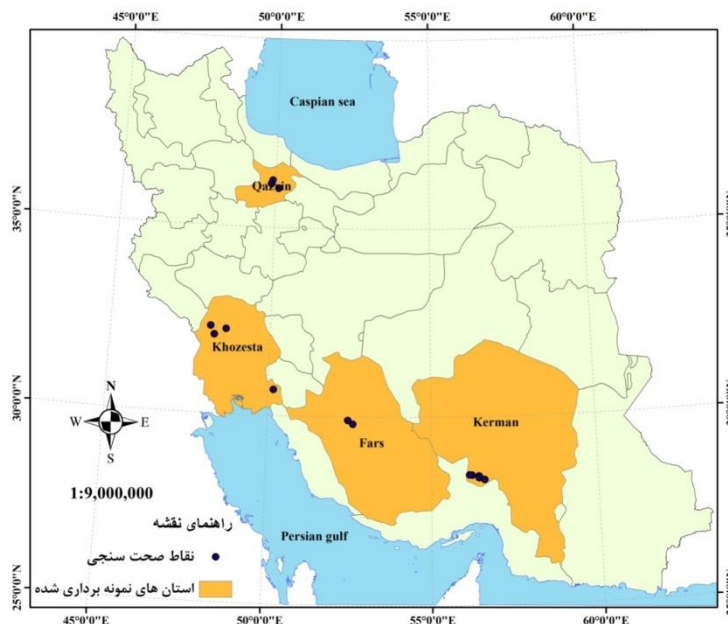
ادامه جدول ۵

	کربن آلی (%)			
	<0.2	0.4-0.2	0.8-0.4	>0.8
شوری و قلیائیت (n)				(۶)
EC (dS m <sup>-1</sup> )	>11	7-11	4-7	2-4
ESP (%)	>30	20-30	15-20	8-15
				0-2
				0-8

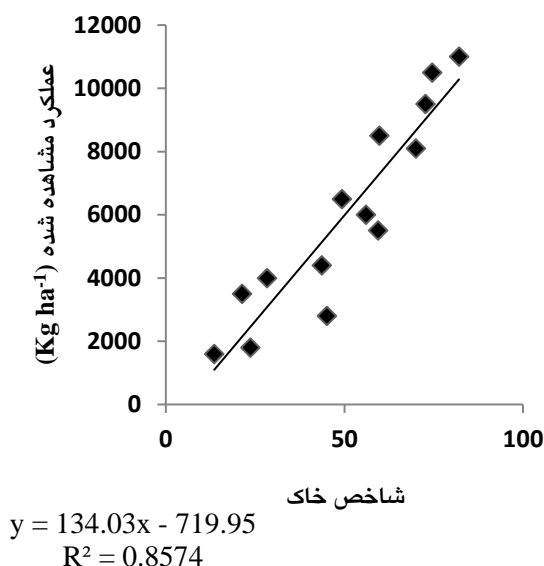
\* (۱) درجه بندی شیب برای کشت آبی: آبیاری جوی و پشته و کرتی  
 (۲) درجه بندی شیب برای کشاورزی با سطح بالای مدیریت و مکانیزاسیون کامل  
 (۳) درجه بندی شیب برای سطح مدیریت پایین، شخم با استفاده از حیوانات و کارهای دستی  
 (۴) درجه بندی زهکشی برای خاک‌ها با بافت متوسط و ریز  
 (۵) درجه بندی زهکشی برای خاک‌ها با بافت سبک (خانواده‌های شنی)  
 (۶) درجه بندی کربن آلی برای مواد آهکی

برای هر یک از خاک‌ها به روش پارامتریک ریشه دوم برای کشت ذرت در مقابل عملکرد آن، بدست آمده است. مقدار ضریب تبیین بین عملکرد و شاخص خاک، حدود ۰/۸۶ بدست آمد که نشان دهنده قابل اعتماد بودن درجه بندی ویژگی‌های اراضی و جدول تهیه شده در این پژوهش می‌باشد.

موقعیت نقاط نمونه برداری شده که برای راستی آزمایی جدول نیازهای رویشی خاک و سرزمین پیشنهادی برای ذرت دانه‌ای (جدول ۵)، مورد استفاده قرار گرفت، در شکل ۴ ارائه شده است. همچنین رابطه بین شاخص خاک محاسبه شده با مقدار عملکرد ذرت در هر یک از ۱۴ نقطه، در شکل ۵ نشان داده شده است. این نمودار، با استفاده از شاخص خاک محاسبه شده



شکل ۴- موقعیت جغرافیایی ۱۴ خاک‌رخ مورد استفاده برای راستی آزمایی جدول نیازهای رویشی پیشنهادی



شکل ۵- رابطه میان شاخص خاک و مقدار عملکرد ذرت برای ۱۴ نمونه خاک کاربردی در صحت‌سنجی جدول نیازهای رویشی پیشنهادی برای ذرت

### نتیجه‌گیری کلی

در پژوهش حاضر، جدول نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای ذرت دانه‌ای با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از چهار استان مختلف ایران، اصلاح و بومی‌سازی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که شور و سدیمی بودن، مقدار ماده آلی و واکنش خاک‌ها، از عوامل اصلی و مؤثر در مقدار عملکرد ذرت دانه‌ای در مزارع منتخب کشور است. همچنین مقدار آهک و گچ در

### تقدیر و تشکر

نویسندگان از حمایت‌های مؤسسه تحقیقات خاک و آب برای به انجام رسیدن پروژه تحقیقاتی "تعیین نیازهای رویشی برای ذرت در استان‌های خوزستان،

### منابع مورد استفاده

- Ali Ahyae M and Behbahanizadeh AA, 1993. Description of Soil Chemical Methods (Vol. I). Soil and Water Research Institute, Bulletin No. 893. (In Persian).
- Ali Ahyae M, 1997. Description of Soil Chemical Methods (Vol. II). Soil and Water Research Institute. Bulletin No. 1024. (In Persian).
- Anonymous, 1976. A Framework for Land Evaluation. FAO Soils Bulletin No. 32. FAO, Rome.

اراضی که واجد این متغیرها هستند می‌تواند به شکل قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد موثر باشد. در برخی مناطق تحت کشت ذرت مانند استان‌های کرمان و قزوین، ویژگی‌های فیزیکی خاک برای کشت ذرت محدودکننده است، به طوری که عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. انجام ارزیابی تناسب اراضی به کمک جداول نیازهای رویشی به شناسایی محدودیت‌ها در هر منطقه کمک می‌کند. بنابراین با توجه به نوع محدودیت، مدیریت ویژه‌ای برای هر خاک می‌تواند در نظر گرفته شود.

فارس، کرمان و قزوین" با شماره مصوب ۱۴-۱۰-۱۰-۱۰-۱۳۹۹/۱۲/۰۱ تا ۱۳۹۶/۰۶/۰۱ که از تاریخ ۹۴۵۲-۹۴۰۱ انجام و داده‌های این مقاله از آن استخراج شده است، قدردانی می‌نمایند.

- Anonymous, 1983. Guidelines: Land evaluation for rainfed agriculture. FAO Soils Bulletin No. 52. FAO, Rome.
- Anonymous, 2014. Keys to Soil Taxonomy. 12th. ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Dehghan E and Naderi A, 2007. Evaluation of salt tolerance in three varieties of corn. *Water and Soil Science*, 11(41 B): 275-283. (In Persian with English abstract).
- Leogrande R, Vitti C, Lopodota O, Ventrella D and Montemurro F, 2016. Effects of irrigation volume and saline water on maize yield and soil in Southern Italy. *Irrigation and Drainage* 65(3): 243-253.
- Maas EV, 1986. Salt tolerance of plants. *Applied Agriculture Research* 1: 12-26.
- Navidi MN, 2019. Design and preparation of land suitability assessment software for crops and horticultural plants. Soil and Water Research Institute, Bulletin No. 2250. (In Persian with English abstract).
- Navidi MN, 2021. Determining land suitability for crops and horticulture in the water plains of the country. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Soil and Water Research Institute, approved number: 9452-10-10-014 (in press). (In Persian with English abstract).
- Seyed Jalali AR, Azadi A, Navidi MN, Eskandari M, Charati A, Mahmoud Soltani S, Zeinadini A, Delsouz Khaki B, 2022. Investigating the effect of soil properties on paddy yield and rating of rice (*Oryza Sativa* L.) soil requirements in paddy lands of the country. *Iranian Journal of Soil Research*. DOI: 10.22092/ijsr.2021.356066.634 (In press), (In Persian with English abstract).
- Seyed Jalali AR, Dehghan R, Azadi A, Zaeinaldini Mimand A, Navidi MN, Mohammad Esmaeil Z, 2020. Investigation of the effect of soil factors on sugarcane growth in sugarcane cultivated lands in Khuzestan and Mazandaran provinces. *Iranian Journal of Soil Research*, 34(3), 343-357. (In Persian with English abstract).
- Seyed Jalali AR, Eskandari M., Roshani Q, Navidi MN, Zareian, GR, Zinadini A and Ghasemzadeh M, 2021. Determining soil and landscape requirements of cotton for using in land suitability evaluation. *Iranian Journal of Cotton Researches* 9(1): 69-88. (In Persian with English abstract).
- Seyed Jalali AR, Zeinadini A, Navidi MN and Mohammad Esmail Z, 2019. Field Crops Requirements. Soil and Water Research Institute. (In Persian).
- Seyed Jalali SA, 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 Report No. 1341, Soil and Water Research Institute. (In Persian).
- Seyed Jalali SA, Zareian A, Zeinadini A and Saadatmand Gh, 2007b. Determining land suitability and estimating wheat production potential in gypsum soils of Khuzestan, Fars, Isfahan and Kerman provinces, Technical Report No. 1345, Soil and Water Research Institute. (In Persian).
- Seyedmohammadi J and Esmaeelnejad L, 2014. Qualitative and quantitative land suitability evaluation for rice production in central areas of Guilan Province. *Water and Soil Science* 24(1): 165-181. (In Persian with English abstract).
- Sheikhzeinoddin A and Fathi F, 2021. Management of maize sustainable production in Iran: A Social Benefits Approach. *Agricultural Economics Research* 13(1): 63-87. (In Persian with English abstract).
- Sys C, Vanrast E and Debavey J, 1991. Land Evaluation (Part I). General administration for development cooperation agricultural. Brussels, Belgium.
- Sys C, Vanrast E and Debavey J, 1991. Land Evaluation (Part II), General administration for development cooperation agricultural. Brussels, Belgium.
- Sys C, Vanrast E and Debavey J, 1993. Land Evaluation (Parts III): Crop Requirements. General administration for development cooperation agricultural. Brussels, Belgium.
- Zeinadini Meymand A, Bagheri Bodaghabadi M, Moghimi A, Navidi MN, 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): 85-95.
- Zeinodini A, Toomanian N, Navidi MN, Farajnia A and Seyed Jalali AR, 2019. Horticultural Crops Requirements. Bulletin No.310, Soil and Water Research Institute. (In Persian).