

بررسی تأثیر عوامل خاکی بر رشد برنج در استان‌های گیلان، مازندران و خوزستان

سیدعلیرضا سیدجلالی¹، ابوالفضل آزادی، میرناصر نویدی، مهناز اسکندری، علی چراتی آرای،

شهرام محمود سلطانی، علی زین‌الدینی میمند و بهاره دلسوز خاکی

استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ ajalali@areeo.ac.ir

استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران؛

a.azadi@areeo.ac.ir

استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ nnavidi@swri.ir

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

mahnazskandari@yahoo.com

استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران؛

acherati@yahoo.com

استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران؛ shmsoltani@gmail.com

استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ ali_zeinadin@yahoo.com

محقق، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ b_delsooz@yahoo.com

دریافت: 1400/7/21 و 1400/9/29

چکیده

تأمین مقدار مورد نیاز برنج در کشور به‌عنوان یک محصول راهبردی، دارای اهمیت بسیاری است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر ویژگی‌های خاک بر عملکرد برنج و درجه‌بندی آن‌ها برای ارائه جدول نیازهای رویشی این گیاه در مطالعات ارزیابی تناسب اراضی بود. بدین منظور، 99 مزرعه برنج در استان‌های مازندران، گیلان و خوزستان، انتخاب شد. یک خاک‌رخ در هر مزرعه، مطالعه و پرسش‌نامه کاربری اراضی تکمیل گردید. پس از انجام تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی لازم، رگرسیون چندمتغیره به روش هم‌زمان میان عملکرد و ویژگی‌های مختلف خاک، بررسی شد. سپس به منظور تهیه جدول نیازهای رویشی برنج، روابط رگرسیون ساده بین ویژگی‌های مؤثر خاک و عملکرد، بررسی و برای کلاس‌های مختلف تناسب اراضی، درجه‌بندی شد. راستی آزمایی جدول پیشنهادی با استفاده از داده‌های 18 مزرعه برنج (حدود 18% از داده‌ها) انجام شد. نتایج نشان داد که دامنه تغییرات عملکرد، آهک، شن، رس و سیلت در مزارع انتخابی زیاد است، لیکن درصد سدیم قابل تبادل و مقدار شوری خاک، در دامنه‌ی پراکنش محدودتری قرار داشتند. در رگرسیون چند متغیره نیز به ترتیب متغیرهای شوری، درصد سدیم قابل تبادل، آهک، واکنش خاک، درصد رس و شن در رابطه کارایی داشتند. ضریب تبیین رابطه پیشنهادی، حدود 0/38 بدست آمد. همچنین مقدار ضریب تبیین بین عملکرد و شاخص خاک برای داده‌های راستی‌آزمایی، حدود 0/71 بود که نشان‌دهنده قابل اعتماد بودن جدول پیشنهاد شده در این پژوهش است.

واژه‌های کلیدی: تناسب اراضی، عملکرد برنج، شاخص خاک

¹ نویسنده مسئول، آدرس: کرج، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، بخش تحقیقات ارزیابی اراضی

مقدمه

را برای دامنه وسیعی از گیاهان که در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری کشت می شوند، به صورت کلی و ناحیه ای ارائه نمودند. بنابراین چندان قابل تعمیم به سایر مناطق نیست. در ایران نیز در راستای تصحیح یا تهیه جداول نیازهای رویشی گیاهان باغبانی و زراعی مهم، تاکنون پژوهش های متعددی انجام شده است. در راستای تصحیح جداول مذکور و بومی سازی آن ها، گیوی (1376)، دستورالعمل ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای نباتات زراعی و باغی ایران را تحت عنوان نشریه فنی 1015 موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه کرد. در این نشریه، نیازهای رویشی برخی گیاهان مهم کشور از نظر شرایط اقلیم و خصوصیات خاک و اراضی، به روز رسانی شده است. بیشتر تغییرات جداول، برپایه مرور تحقیقات گذشته و گردآوری کتابخانه ای بوده است.

سیدجلالی و همکاران (2007a) نیز به تصحیح درجه بندی آهک در جدول نیازهای رویشی گندم پرداختند. در این پژوهش، 92 نمونه خاک از استان های 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، درجه بندی کلاس های تناسب انجام گردید. پژوهش مشابه دیگری توسط سیدجلالی و همکاران (2007b) به منظور بررسی اثر گچ بر عملکرد گندم، انجام شده است. در این پژوهش، 61 مزرعه در استان های 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 صفر تا پنج درصد، اراضی را در کلاس S1، گچ 15-5 درصد در کلاس S2، بین 15-35 درصد در کلاس S3 و بیش از 35 درصد، اراضی را در کلاس N قرار می دهد. به منظور تعیین الگوی کشت در ایران، مطالعات تناسب اراضی برای بسیاری از گیاهان زراعی و باغبانی کشور انجام شد (نویدی، 1398). برای این منظور به جداول نیازهای رویشی محصولات زراعی و باغی مهم

گیاه برنج (*Oryza Sativa L.*) در بسیاری از نقاط جهان به ویژه در آسیا، آمریکای لاتین و آفریقا رشد می کند و برای بیش از 50 درصد از مردم جهان به ویژه در مناطق برنج خیز، به عنوان غذای اصلی استفاده می شود (لو و همکاران 2012). تقریباً 90 درصد برنج در آسیا کشت و مصرف می شود که از این میان چین و هند بیشترین مقدار تولید را به خود اختصاص داده اند (FAOSTAT, 2019). این محصول پس از گندم پرمصرف ترین محصول زراعی کشور محسوب شده و از تولیدات راهبردی بخش کشاورزی به شمار می رود (باغستانی و همکاران، 1399). در حال حاضر گیلان و مازندران مهم ترین مناطق کشت برنج در ایران هستند که 80 الی 82 درصد از تولید برنج در داخل کشور را به عهده دارند. افزایش تولید برنج اهمیت بسیار بالایی در اقتصاد ایران نیز دارد (ناصرزاده و همکاران، 1399). بنابراین باید در سطح کشور، اراضی با پتانسیل تولید مناسب برای کشت برنج مشخص و اولویت بندی شوند.

این مهم با انجام مطالعات ارزیابی تناسب اراضی و بررسی ویژگی ها و کیفیت خاک و اقلیم میسر می شود. در مطالعات طبقه بندی تناسب اراضی، از چارچوب فائو استفاده می شود که در آن، تناسب اراضی با رده مناسب (S) یا نامناسب (N) مشخص می شوند. تفکیک این دو رده براساس سود حاصل از استفاده پایدار از اراضی است. به این مفهوم که در اراضی مناسب برای یک نوع بهره برداری، همه هزینه های استفاده از آن بدون اثر مخرب بر محیط، توجیه شده و سود نیز عاید می شود. رده مناسب شامل سه کلاس S₁، S₂ و S₃ و رده نامناسب شامل دو کلاس N₁ و N₂ است (سایس و همکاران، 1991).

لازمه انجام مطالعات ارزیابی تناسب اراضی به روش فائو (1976)، تهیه جدول نیازهای رویشی (خاک، زمین نما و اقلیم) در سطح ملی است. به عنوان نمونه، سایس و همکاران در سال 1991، جداول نیازهای رویشی

(داسگوپتا و همکاران، 2014) و با رسیدن شوری به 7/4 دسی‌زیمنس بر متر، مقدار افت عملکرد به 50% افزایش می‌یابد (گراتان و همکاران، 2002). همچنین باید یادآوری کرد که شوری آستانه کاهش عملکرد برای برخی از رقم‌های برنج که در مناطق شمالی کشور کشت می‌شوند، بسیار کمتر از این مقدار است (محمود سلطانی و همکاران، 1400).

هدف از انجام این پژوهش، تهیه جدول نیازهای رویشی کشت برنج از نظر ویژگی‌های خاک و زمین‌نما، به عنوان یکی از محصولات راهبردی در مناطق مهم تحت کشت این محصول در ایران بود. این جدول که در مطالعات ارزیابی تناسب اراضی کاربرد دارد می‌تواند راهنمایی کارگشا برای تعیین دقیق‌تر تناسب اراضی شالیزاری کشور باشد.

مواد و روش‌ها

نحوه انتخاب مزارع و نمونه‌برداری

به منظور دستیابی به هدف پژوهش، تلاش شد که از بین شالیزارهایی که از داده‌های خاک، اقلیم و عملکرد آن-ها جمع آوری شده بود، شالیزارهای دارای مدیریت زراعی تقریباً مشابه و در سطح متوسط برای بررسی نهایی انتخاب شود. مزارع انتخابی از نظر عملکرد بسیار متنوع و طیف وسیعی از خاک‌ها را شامل می‌شدند. روش آبیاری در مزارع، یکسان و به صورت غرقابی بود. با در نظر گرفتن کلیه این شرایط، تعداد 99 مزرعه برنج در استان‌های گیلان، مازندران و خوزستان، انتخاب شدند. شکل‌های 1 و 2 نقاط مطالعاتی در استان گیلان، شکل 3 در استان مازندران و شکل 4، استان خوزستان را نشان می‌دهد. نقاط مطالعاتی به نحوی انتخاب شدند که اثر سایر عوامل مانند مدیریت و دسترسی به آب مناسب، تا حد ممکن برای تمام مزارع، تقریباً مشابه باشد. همچنین اقلیم مناطق انتخابی برای کشت برنج، فاقد محدودیت بود. بدین ترتیب می‌توان اثر ویژگی‌های خاک را بر عملکرد برنج، تجزیه و تحلیل آماری و پس از آن، درجه‌بندی نمود. خاک‌رخ‌های انتخابی براساس راهنمای

کشور نیاز بود. این جداول بر پایه منابع موجود، تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور و تطبیق آن‌ها با واقعیت زمینی توسط زین‌الدینی و همکاران (1398) و سیدجلالی و همکاران (1398) تهیه شد. همچنین، پژوهش‌های متعددی در راستای کاستن از خلأ موجود در زمینه جداول نیازهای رویشی برای کشت برخی محصولات زراعی و باغی از نظر ویژگی‌های خاک و زمین‌نما، انجام شد. به عنوان نمونه سیدجلالی و همکاران (1400) پژوهشی برای تهیه جدول نیازهای رویشی پنبه از نظر خاک و زمین‌نما، انجام دادند. بدین منظور، از 123 مزرعه پنبه در استان‌های قم، خراسان رضوی، گلستان و فارس، نمونه‌های 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 اراضی، درجه‌بندی شد. نتایج راستی‌آزمایی جدول پیشنهادی نشان داد که ضریب تبیین شاخص خاک و مقدار عملکرد، 0/78 است که نشان‌دهنده قابل اعتماد بودن جدول پیشنهادی است. پژوهش‌های مشابهی برای تهیه جداول نیازهای رویشی برای نیشکر (سیدجلالی و همکاران، 1398)، خرما (زین‌الدینی و همکاران، 1399)، پسته (زین‌الدینی و همکاران، 1399)، پرتقال (زین‌الدینی و همکاران، 1400)، زعفران (زین‌الدینی و همکاران، 1400) و انجیر (زین‌الدینی و همکاران، 1400) از نظر ویژگی‌های خاک و زمین‌نما، انجام شده است.

شوری خاک نیز یکی از محدودیت‌های عمده در تولید برنج است که در سراسر جهان به ویژه در مناطق ساحلی، کشت این گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. شور شدن خاک به دلیل طغیان جزر و مدی همراه با افزایش سطح دریا تهدیدی جدی برای تولید برنج در مناطق ساحلی کشت برنج است (مانتری و همکاران، 2012؛ هوک و همکاران، 2015؛ شریواستاوا و همکاران، 2015). شوری خاک در هدایت الکتریکی چهار دسی‌زیمنس بر متر می‌تواند عملکرد برنج را تا 15/5 درصد کاهش دهد

شاخص تصحیح عمق به روش سایس و همکاران (1991) تعیین گردید تا مقدار عددی هر صفت برای کل خاک رخ به دست آید. سپس، پایگاه داده‌ها برای هر خاک-رخ که شامل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (مقدار کربن آلی، شوری، واکنش خاک، رس، شن، سیلت، آهک، درصد سنگریزه حجمی، فسفر و پتاسیم قابل جذب و درصد سدیم قابل تبادل) به عنوان متغیرهای مستقل و عملکرد به عنوان متغیر وابسته باشند، تشکیل شد. به منظور پردازش داده‌های خاک، شاخص‌های آماری ویژگی‌های خاک بررسی شدند. سپس، آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها (آزمون کولموگروف اسمیرنوف) انجام شد. برای مشخص شدن مقدار و نوع ارتباط عملکرد شلتوک با ویژگی‌های خاک، از ضریب همبستگی و رگرسیون چندمتغیره استفاده شد. تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه 24 انجام گرفت.

به منظور درجه‌بندی ویژگی‌های خاک برای تهیه جدول نیازهای ریشی برنج، از روابط رگرسیون ساده میان هر متغیر و عملکرد شلتوک استفاده شد. مناسب‌ترین روابط با توجه به بالاترین ضریب همبستگی، انتخاب گردید. مبنای درجه‌بندی ویژگی‌های خاک، راهنمای ارزیابی اراضی برای نباتات خاص فائو (1976) و روش پیشنهادی سایس و همکاران (1991) بود. بنابراین، مرز کلاس‌های مختلف تناسب اراضی در جدول پیشنهادی، مطابق با جداول سایس و همکاران (1991) تعیین شد. پس از مشخص شدن ویژگی‌های مهم و مؤثر اراضی بر عملکرد شلتوک برنج، بهترین معادله رگرسیونی ساده بین عملکرد شلتوک و هر یک از ویژگی‌های خاک به صورت مجزا بدست آمد. بر روی محور عملکرد شلتوک، نقاط 80، 40 و 20 درصد حداکثر عملکرد شلتوک 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 شلتوک 80 درصد (معادل درجه‌بندی 85 به

تشریح و نمونه‌برداری خاک سرویس حفاظت خاک آمریکا (وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا، 2012) 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، آهک (CCE) به روش خنثی‌سازی با اسیدکلریدریک و تیترا با سود، گچ به روش استون، سدیم قابل تبادل به روش استات آمونیم یک نرمال در pH=7، ظرفیت تبادل کاتیونی با روش باور، اندازه‌گیری شدند (پانسو و گائپرو، 2006).

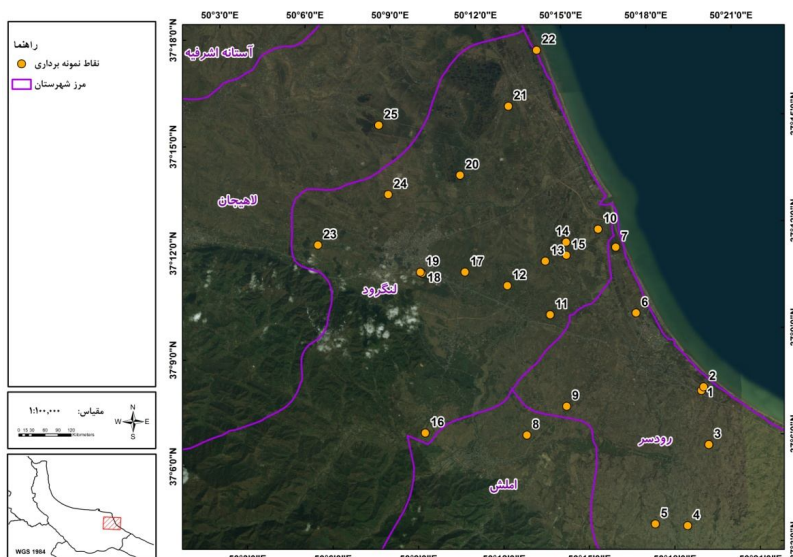
برای هر مزرعه، پرسشنامه مخصوص کاربری اراضی تهیه شد. در این پرسشنامه، اطلاعاتی همچون موقعیت جغرافیایی، مقدار عملکرد، دور آبیاری، هزینه‌های متغیر و ثابت در یک سال زراعی (شخم اول و دوم، عملیات گلخراپی، کوددهی، سم‌پاشی، آبیاری، برداشت محصول، هزینه کارگری و سایر اطلاعات لازم) ثبت شدند. روند تکمیل اطلاعات در این پژوهش در سه سال متوالی از 1396 الی 1398، انجام شد. اطلاعات مختلفی همچون مقدار عملکرد شلتوک برای هر مزرعه مطالعاتی، بر پایه متوسط مقدار گزارش شده طی سال‌های اشاره شده در بالا که توسط محققان مربوطه در مؤسسات و 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 راستی‌آزمایی شد.

درجه‌بندی خصوصیات اراضی و تهیه جدول نیاز ریشی
در راستای مطالعه اثرات ویژگی‌های مختلف خاک بر عملکرد شلتوک برنج و بررسی اثر آن‌ها بر یکدیگر، از تجزیه و تحلیل آماری و روابط رگرسیونی خطی چندمتغیره و ساده استفاده شد. نخست میانگین برخی متغیرها مانند شوری، درصد رس، شن، سیلت، گچ و آهک در هر نمونه خاک، با استفاده از ضرایب وزنی و

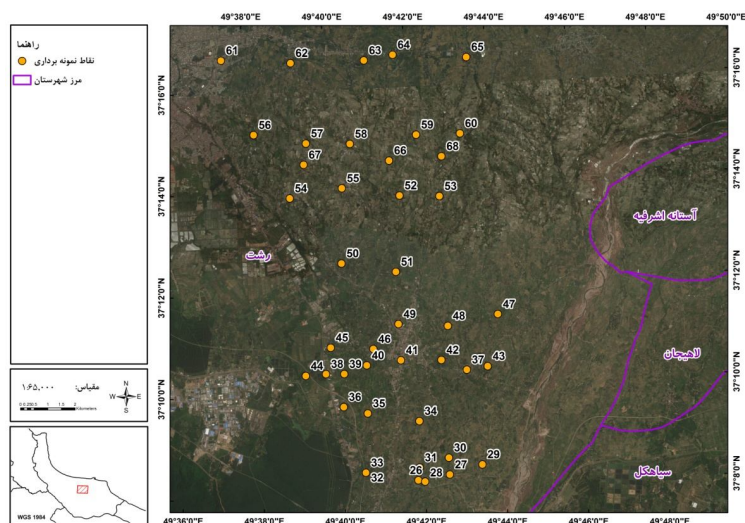
منابع معتبر، بررسی‌های میدانی، مطالعات صحرایی و بررسی دقیق کارت‌های تشریح خاک‌رخ، انجام شد (سیدجلالی و همکاران، 1398). دلیل این امر، کم بودن دامنه تغییرات آن ویژگی‌ها و تغییرپذیری آن‌ها در خاک‌های مورد مطالعه بود. بدین ترتیب، جدول نیازهای رویشی خاک و زمین نما برای برنج در مناطق مورد مطالعه استخراج شد که می‌تواند در محاسبات ارزیابی تناسب اراضی برای کشت این محصول مورد استفاده قرار گیرد.

روش پارامتریک) نشان‌دهنده مقدار پارامتر مربوط به مرز S_1 و S_2 ، از عملکرد شلتوک 40 درصد (معادل درجه‌بندی 60) نشان‌دهنده مرز S_2 و S_3 و از عملکرد شلتوک 20 درصد (عملکرد سر به سر) (معادل درجه‌بندی 40) نشان‌دهنده مرز S_3 و N بود.

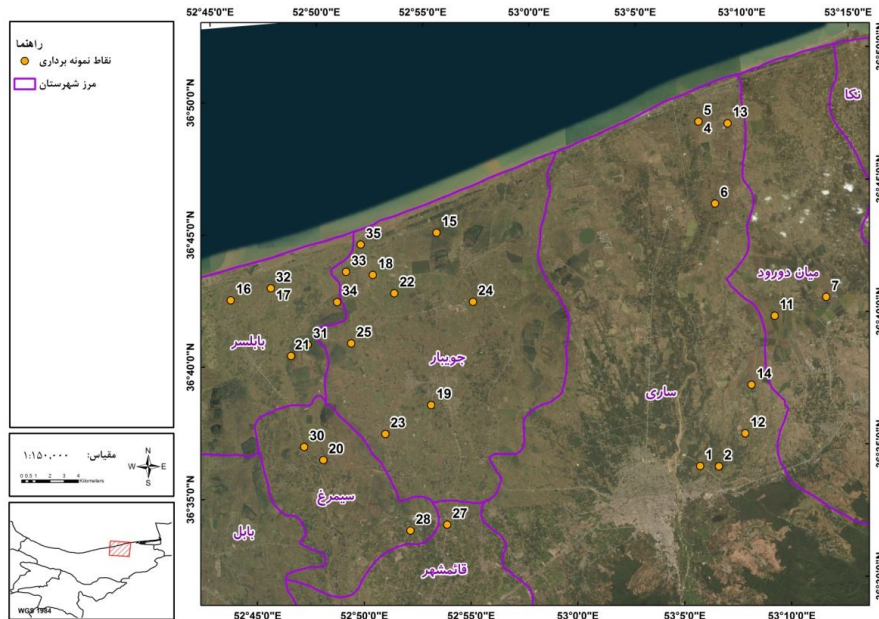
برای تعیین حدود مربوط به مرز کلاس‌ها در مورد ویژگی‌هایی از اراضی که با بررسی آماری امکان درجه‌بندی آن‌ها وجود نداشت، همچنین در مورد پارامترهایی مانند سیل‌گیر بودن اراضی و عمق خاک، درجه‌بندی براساس مقادیر بهینه آن‌ها برای برنج بر پایه



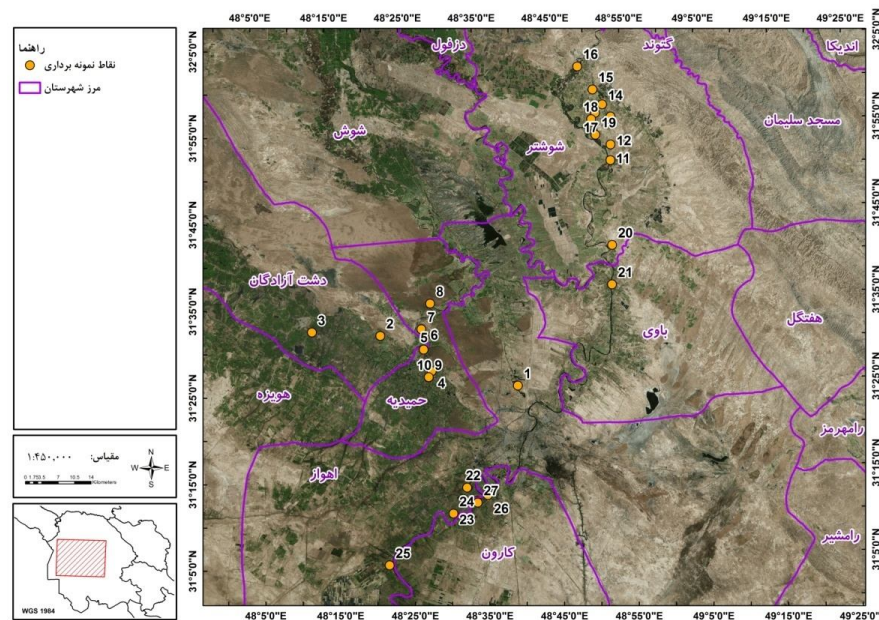
شکل 1- موقعیت نقاط نمونه‌برداری در استان گیلان (شرق گیلان)



شکل 2- موقعیت نقاط نمونه‌برداری در استان گیلان (گیلان مرکزی)



شکل 3- موقعیت نقاط نمونه برداری در استان مازندران



شکل 4- موقعیت نقاط نمونه برداری در استان خوزستان

استفاده قرار گرفت. استخراج و طبقه بندی تناسب اراضی برای صحت سنجی، به روش پارامتریک ریشه دوم انجام شد (سایس و همکاران، 1991). عملکردهای واقعی با شاخص خاک، مقایسه و رابطه رگرسیون ساده میان آنها بررسی و تجزیه و تحلیل شد.

راستی آزمایی جدول پیشنهاد شده برای کشت برنج، به کمک داده های موجود از 18 خاکرخ جدید انجام شد که در تهیه جدول به کار گرفته نشده بودند. به عبارت دیگر، حدود 82 درصد از داده های اولیه برای تهیه جدول و 18 درصد برای صحت سنجی جدول پیشنهادی مورد

نتایج و بحث

آمار توصیفی

شده متغیر بوده و از 4/8 تا 62/6 درصد تغییر می‌کند. بیشترین مقدار متوسط رس در خاک‌های اراضی شالیزاری استان گیلان مشاهده شد.

واکنش خاک در اراضی بررسی شده از 4/7 تا 8/3 متغیر و میانگین آن، 7/4 گزارش شده است. حداقل و حداکثر مقدار واکنش خاک به ترتیب در استان‌های گیلان و مازندران مشاهده شد. شاخص‌های آماری برای بررسی انحراف داده‌ها از توزیع نرمال یعنی چولگی و کشیدگی نیز در جدول 1 نشان داده شده است. بیشترین مقدار چولگی و کشیدگی مربوط به کربن آلی، شوری، درصد سدیم قابل تبادل و عمق خاک بود. به دلیل مقادیر بالای ماده آلی در برخی نقاط استان‌های گیلان و مازندران و مقدار بالای شوری در برخی مناطق استان خوزستان، افزایش چولگی و کشیدگی در این متغیرها کاملاً طبیعی است. توجه به این مسأله نیز ضروری است که به رغم وضعیت چولگی و کشیدگی متغیرها که در جدول 1 نشان داده شده، توزیع این متغیرها در طبیعت نرمال بوده و ممانعتی برای استفاده از آمار پارامتری وجود ندارد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود به دلیل جمع‌آوری داده‌ها از مناطق مختلف با عملکردهای کاملاً متفاوت، دامنه تغییرات و واریانس در متغیر عملکرد شلتوک برنج، زیاد است. از طرفی ضریب تغییرات در جدول 1 نشان می‌دهد بیشترین ضریب تغییرات که نشان دهنده پراکندگی داده‌های متغیر است به ترتیب مربوط به درصد سدیم قابل تبادل، کربن آلی، شوری خاک و آهک و کمترین به ترتیب مربوط به واکنش خاک، عمق خاک، عملکرد شلتوک، درصد سیلت، درصد رس و درصد شن است. برپایه حدود پیشنهادی ویلندینگ و درس (1983)، ویژگی‌ها با ضریب تغییرات کمتر از 15٪، تغییرپذیری کمی دارند. ضریب تغییرات بین 15 تا 35 درصد، نشان-دهنده تغییرپذیری متوسط و بیش از 35 درصد، نشان-دهنده تغییرپذیری زیاد متغیر مورد بررسی است (شکوری

نتایج آمار توصیفی (میانگین‌های محاسبه شده) ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در شالیزارهای انتخابی برنج کشور در جدول 1 ارائه شده است. همان‌طور که این جدول نشان می‌دهد، دامنه تغییرات برای متغیرهای عملکرد، آهک، واکنش خاک، کربن آلی و اجزای تشکیل-دهنده بافت خاک، بسیار زیاد بوده که نشانگر تنوع زیاد خاک‌های مورد مطالعه است. مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین آهک در نمونه خاک‌ها به ترتیب 0، 62/91 و 25/35 درصد می‌باشند. نگاهی به داده‌های هر استان به تفکیک نشان داد که میانگین آهک در سه استان خوزستان، مازندران و گیلان به ترتیب برابر با حدود 48، 18 و 5 درصد بود. در مزارع نمونه‌برداری شده در این پژوهش، گچ در خاک‌های مشاهده و گزارش نشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد شوری خاک از 0/34 تا 11/52 دسی‌زیمنس بر متر متغیر است. مقدار میانگین این خصوصیت در اراضی مورد بررسی 1/95 دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. دامنه تغییرات این ویژگی نسبت به سایر خصوصیات اراضی چندان چشمگیر نبوده و به مقدار 11/18 بدست آمد. مقدار میانگین شوری در مزارع نمونه از استان خوزستان، حداقل به اندازه دو دسی‌زیمنس بر متر از مزارع استان‌های گیلان و مازندران بیشتر بود. مقدار میانگین، حداقل و حداکثر مقدار درصد سدیم قابل تبادل در خاک‌های مطالعه شده، به ترتیب 1/4، 0 و 20/40 درصد بود. مقدار میانگین درصد سدیم قابل تبادل در استان خوزستان برابر با 4 درصد و در دو استان دیگر معادل با صفر بود.

بررسی نتایج نشان می‌دهد که میانگین درصد شن در مزارع انتخابی برنج حدود 28 درصد و حداقل و حداکثر آن 0/82 و 84 درصد می‌باشد. نکته قابل توجه این است که بافت غالب مزارع برنج در استان خوزستان، متوسط و بافت‌های سنگین‌تر بیشتر در مناطقی از استان گیلان و مازندران قرار داشت. مقدار رس در نمونه‌های بررسی

کتیگری و همکاران، 1398). همانطور که مشخص است تغییرات زیادی برخوردار هستند. بیشتر ویژگی‌های مورد بررسی در این پژوهش، از

جدول 1- آماره‌های توصیفی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک‌های جمع‌آوری شده از مزارع همراه با عملکرد برنج

شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	عمق (cm)	ESP	شوری (دسی زیمنس بر متر)	کربن آلی (%)	واکنش خاک	آهک (%)	عملکرد شلتوک (kg.ha ⁻¹)	
28/10	39/15	32/74	143/40	1/42	1/95	1/79	7/39	25/35	4633	میانگین
24/10	39/65	32/75	150/00	0/000	1/40	1/24	7/59	19/19	4500	میانه
16/87	10/08	13/59	15/06	4/048	1/83	2/63	0/62	18/66	740	انحراف معیار
284/61	101/64	184/80	226/77	16/38	3/37	6/90	0/39	348/30	547100	واریانس
1/11	-0/004	-0/08	-2/38	3/20	2/75	4/99	-2/08	0/42	-0/24	چولگی
1/16	1/40	-0/61	8/84	10/12	9/96	27/37	5/61	-1/17	-0/47	کشیدگی
83/55	58/03	57/77	105/00	20/40	11/18	17/31	3/57	62/91	3100	دامنه
0/82	10/80	4/83	65/00	0/00	0/34	0/11	4/73	0/00	2900	حداقل
84/37	68/82	62/60	170/00	20/40	11/52	17/42	8/30	62/91	6000	حداکثر
60/03	25/75	41/52	10/50	284/07	94/28	146/53	8/41	73/61	16	درصد ضریب تغییرات

رگرسیون

به متغیر وابسته را تعیین نمایند. با توجه به این که value کمتر از 0/01 است، بنابراین با اطمینان 99 درصد می‌توان گفت که رابطه 1 در این سطح معنی‌دار است و تجزیه واریانس و ایجاد معادله با دقت قابل قبول انجام شده است. جدول 3، تجزیه واریانس رابطه رگرسیون خطی چندمتغیره بین عملکرد شلتوک و متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه مقدار F بدست آمده (7/4) در سطح احتمال یک درصد از مقدار ارزش P F جدول (معادل با 2/79)، بیشتر است بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با اطمینان 99 درصد بین متغیرهای مستقل یعنی ویژگی‌های خاک و عملکرد شلتوک برنج، رابطه معناداری وجود دارد

نتایج ورود متغیرهای شوری، درصد سدیم تبدیلی، واکنش خاک، مقدار رس، شن و آهک، به‌عنوان متغیر مستقل و عملکرد شلتوک به‌عنوان متغیر وابسته در رگرسیون خطی چندمتغیره به روش توأم (همزمان)¹ در رابطه 1 ارائه شده است. متغیرهای وارد شده در مدل به - دلیل اینکه بیشترین همبستگی با عملکرد شلتوک را نشان دادند، بیشترین کارایی را داشتند.

(1)

$$Y = -7.98EC - 52.66ESP - 3.82CCE - 30.05pH + 27.63clay + 0.85 sand + 4113.93 \quad R^2 = 0.38$$

ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای مستقل خاکی و عملکرد شلتوک برنج در مزارع نمونه، در جدول 2 ارائه شده است. معادله مذکور دارای ضریب تبیین (R²) حدود 0/38 (ضریب تبیین تعدیل یافته برابر با 0/32) می‌باشد. مفهوم آن این است که متغیرهای وارد شده به مدل توانسته‌اند حدود 38 درصد از واریانس تغییرات مربوط

¹Enter

جدول 2- نتایج همبستگی پیرسون بین متغیرهای مستقل خاکی و عملکرد شلتوک برنج*

شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	ESP (%)	شوری (dS/m)	کربن آلی (%)	واکنش خاک	آهک (%)	عملکرد شلتوک (kg.ha ⁻¹)
								عملکرد شلتوک (kg.ha ⁻¹)
							1	1
							-0/271*	آهک (%)
						1	-0/025	-0/005
					1	-0/383**	-0/384**	0/144
				1	-0/117	-0/210	0/356**	-0/298**
							0/339**	-0/327**
			1	0/882**	-0/159	-0/143	0/339**	-0/327**
		1	0/015	0/008	0/205	-0/057	-0/142	0/503**
	1	-0/007	-0/042	-0/066	0/049	-0/084	0/072	-0/006
1	-0/592**	-0/802**	0/013	0/033	-0/195	0/096	0/072	-0/401**

* همبستگی در سطح 0/05 معنادار است.

** همبستگی در سطح 0/01 معنادار است.

جدول 3- تجزیه واریانس رابطه رگرسیون خطی چندمتغیره بین عملکرد شلتوک برنج و ویژگی‌های خاک*

مدل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
رگرسیون	16357967/70	6	2726327/95	7/36	0/00
باقیمانده‌ها	27412032/30	74	370432/87		
جمع	43770000/00	80			

* اطلاعات ارائه شده مربوط به رابطه 1 است.

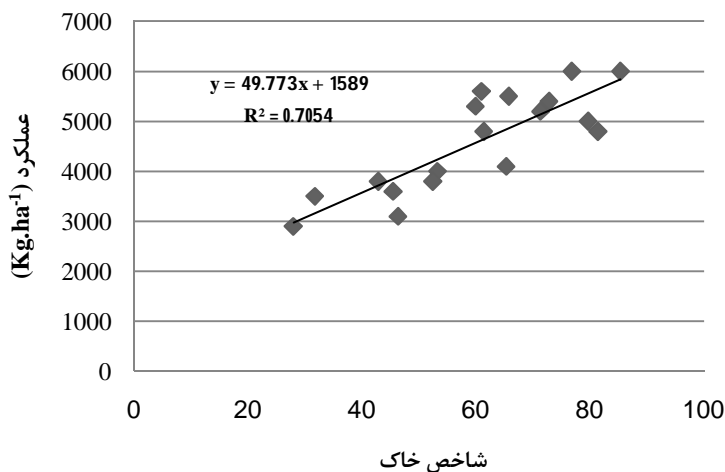
عملکرد شلتوک برنج، تحت تأثیر شوری خاک است و مابقی تغییرات مربوط به سایر عوامل می‌باشد. بهترین رابطه پیشنهادی برای مقدار عملکرد شلتوک و درصد سدیم قابل تبادل خاک، به صورت تابع نمایی با ضریب تبیین حدود 0/56 بدست آمد. بنابراین با اطمینان 99 درصد، 56 درصد از تغییرات عملکرد شلتوک برنج می‌تواند تحت تأثیر مقدار درصد سدیم قابل تبادل خاک باشد. همچنین، ضعیف‌ترین رابطه، میان مقدار عملکرد شلتوک و درصد کربن آلی خاک، به صورت تابع درجه سوم بدست آمد که مقدار ضریب تبیین آن برابر 0/15 بود.

همانطور که ذکر شد روابط رگرسیونی تک متغیره برای همه ویژگی‌های مورد بررسی با عملکرد شلتوک و 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 4 ارائه شده است. به عنوان مثال رابطه پیشنهادی برای مقدار عملکرد شلتوک برنج و مقدار شوری خاک، به صورت تابع درجه سوم بدست آمد که مقدار ضریب تبیین آن برابر 0/49 است. بنابراین می‌توان با اطمینان 99 درصد بیان کرد که 49 درصد از تغییرات

جدول 5- نیازهای خاکی و زمین نما برای کشت برنج در شرایط غرقابی*

کلاس، درجه محدودیت و مقیاس درجه بندی						
N2	N1	S3	S2	S1	خصوصیات اراضی	
4	3	2	1	0		
0	25	40	60	85	95	100
توپوگرافی (t)						
4<		4-2	2-1	1>		
شیب (%)						
خیسی خاک (w)						
			F4	F1-F2-F3	F0	سیل گیری
-	-	very poor	poor and drainable good	moderate	Imperf	زهکشی
خصوصیات فیزیکی خاک (s)						
S, cS		SL, LfS, LS, LcS, fS	SiL, SC, L, SCL	C<60s, C>60v, SiCs, Co, SiCL, CL, Si	Cm, SiCm, C>60v, C>60s	بافت خاک/ساختمان خاک*
35<		35-15	15-3	3<		ذرات درشت خاک (درصد حجمی)
10>		10-20	20-50	50-90	90<	عمق خاک (cm)
70<		70-60	60-40	40-20	20-0	آهک (%) اولیه
15<		15-10	10-3	3-2	2-0	گچ (%)
خصوصیات حاصلخیزی خاک (f)						
	4/5>	4/5-5/0	5/0-5/5	5/5-6/0	6/0-7/0	واکنش خاک
8/5<		8/5-8/3	8/3-8/0	8/0-7/5	7/5-7/0	(کل اشباع)
			0/3>	0/6-0/3	0/6<	کربن آلی خاک (%)**
شور و سدیمی بودن (n)						
12<	12-8	8-6	6-4	4-2	2-0	شوری (dS.m ⁻¹)
	40<	40-30	30-20	20-10	10-0	ESP (%)

* Cm: رس با ساختمان فشرده؛ SiCm: رس سیلتی با ساختمان فشرده؛ C+60v: رس خیلی ریز، ساختمان ورتی سولها؛ C+60s: رس خیلی ریز، ساختمان مکعبی؛ C-60v: رس، ساختمان ورتی سولها و C-60s: رس، ساختمان مکعبی
** درجه بندی کربن آلی برای مواد آهکی



شکل 5- رابطه میان شاخص خاک و مقدار عملکرد شلتوک در 18 نمونه خاک برای راستی‌آزمایی جدول نیازهای خاک پیشنهادی برای گیاه برنج غرقابی

نتیجه‌گیری

و اصلاح وضعیت تولید منجر شود. نتایج این تحقیق نشان داد که یکی از عوامل اصلی و مؤثر خاکی در انتخاب مزارع، بافت خاک است. همچنین شوری و کمبود مقدار ماده آلی و پایین بودن وضعیت حاصلخیزی خاک- های اکثر مزارع مورد بررسی در جنوب کشور (خوزستان)، سبب افت عملکرد شلتوک شده است. بنابراین ارائه راهکار مناسب توسط متخصصین تغذیه گیاه می‌تواند در بهبود عملکرد شلتوک، راهگشا باشد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از حمایت‌های مؤسسه تحقیقات خاک و آب برای به انجام رسیدن پروژه تحقیقاتی "تعیین نیازهای رویشی برای برنج در استان‌های خوزستان، گیلان و مازندران" با شماره مصوب 94008-9452-10-10-014 که از تاریخ 1395/01/01 تا 1399/12/01 انجام گردیده است و داده‌های این مقاله از آن استخراج شده، قدردانی می‌نمایند.

جدول نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای کشت برنج که در این پژوهش پیشنهاد شده است، یکی از ارکان ضروری در انجام مطالعات ارزیابی تناسب اراضی می‌باشد. این جدول می‌تواند در تعیین تناسب اراضی مناطق مختلف برای توسعه کشت برنج و یا آگاهی از تناسب اراضی فعلی تحت کشت، مورد استفاده قرار گیرد. انجام ارزیابی تناسب اراضی پیش از توصیه برای کاشت این گیاه مهم، به جلوگیری از هدر رفت منابع تولید کمک می‌کند. با توجه به اینکه جدول پیشنهادی بر مبنای مشخصه‌های اراضی در مناطق تحت کشت برنج کشور تهیه و صحت‌سنجی شده است، بنابراین دقت لازم برای انجام مطالعات تناسب اراضی و تهیه نقشه‌های مربوطه را دارد. این نقشه‌ها به شناخت عوامل محدودکننده تولید در مزارع برنج کشور کمک نموده و به این ترتیب می‌توانند منجر به اصلاح و مدیریت مناسب آنها شوند. به عنوان مثال می‌تواند به شناخت اراضی نامناسب برای کشت برنج

فهرست منابع:

1. باغستانی، ع.ا.، رحیمی، ر. و ح. شرافتمند. 1399. برآورد تابع تقاضای برنج (کاربرد مدل رگرسیون آستانه‌ای). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی، 12(45): 91-101.
2. زین‌الدینی، ع.، تومانیان، ن.، نویدی، م.ن.، فرج‌نیا، ا. و ع.ر.، سیدجلالی. 1398. نیازهای رویشی گیاهان مهم باغبانی کشور. موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
3. زین‌الدینی، ع.، سیدجلالی، ع.ر.، نویدی، م.ن.، اسکندری، م.، سیدمحمدی، ج.، دیالمی، ح.، مقیمی، ا.، پوزش شیرازی، م. (1399). تدوین جدول نیازهای رویشی خاک و زمین نما برای خرما به منظور استفاده در ارزیابی تناسب اراضی، پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، 27(5): 89-107.
4. زین‌الدینی، ع.، نویدی، م.ن.، اسدی کنگرشاهی، ع.، اسکندری، م.، سیدجلالی، س.ع.، سلمان پور، آ.، سیدمحمدی، ج.، قاسمی، م.، غفاری نژاد، س.ع.، زارعیان، غ. 1400. تأثیر ویژگی‌های خاک بر عملکرد و تهیه جدول نیازهای رویشی پرتقال در مناطق انتخابی کشور ایران. آب و خاک، 35(3): 395-407.
5. زین‌الدینی، ع.، نویدی، م.ن.، سیدمحمدی، ج.، جعفری، م.، سلمان پور، آ.، اسکندری، م.، مقیمی، ا.، فاتحی، ش. 1400. بررسی تاثیر ویژگی‌های زمین بر عملکرد و درجه‌بندی نیازهای رویشی انجیر در مناطق مهم زیرکشت. علوم و فنون باغبانی ایران (پذیرش).
6. زین‌الدینی، ع.، نویدی، م.ن.، اسکندری، م.، سیدمحمدی، ج.، تومانیان، ن.، حسینی فرد، س.ج.، فرج‌نیا، ا.، قاسم‌زاده گنجه‌ای، م. 1399. تعیین نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای پسته به منظور استفاده در ارزیابی تناسب اراضی. علوم و فناوری پسته، 5(9): 88-70.
7. زین‌الدینی، ع.، نویدی، م.ن.، اسکندری، م.، سیدجلالی، س.ع.، سیدمحمدی، ج.، مقیمی، ا.، قاسم‌زاده گنجه‌ای، م.، مقری فریز، ع.ر.، پهلوان‌راد، م.ر. 1400. بررسی تناسب اراضی و تدوین جدول نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای زعفران. زراعت و فن‌آوری زعفران (پذیرش). DOI:10.22048/JAST.2021.286314.1426
8. سیدجلالی، س.ع.، زارعیان، ع.، زین‌الدینی میمند، ع.، سعادت‌مند، غ.، و ج.، بنی‌نعمه. a1386. تعیین تناسب اراضی و تخمین پتانسیل تولید گندم در خاک‌های آهکی استان‌های خوزستان، فارس، اصفهان و کرمان، نشریه فنی شماره 1341، موسسه تحقیقات خاک و آب.
9. سیدجلالی، س.ع.، زارعیان، ع.، زین‌الدینی، ع.، و غ.، سعادت‌مند. b1386. تعیین تناسب اراضی و تخمین پتانسیل تولید گندم در خاک‌های گچی استان‌های خوزستان، فارس، اصفهان و کرمان، نشریه فنی شماره 1345، موسسه تحقیقات خاک و آب.
10. سیدجلالی، ع.ر.، اسکندری، م.، روشنی، ق.ع.، نویدی، م.ن.، زارعیان، غ.ر.، زین‌الدینی، ع.، و م.، قاسم‌زاده گنجه‌ای. 1400. تعیین نیازهای رویشی خاک و زمین‌نما برای پنبه به منظور استفاده در ارزیابی تناسب سرزمین. پژوهش‌های پنبه ایران، 9(1): 69-88.
11. سیدجلالی، ع.ر.، دهقان، ر.، آزادی، ا.، زین‌الدینی میمند، ع.، نویدی، م.ن. و ز. محمد اسماعیل. 1399. بررسی تأثیر عوامل خاکی بر رشد نیشکر در اراضی تحت کشت نیشکر در استان‌های خوزستان و مازندران. فصلنامه پژوهش‌های خاک، 34(3): 343-357.
12. سیدجلالی، ع.ر.، زین‌الدینی، ع.، نویدی، م.ن.، و ز. محمد اسماعیل. 1398. نیازهای رویشی گیاهان زراعی. موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

13. شکوری کتیگری، م.، محمود سلطانی، ش.، کربلایی آقا ملکی، م.ت.، و ف. کشتکار. 1398. ارزیابی رابطه عملکرد با شاخصی از کیفیت خاک در اراضی شالیزاری. پژوهش‌های خاک، 33(2): 197-212.
14. گیوی، ج. 1376. ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای نباتات زراعی و باغی. نشریه شماره 1015. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. 100ص.
15. محمود سلطانی، ش.، کاووسی، م.، شکری واحد، ح.، رضوی‌پور، ت.، بابازاده، ش.، شکوری کتیگری، م. و م. محمدیان. 1400. ارزیابی حاصلخیزی خاک و توصیه‌های کودی برنج. مؤسسه تحقیقات برنج کشور. (در دست انتشار). 160 صفحه.
16. ناصرزاده، م.، علیجانی، ب.، و م.، پایداری. 1399. تأثیر تغییر اقلیم بر وضعیت عملکرد برنج در شهرستان رشت. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، 24(2): 41-54.
17. نویدی، م.ن. 1398. طراحی و تهیه نرم افزار ارزیابی تناسب اراضی برای گیاهان زراعی و باغی کشور. مؤسسه تحقیقات خاک و آب.
18. Dasgupta, S., Hossain, M.M. Huq, M. and D. Wheeler. 2014. Climate change, soil salinity, and the economics of high-yield rice production in coastal Bangladesh. The World Bank.
19. FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation. FAO Soils Bulletin No. 32. Rome.
20. FAOSTAT. 2019. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
21. Grattan, S.R., Zeng, L. Shannon, M.C. and S.R. Roberts. 2002. Rice is more sensitive to salinity than previously thought. California Agric., 56:189-195.
22. Hamoud, Y.A., Guo, X., Wang, Z., Chen, S., and G. Rasoul. 2018. Effects of irrigation water regime, soil clay content and their combination on growth, yield, and water use efficiency of rice grown in South China. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 11(4): 144-155.
23. Hoque, M.M., Jun, Z., and W., Guoying. 2015. Evaluation of salinity tolerance in maize (*Zea mays* L.) genotypes at seedling stage J. Bio. Sci. Biotechnol, 4(1): 39-49.
24. Kikuta, M., Yamamoto, Y., Pasolon, Y. B., Rembon, F. S., Miyazaki, A., and D. Makihara. 2016. How growth and yield of upland rice vary with topographic conditions: a case of Slash-and-burn rice farming in South Konawe Regency, southeast Sulawesi Province, Indonesia. Tropical Agriculture and Development, 60(3): 162-171.
25. Lou, W.P., Wu, L.H., Chen, H.Y., and Z.W., Ji. 2012. Assessment of rice yield loss due to torrential rain: A case study of Yuhang Country, Zhejiang Province, China. Natural Hazards, 60: 311–320.
26. Mantri, N., Patade, V., Penna, S., Ford, R., and E., Pang. 2012. Abiotic stress responses in plants: Present and future. In: Ahmad P, Prasad M.N.V. Abiotic Stress Responses in Plants: Metabolism, Productivity and Sustainability. New York: Springer: 1–19.
27. Pansu, M. and J., Gautheyrou. 2006. Handbook of Soil Analysis, Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 993pp.
28. Shrivastava, P., and R. Kumar. 2015. Soil salinity: a serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. Saudi J. Boil. Sci, 22(2): 123-131.
29. Sys, C., Vanrast, E. and J., Debavey. 1991. Land evaluation, Parts I and II, general administration for development cooperation agricultural. Brussels, Belgium.
30. USDA. 2012. Field Book for Describing and Sampling Soils. Version 3, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Effect of Soil Factors on Rice Growth in Guilan, Mazandaran, and Khuzestan Provinces, Iran

S. A. Seyed Jalali¹, A. Azadi, M. N. Navidi, M. Eskandari, A. Cherati A. S. M. Soltani, A. Zeinadini Meymand, and B. Delsooz Khaki

Assistant Professor., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran; E-mail: ajalali@areeo.ac.ir

Assistant Professor., Soil and Water Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahwaz, Iran; E-mail: a.azadi@areeo.ac.ir

Assistant Professor., Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran; E-mail: nnavidi@swri.ir

Assistant Professor., Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran;
E-mail: mahnazskandari@yahoo.com

Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran; E-mail: acherati@yahoo.com

Assistant Professor., Rice Research Institute of Iran, AREEO, Rasht, Iran;
E-mail: shmsoltani@gmail.com

Assistant Professor., Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran;
E-mail: ali_zeinadin@yahoo.com

Researcher, Soil and Water Research Institute, AREEO, Karaj, Iran; E-mail: b_delsooz@yahoo.com

Received: October, 2021, and Accepted: December, 2021

Abstract

Meeting the demand for rice in the country as a strategic product is of special importance. The objective of this study was to investigate the effect of soil properties on rice yield and their rating to prepare a table of soil and landscape requirements of this crop for use in land suitability assessment studies. For this purpose, 99 rice fields in Mazandaran, Guilan, and Khuzestan provinces were selected. In each farm, a soil profile was studied and a land use questionnaire was completed. After the necessary physical and chemical analyses, a simultaneous multivariate regression between yield and different soil properties was investigated. Then, in order to prepare a table of soil and landscape requirements for rice, simple regression relationships between effective soil characteristics and yield were investigated and rated for different land suitability classes. Verification of the proposed table was performed using data from 18 rice fields (about 18% of the whole data). The results showed that the range of yield, lime, sand, clay and silt in selected fields was extensive, but the percentage of exchangeable sodium and soil salinity were in a more limited range. In multivariate regression, the variables of salinity, ESP, lime, soil reaction, percentage of clay and sand, respectively, were efficient. The coefficient of determination of the proposed equation was about 0.38. Also, the value of the coefficient of determination between yield and soil index for verification data was about 0.71, which indicates the reliability of the proposed table in this study.

Keywords: Land suitability, Rice yield, Soil index

¹ Corresponding author: Land Evaluation Research Department, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.