پژوهش‌های خاک / الف / جلد ۳۷ / شماره۴ زمستان / ۱۴۰۲/ص۲۹۳-۳۱۰
https://doi.org/10.22092/ijsr.2024.362743.714

ارزیابی تناسب اراضی و بررسی محدودیت‌ها برای کشت گیاهان صنعتی در مناطق تحت کشت آبی کشور

میرناصر نویدی* و جواد سیدمحمدی

دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛
n.navidi@areeo.ac.ir
استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛
j.mohammadi@areeo.ac.ir

«مقاله پژوهشی»
دریافت: ۱۴۰۲/۴/۱۱ و پذیرش:۱۴۰۲/۱۰/۱۲

چکیده

در این پژوهش، واحدهای خاک در دشت‌های آبی کشور بر اساس داده‌های مطالعات قبلی خاک‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های کاربری و در نظر گرفتن پهنه‌های زراعی- اقلیمی، باهدف تعیین توان (پتانسیل) اراضی برای کشت آبی محصولات صنعتی شامل چغندرقند، پنبه، گلرنگ و نیشکر مشخص شد. سپس، اراضی موردنظر برای کشت آبی محصولات مزبور از نظر تناسب اراضی طبق چهارچوب فائو و روش پارامتریک ریشه دوّم ارزیابی شد. نتایج نشان داد که از چهار میلیون هکتار اراضی مزبور برای کشت آبی چغندرقند، حدود ۱/۲۳ میلیون هکتار در کلاس S1 (مناسب زیاد)، ۱/۵ میلیون هکتار در کلاس S2 (مناسب متوسط)، ۷۴۰ هزار هکتار در کلاس S3 (مناسب بحرانی)، ۳۹۰ هزار هکتار در کلاس N1 (نامناسب در حال حاضر) و ۴۲۰ هزار هکتار در کلاس N2 (نامناسب دائمی) قرار داشت. از مجموع اراضی بررسی‌شده برای کشت پنبه به مساحت حدود ۲/۴ میلیون هکتار، ۷۵ هزار هکتار در کلاس S1، ۶۷۱ هزار هکتار در کلاس S2، ۸۹۵ هزار هکتار در کلاس S3، ۴۲۰ هزار هکتار در کلاس N1 و ۳۴۰ هزار هکتار در کلاس N2 بود. از ۲/۲ میلیون هکتار اراضی بررسی‌شده برای کشت گلرنگ، ۳۸ هزار هکتار در کلاس S1، ۵۶ هزار هکتار در کلاس S2، ۱/۳ میلیون هکتار در کلاس S3، ۳۶۳ هزار هکتار در کلاس N1 و ۳۹۸ هزار هکتار در کلاس N2 ، و از مجموع اراضی بررسی‌شده برای کشت نیشکر به مساحت حدود ۶۱۵ هزار هکتار، ۶ هزار هکتار در کلاس S1، ۱۸ هزار هکتار در کلاس S2، ۱۹۳ هزار هکتار در کلاس S3، ۹۸ هزار هکتار در کلاس N1 و ۳۰۰ هزار هکتار در کلاس N2 قرار داشت. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها نشان داد که تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی دارای دقت قابل‌قبول است. مُهّم‌ترین ویژگی‌های محدودکنندۀ خاک برای کشت چغندرقند عبارت‌اند از: اسیدیته، شوری و قلیائیت و زهکشی. ویژگی‌های محدودکننده برای کشت پنبه شامل عوامل اقلیمی، مقدار و درجۀ شیب، شوری و قلیائیت، آهک و گچ بود. نیز، اسیدیته، زهکشی، شوری و قلیائیت، و اقلیم جزو ویژگی‌های محدودکنندۀ کشت گلرنگ بود و برای نیشکر، شوری و قلیائیت، زهکشی و شیب زمین. توجه به اراضی مناسب و نامناسب تفکیک‌شده در نقشه‌های تناسب اراضی محصولات ذکرشده در بالا، مدیریت کشت را برای کشاورزان و برنامه‌ریزان تسهیل می‌نماید.

کلمات کلیدی: کلاس‌های تناسب اراضی، اراضی مناسب گیاهان صنعتی، محدودیت‌های اراضی برای کشاورزی

* آدرس ایمیل نویسنده مسئول: n.navidi@areeo.ac.ir

مقدمه

خاک یکی از منابع طبیعی مُهّم برای تولید محصولات کشاورزی، امرار معاش و توسعهٔ اجتماعی-اقتصادی جوامع است (ماندال و همکاران، ۲۰۲۰). خاک برخلاف آب که تا حدودی قابل‌برگشت است، تجدید پذیر نیست. انسان امروزی برای پیش‌گیری از فقر و نابودی اراضی، بایستی همواره با طبیعت حرکت کرده، از اراضی به‌اندازهٔ توان تولید و استعداد آن‌ها بهره‌برداری‌کند. افزون‌براین، بایستی انتخاب کاربری اراضی را بر اساس توان تولید خاک‌ها انجام داده و نیازهای اقتصادی و اجتماعی بشر را با توّجه به توان اراضی برآورد نماید (سیّدمحمدی و همکاران، ۲۰۱۹). کشت محصول بدون دانستن ظرفیت ذاتی و ویژه‌مکانی[۱] خاک‌ها و محدودیت‌های خاک منجر به کاهش قابل‌توجه در بهره‌وری و هم‌چنین بدتر شدن سلامت خاک می‌شود (گاندهی و ساوالیا، ۲۰۱۴). کشت محصولات زراعی با در نظر گرفتن قابلیت‌های ویژه مکانی خاک ضمن بهینه کردن استفاده از این منابع، بازدهی نهایی را نیز به حداکثر می‌رساند (سیّدمحمدی و نویدی، ۲۰۲۲). در تجزیه‌وتحلیل تناسب اراضی، بر روی برخی از خواص اساسی و پایدار خاک مانند بافت، پ‌هاش، کربن آلی، هدایت الکتریکی، و قلیائیت خاک تأکید بیشتری می‌شود؛ بنابراین، تجزیه‌وتحلیل تناسب خاک و ارزیابی اراضی برای محصولات مناسب با مناطق هدف به بهینه‌سازی بهره‌وری محصول کمک قابل‌توجهی می‌نماید (نویدی و همکاران، ۲۰۲۲).

شناسائی قابلیت اراضی و محدودیت‌ها و انتخاب کاربری مناسب، متناسب با ویژگی‌های خاک‌ها و اراضی ازجمله راه‌های افزایش تولید در واحد سطح و یا به‌عبارت‌دیگر استفاده بهینه از اراضی است. برای دست‌یابی به این هدف، تعیین تناسب اراضی راه‌کار مناسبی است. تناسب اراضی، مناسب یا نامناسب بودن اراضی را برای انواع کاربری تعیین می‌کند. هدف از مطالعات ارزیابی تناسب اراضی، استفاده بهینه و پایدار از اراضی با بررسی جنبه‌های فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی اراضی است (نویدی و همکاران، ۲۰۲۳). گیاهان صنعتی معمولاً با محدودهٔ وسیعی از شرایط اقلیمی و خاک سازگار بوده و در برابر تنش‌های محیطی تا حدود زیادی مقاوم و سرسخت می‌باشند (ساتهی‌یامورتی و همکاران، ۲۰۲۲). چندین محقق، تناسب اراضی را برای محصولات گیاهان صنعتی در سطح کشور ارزیابی کرده‌اند. سرمدیان و همکاران (۱۳۸۳)، حدود ۱۵ هزار هکتار از اراضی منطقهٔ اشتهارد استان البرز را برای کشت پنبه ارزیابی کرده‌اند. آن‌ها مُهّم‌ترین عوامل محدودکنندهٔ رشد پنبه در این منطقه را ریز پستی‌وبلندی[۲]، اقلیم و شوری و قلیائیت ذکر کرده‌اند. فرج‌نیا (۱۳۸۶)، اراضی دشت یکانات آذربایجان‌شرقی را به مساحت ۱۰ هزار هکتار برای کشت چغندرقند موردبررسی قرار داده و عوامل محدودیت را شوری خاک، سنگ‌ریزه، بافت خاک سنگین و شیب اراضی بیان کرده است. شیری و فربودی (۱۳۹۳)، بخشی از اراضی منطقهٔ طارم زنجان را بررسی کرده و ویژگی‌های عمق خاک، بافت و سنگ‌ریزه را عامل کاهش توان این اراضی برای کشت پنبه تشخیص داده‌اند. محمدی و همکاران (۱۳۸۶)، اراضی منطقهٔ گنبد کابوس استان گلستان را برای کشت پنبه ارزیابی کرده و ویژگی‌های محدودکننده خاک در این منطقه را درجهٔ حرارت، شوری و قلیائیت، پ‌هاش و زهکشی تعیین کرده‌اند. منتخبی کلجاهی و همکاران (۱۳۹۲)، اراضی ایستگاه تحقیقات کَرکَج دانشگاه تبریز را برای کشت چغندرقند و گلرنگ ارزیابی کرده و به دلیل محدودیت‌های قابل‌ملاحظهٔ ویژگی‌های خاک، کشت این محصولات را توصیه نکرده‌اند. ظهیرنیا و متین فر (۱۳۹۸)، بخشی از اراضی استان خوزستان را برای کشت نیشکر بررسی کرده‌اند و در قسمت‌های نامناسب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی را عامل محدودیت بیان کرده‌اند. مرادی شرف (۱۳۹۲)، بخش‌هایی از شرق استان گیلان را برای کشت بادام‌زمینی موردمطالعه قرار داده و ویژگی‌های اقلیمی و

[۱] Site specific

[۲] Microrelife

عوامل زهکشی را دلیل اصلی کاهش درجهٔ تناسب اراضی در برخی از واحدها ذکر کرده است.

گیاهان صنعتی گیاهانی هستند که از آن‌ها در صنایع مختلف استفاده می‌شود. معمولاً از ترکیبات و تولیدات این گیاهان به‌عنوان مادهٔ خام در بخش‌های مختلف صنعت بهره‌برداری می‌گردد. استفادهٔ صنعتی از این گیاهان در زمینه‌های مختلف رواج دارد. این گیاهان فرآورده‌هایی همچون محصولات نشاسته‌ای، محصولات قندی، محصولات روغنی، محصولات اسانس‌دار، محصولات رنگی و محصولات نساجیِ را تولید می‌کنند که مصارف صنعتی دارند. برای این منظور، بخشی از اراضی کشاورزی در دشت‌های آبی کشور با روش پارامتریک ریشهٔ دوّم برای کشت آبی گیاهان صنعتی شامل چغندرقند، نیشکر، پنبه و گلرنگ مورد ارزیابی تناسب اراضی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ موردمطالعه

محدودهٔ مطالعاتی، اراضی واقع‌شده در دشت‌های آبی کشور را شامل است. اقلیم محدودهٔ مطالعاتی شامل پهنه‌های مختلف اقلیمی از گرم و خشک تا سرد و مرطوب را در برمی‌گیرد.

مراحل پژوهش

به‌منظور تعیین تناسب اراضی برای کشت گیاهان صنعتی شامل چغندرقند، نیشکر، پنبه و گلرنگ در دشت‌های آبی کشور، فرآیند تجمیع، آماده‌سازی، رقومی سازی مطالعات خاک‌شناسی و محاسبهٔ مقادیر شاخص اراضی و تعیین کلاس‌های تناسب در واحدهای خاک طی مراحل زیر انجام شد:

جمع‌آوری مستندات: گزارش‌های مطالعات خاک‌شناسی انجام‌شده در سطح کشور جمع‌آوری‌شده، سپس مشخصات کلی مطالعات مانند سال انجام، دقت مطالعه، مقیاس نقشه‌ها، نوع نقشه‌های تفسیری، مساحت مطالعه، سامانهٔ طبقه‌بندی خاک و هم‌چنین کیفیت نقشه‌ها ازنظر مرجع مکانی (داشتن مختصات جغرافیایی) و سایر موارد تعیین شدند و به‌عنوان فراداده[1] مورداستفاده قرار گرفتند. در هر مطالعه، کیفیت و کمیّت محتویات گزارش مطالعات ازجمله وجود اطلاعات‌پایه موردنیاز طرح تناسب اراضی شامل مشخصات ریخت‌شناسی[2] و جدول تجزیه‌های آزمایشگاهی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی افق‌های خاک سری‌های شاهد بررسی و قابلیت به‌کارگیری آن‌ها در فرآیند ارزیابی تناسب اراضی موردبررسی دقیق قرار گرفت.

رقومی سازی اطلاعات و پردازش داده‌ها: نقشه‌های خاک کاغذی و پستی‌وبلندی[3] اسکن شده و سپس زمین مرجع گردید. یکپارچه‌سازی لایه‌های واحدهای خاک و اندکس نقشه‌های پستی‌وبلندی برای هر منطقهٔ مطالعاتی انجام شد و درنهایت، عملیات هم‌پوشانی کناره‌ای، پالایش و آماده‌سازی نقشه‌ها برای پردازش در محیط نرم‌افزار آرک/جی ای اس صورت پذیرفت. داده‌های توصیفی شامل ویژگی‌های ریخت‌شناسی خاک‌ها و نتایج مشاهدات میدانی و تجزیه‌های آزمایشگاهی خاک رخ‌های شاهد مانند بافت، ساختمان، سنگ‌ریزه، عمق خاک، آهک، گچ، شوری و قلیائیت و شیب اراضی در محیط نرم‌افزارهای متنی ذخیره و ثبت شد. سپس این داده‌ها به داده‌های مکانی مرتبط خود در محیط جی ای اس ملحق شدند. بدین ترتیب پایگاه داده خاک تهیه شد. به هر یک از واحدهای نقشه نیز بر اساس استان، شمارهٔ گزارش، واحد خاک و شمارهٔ خاک‌رخ شاهد یک کد اختصاصی تعلق گرفت، به‌گونه‌ای که بتوانند با نتایج تناسب اراضی مرتبط شوند (جمشیدی، ۱۳۹۸).

کنترل کیفی مطالعات رقومی‌شده: به‌منظور کنترل کیفی مطالعات، مرزهای نقشه توسط تصاویر گوگل‌ارث صحت‌سنجی شد و اصلاحات موردنیاز صورت پذیرفت. هم‌چنین منابع خطا، مانند خطاهای فنّی[4] و شخصی در فرآیند رقومی سازی موردبررسی قرار گرفت. خطاهای فنّی

[1] Meta data
[2] Morphology
[3] Topography
[4] Thecnical errors

مربوط به خطای عکس‌های هوایی به‌عنوان لایهٔ مبنایی مطالعات خاک‌شناسی (موزائیک عکس‌های هوایی) است. این نوع خطا به دلیل تفاوت مقیاس در قسمت‌های مختلف عکس هوایی بوده و بنابراین وجود خطا در مرزهای واحدهای منفک شده نقشهٔ خاک دور از انتظار نیست. خطای شخصی نیز شامل خطای خاک‌شناس در ترسیم مرز خاک‌ها بر روی نقشهٔ مبنایی و هم‌چنین نقشهٔ نهایی است که پس از مرحلهٔ مطالعات میدانی انجام می‌شود. هم‌چنین خطای رقومی‌ساز شامل خطا در مراحل مختلف رقومی‌سازی از مرحلهٔ کپی نقشه‌های اصلی، خطای زمین مرجع و خطای ترسیم مرزهای واحدهای نقشهٔ خاک است؛ بنابراین با کاهش منابع خطا، نقشه‌های تهیه‌شده دارای دقت و صحت مناسبی شدند.

تهیهٔ لایهٔ اراضی هدف و اجرای فرآیند تناسب اراضی:
پس از تهیهٔ لایهٔ اراضی تحت کشت آبی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لند ست ۲۰۱۴، تصاویر ماهوارهٔ مودیس ۲۰۱۵، نقشهٔ کاربری اراضی تهیه‌شده توسط مؤسسهٔ پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصادی وزرات جهاد کشاورزی با عنوان سیمای آبخیزها در سال ۱۳۸۲ با مقیاس ۱:۲۵۰،۰۰۰ و لایهٔ پوششی کشوری کاربری اراضی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ توسط سازمان نقشه‌برداری کشور، این لایه در محیط نرم‌افزار جی ای اس فراخوانده شد و لایهٔ محدودهٔ مطالعات خاک‌شناسی نیز به محیط اضافه گردید و نقشه‌های خطّی[۱] آن تهیه شد. سپس با هم‌پوشانی لایهٔ محدودهٔ اراضی کشاورزی آبی و لایهٔ محدوده‌های رقومی‌شده مطالعات خاک‌شناسی، لایهٔ واحدهای خاک برای ارزیابی تناسب اراضی مشخص شد. ازنظر شرایط اقلیمی بررسی اطلاعات موجود نشان داد که اغلب نقشه‌های تهیه‌شده در مقیاس ملّی به دلیل کم بودن تعداد ایستگاه‌های هواشناسی در سطح کشور و توزیع نامناسب ارتفاعی و مکانی ایستگاه‌های هواشناسی همراه با استفاده از داده‌های محیطی نادقیق و به‌کارگیری مُدِل‌های ریاضی ناکارآمد برای تهیهٔ آن‌ها معمولاً بر پستی‌وبلندی‌ها و پیچیدگی‌های اقلیمی–اراضی کشور منطبق نیستند؛ بنابراین نتوانستند زیربنای مناسبی برای انجام این مطالعه باشند. لذا نقشهٔ پهنه‌بندی نواحی زراعی–اقلیمی یونسکو[۲] (اِی سی زد) به دلیل برخی مزیت‌ها مانند تبعیت واحدهای ترسیمی آن از روند تغییرات مکانی پستی‌وبلندی ایران (۱:۵۰۰۰۰)، استفاده از متغیرهای اقلیمی و محیطی بیشتر در مُدل‌سازی، در نظر گرفتن تغییرات ارتفاعی نقطه‌ای و پیوسته و تطابق افزون‌تر کلاس‌های تعریف‌شده با اقلیم مناطق مختلف، مبنای کلاس‌های اقلیمی قرار گرفت. پس از هم‌پوشانی لایهٔ خاک با نقشهٔ اِی سی زد، مشخص شد که برای هر یک از واحدهای خاک و ایستگاه هواشناسی مربوطه‌اش اعم از اقلیم‌شناسی و یا هواشناسی کشاورزی کدام پهنهٔ اِی سی زد باید استفاده شود. با بررسی نقشه‌های منطقه‌ای و ملّی وضعیت اقلیمی ایران به کمک سازمان هواشناسی کل کشور در قالب نقشهٔ خرد اقلیم‌های کشور به‌روزرسانی شد و در این مطالعه از نتایج حاصله استفاده شد. هم‌چنین زمان‌بندی مراحل دورهٔ رشد و نمو گیاهان[۳] چغندرقند، نیشکر، پنبه و گلرنگ در نقاط موردمطالعه با همکاری کارشناسان مراکز تحقیقات و سازمان‌های جهاد کشاورزی با نهایت دقت و حساسیت بر مبنای پهنه‌های اِی سی زد تهیه شد. با انجام فرآیندهای ذکرشده، واحدهای خاک در دشت‌های آبی کشور مرزبندی گردید. برای تعیین شاخص اراضی در واحدهای خاک، ویژگی‌های آب و هوایی شامل گروه‌های اقلیمی، درجهٔ‌حرارت، رطوبت نسبی و مقدار تابش خورشید، ویژگی‌های خاک و زمین‌نما برای کشت آبی چغندرقند، پنبه، گلرنگ و نیشکر بر اساس چهارچوب فائو (۱۹۷۶) با روش پارامتریک ریشهٔ دوّم از طریق رابطهٔ ۴ با استفاده از نرم‌افزار ارزیابی تناسب اراضی تهیه‌شده در مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب و با توّجه به جدول‌های نیازهای اقلیم، خاک و زمین‌نمای محصولات ذکرشده (سیّدجلالی و همکاران، ۱۳۹۸) مورد ارزیابی قرار گرفت.

[۱] Vector
[۲] Agro-Climatic Zones (ACZ)
[۳] Phenologic period

لازم به توضیح است برای تعیین درجهٔ اقلیمی ابتدا محدودکننده‌ترین ویژگی‌های اقلیمی در هر گروه اقلیمی مشخص و سپس بر اساس رابطهٔ ریشه دوّم شاخص اقلیمی تعیین گردید. با استفاده از رابطه‌های ۲ و ۳ مقدار شاخص به‌دست‌آمده به درجهٔ اقلیمی تبدیل شد تا همراه با سایر ویژگی‌ها شامل خاک و پستی‌وبلندی در تعیین شاخص تناسب اراضی مورداستفاده قرار بگیرد. پس از انجام محاسبات ارزیابی تناسب اراضی، کلاس تناسب اراضی در واحدهای نقشه تعیین شد (جدول ۱).

$$CI = R_{min}\sqrt{\frac{A}{100}\times\frac{B}{100}\times\dots} \quad (۱)$$

$$CR = 1.6CI \quad (۲)$$

$$CR = 16.67 + 0.9CI \quad (۳)$$

CI، شاخص اقلیم، R_{min}، کمترین درجهٔ در بین گروه‌های اقلیمی، A، B و ... کمترین درجهٔ مربوط به هر گروه اقلیمی و CR، درجهٔ نهایی اقلیم است. اگر مقدار شاخص اقلیم کمتر از ۲۵ باشد درجهٔ اقلیمی از رابطهٔ ۲ و اگر مقدار آن افزون‌تر از ۹۲/۵ باشد در این صورت درجهٔ اقلیمی ۱۰۰ است که این به معنی عدم وجود محدودیت اقلیمی است. اگر مقدار شاخص اقلیمی افزون‌تر از ۲۵ و کمتر از ۹۲/۵ باشد در این صورت مقدار درجهٔ اقلیمی از رابطهٔ ۳ محاسبه می‌شود.

$$LSI = R_{min}\sqrt{\frac{A}{100}\times\frac{B}{100}\times\dots} \quad (۴)$$

LSI، شاخص تناسب اراضی، R_{min}، ویژگی است که دارای کمترین درجه است، A، B و ... درجات مربوط به سایر ویژگی‌های موردبررسی شامل اقلیم، خاک و توپوگرافی هستند.

جدول ۱- کلاس‌های تناسب اراضی و مقدار شاخص اراضی مرتبط

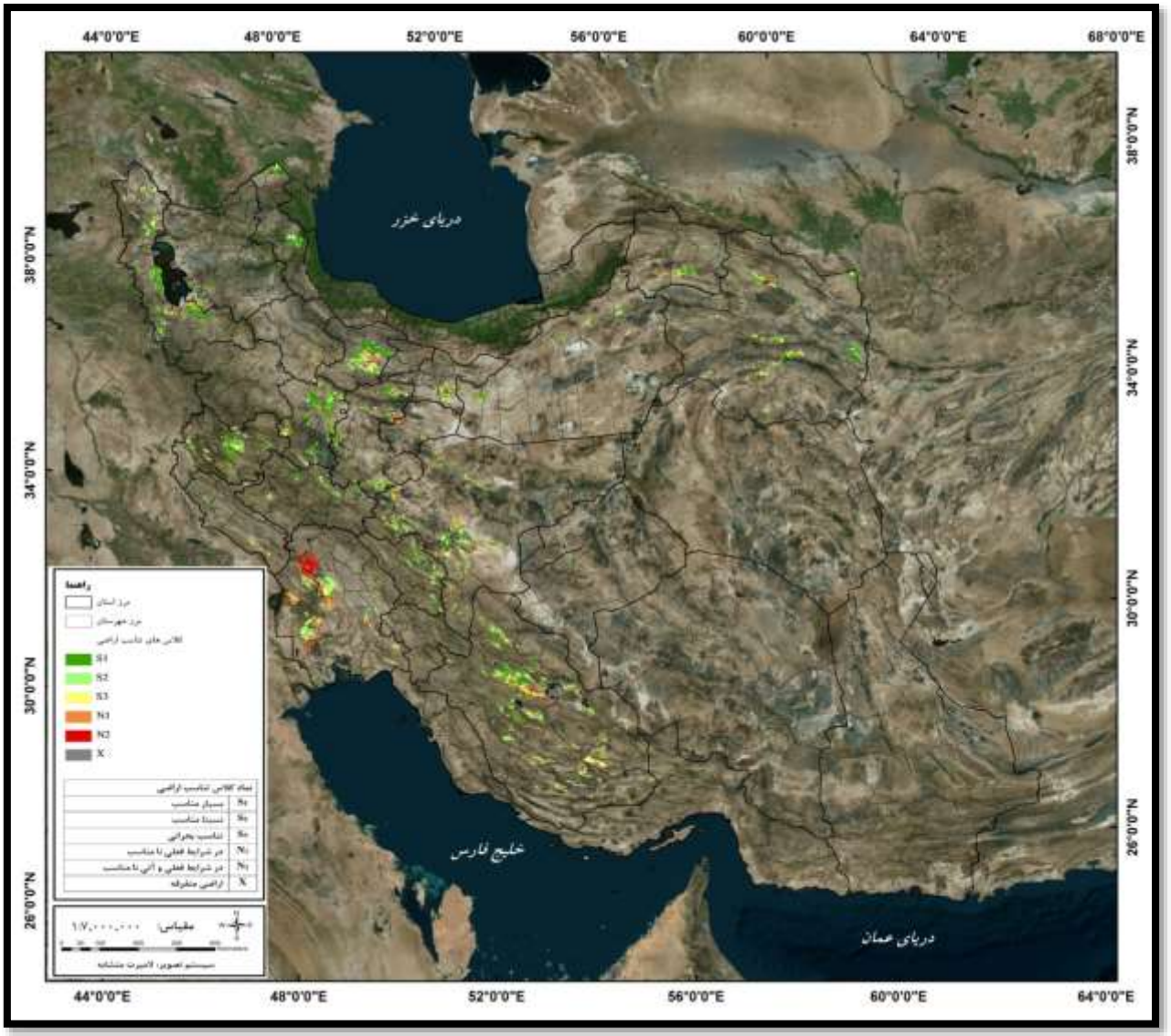
کلاس تناسب اراضی	علامت کلاس	مقدار شاخص
تناسب زیاد	S1	۷۵-۱۰۰
نسبتاً مناسب	S2	۵۰-۷۵
تناسب کم	S3	۲۵-۵۰
نامناسب در حال حاضر	N1	۱۲/۵-۲۵
نامناسب دائمی	N2	۰-۱۲/۵

نتایج و بحث

تناسب اراضی و عوامل محدودکننده چغندرقند

برای ارزیابی تناسب اراضی به‌منظور کشت چغندرقند آبی در اراضی کشاورزی کشور تعداد ۸۰۶۹ واحد ترسیمی به مساحت چهار میلیون هکتار از دشت‌های آبی کشور با محدودیت‌هایی شامل شیب، زهکشی، بافت، عمق خاک و مقدار سنگ‌ریزه، آهک، گچ، پ‌هاش، EC، ESP و اقلیم انتخاب شدند. مقادیر مشخصه‌های ذکرشده با اعمال ضرایب وزنی عمق استخراج‌شده و با استفاده از جدول‌های نیازهای گیاهان (اقلیم، خاک و زمین‌نما) به درجه تبدیل شدند، سپس شاخص تناسب اراضی در همه واحدهای خاک موردبررسی قرارگرفته و محاسبه گردید. نهایتاً کلاس تناسب اراضی در واحدهای نقشه تعیین شد. گسترش جغرافیایی پراکنش کلاس‌های تناسب اراضی برای کشت آبی چغندرقند در دشت‌های آبی کشور در (شکل ۱) ارائه‌شده است. نتایج نشان داد که حدود ۱/۲۳ میلیون هکتار از اراضی موردبررسی در سطح کشور در کلاس تناسب

زیاد (S1)، ۱/۵ میلیون هکتار از اراضی تحت کشت آبی در کلاس نسبتاً مناسب (S2)، ۷۴۰ هزار هکتار در کلاس تناسب کم یا بحرانی (S3)، ۳۹۰ هزار هکتار در کلاس نامناسب در حال حاضر (N1) و ۴۲۰ هزار هکتار در کلاس نامناسب دائمی (N2) قرار دارند. اراضی واقع‌شده در کلاس S2 عمدتاً دارای محدودیت‌های زهکشی، شیب، شوری و قلیائیت و ویژگی‌های نامناسب فیزیکی و حاصلخیزی می‌باشند. اراضی کلاس S3 بیشتر توسط ویژگی‌های فیزیکی، شوری یا قلیائیت، زهکشی، شیب و حاصلخیزی محدودشده‌اند. اراضی بررسی‌شده در کلاس نامناسب با محدودیت‌های خیلی شدید شوری و سدیمی بودن و ویژگی‌های نامناسب فیزیکی، حاصلخیزی، شیب و زهکشی در خاک مواجه هستند.

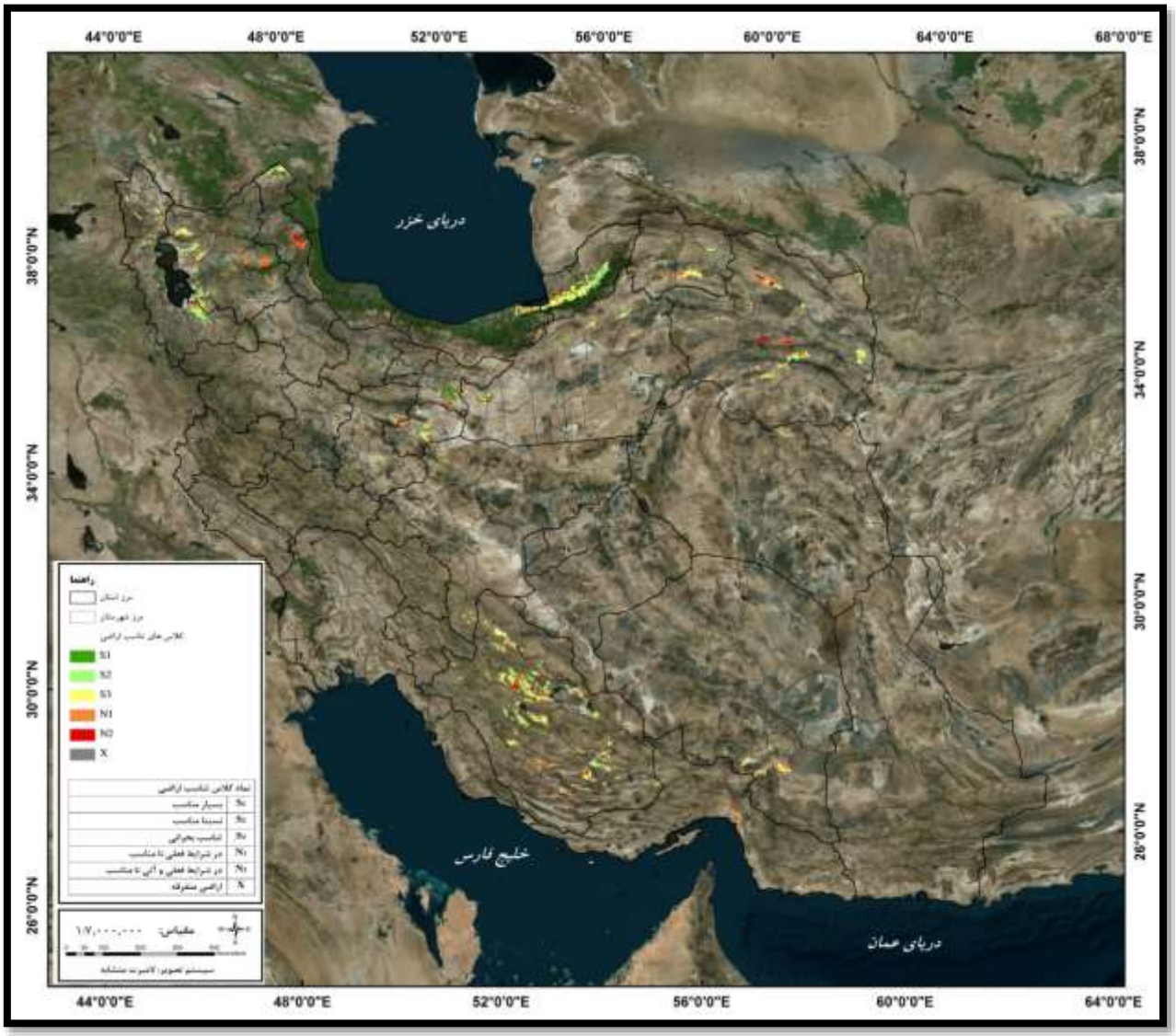


شکل ۱- نقشهٔ گسترش کلاس‌های تناسب اراضی برای کشت آبی چغندرقند

پنبه

درمجموع ۴۵۵۸ واحد ترسیمی خاک از اراضی دشت‌های آبی کشور با محدودیت‌های شیب، زهکشی، بافت خاک، عمق خاک، مقدار سنگ‌ریزه، آهک، گچ، پ‌هاش، هدایت الکتریکی، درصد سدیم تبادلی و اقلیم به مساحت ۲/۴ میلیون هکتار برای بررسی تناسب اراضی کشت محصول پنبه انتخاب شدند. گسترش جغرافیایی کلاس‌های تناسب اراضی برای کشت آبی این محصول در

شکل ۲ ارائه‌شده است. بر اساس نتایج حاصله ۷۵ هزار هکتار از اراضی موردبررسی در کلاس تناسب S1 و بدون محدودیت قرار دارند. حدود ۶۷۱ هزار هکتار در کلاس S2 با محدودیت‌های اقلیم، ویژگی‌های فیزیکی، حاصلخیزی، زهکشی، توپوگرافی، شوری و قلیائیت هستند. اراضی کلاس S3 به مساحت ۸۹۵ هزار هکتار با محدودیت‌های زیاد برای کشت این گیاه شامل ویژگی‌های فیزیکی و حاصلخیزی، اقلیم، شوری یا قلیائیت، زهکشی و توپوگرافی همراه هستند. حدود ۷۶۰ هزار هکتار از اراضی بررسی‌شده در کلاس‌های نامناسب N1 و N2 قرار داشته و دارای محدودیت‌های خیلی زیاد عمدتاً شوری و سدیمی بودن، پ‌هاش، آهک، گچ، شیب و زهکشی می‌باشند.



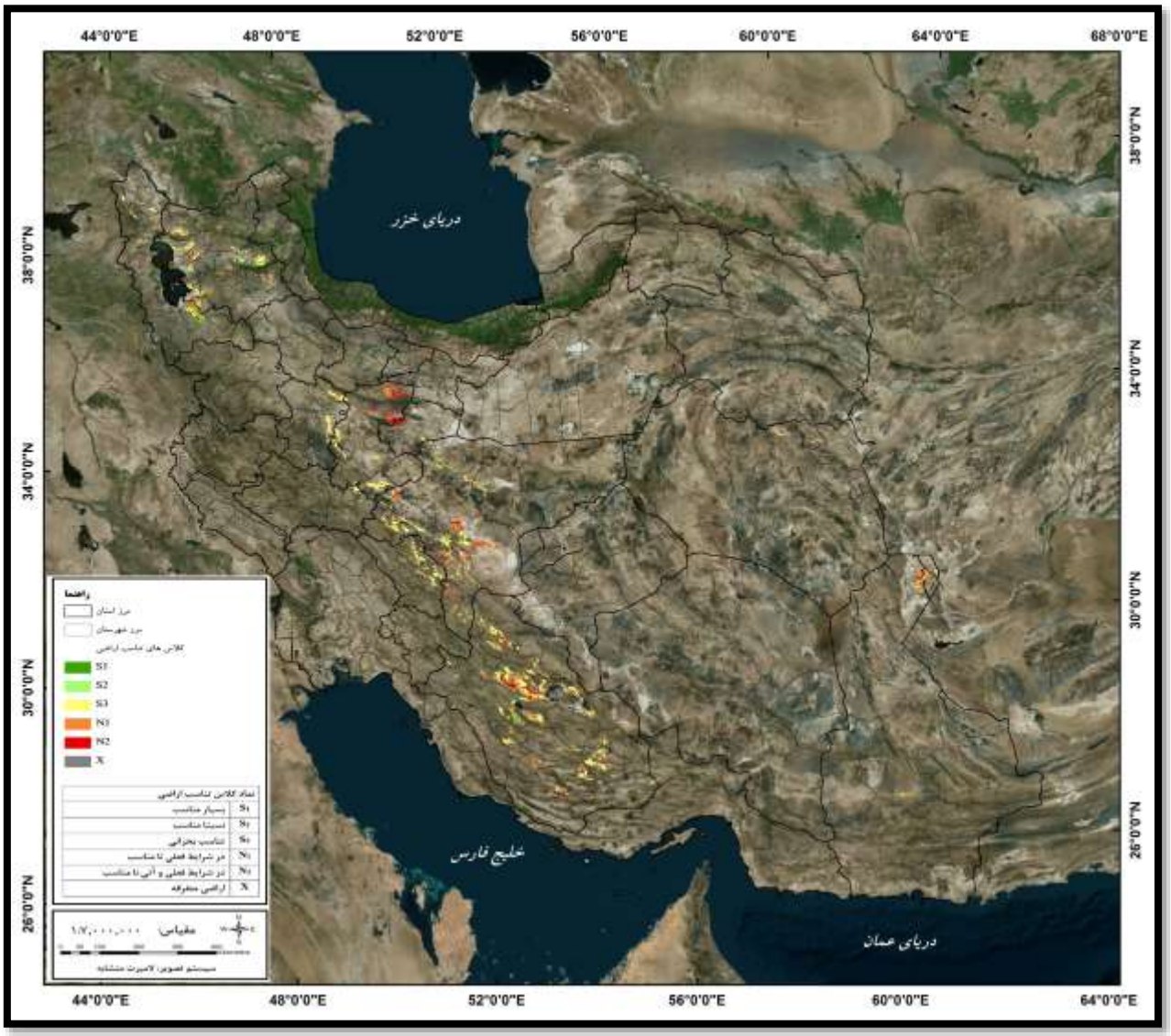
شکل ۲- نقشهٔ گسترش کلاس‌های تناسب اراضی برای کشت آبی پنبه

گلرنگ

برای ارزیابی تناسب اراضی به‌منظور کشت آبی گیاه گلرنگ مجموعاً تعداد ۴۹۸۰ واحد ترسیمی به وسعت ۲/۲ میلیون هکتار در دشت‌های آبی کشور با محدودیت‌های اقلیم، شیب، زهکشی، بافت خاک عمق خاک، مقدار سنگ‌ریزه، آهک، گچ، پ‌هاش، هدایت الکتریکی و درصد سدیم تبادلی مختلف انتخاب شدند. گسترش جغرافیایی تناسب واحدهای نقشهٔ تناسب اراضی

در شکل ۳ ارائه‌شده است. نتایج نشان داد که از مجموع اراضی موردبررسی ۳۸ هزار هکتار در کلاس تناسب S1 و در اراضی بدون محدودیت قرارگرفته‌اند. حدود ۵۶ هزار هکتار در کلاس S2 قرار دارند که با محدودیت‌های حاصلخیزی، زهکشی، اقلیم، شیب و ویژگی‌های فیزیکی همراه می‌باشند. اراضی کلاس S3 به مساحت ۱/۳ میلیون هکتار با محدودیت‌های زیاد برای کشت این گیاه هستند که محدودیت‌های آن‌ها شامل محدودیت‌های ویژگی‌های فیزیکی، شوری یا قلیائیت، زهکشی، پستی‌وبلندی، اقلیم و حاصلخیزی است. حدود ۳۶۳ هزار هکتار در کلاس نامناسب در حال حاضر (N1) و حدود ۳۹۸ هزار هکتار در کلاس نامناسب (N2) برای کشت آبی گلرنگ قرارگرفته که دارای محدودیت‌های خیلی زیاد عمدتاً ناشی از شوری و سدیمی بودن، ویژگی‌های فیزیکی و حاصلخیزی، شیب و زهکشی هستند.

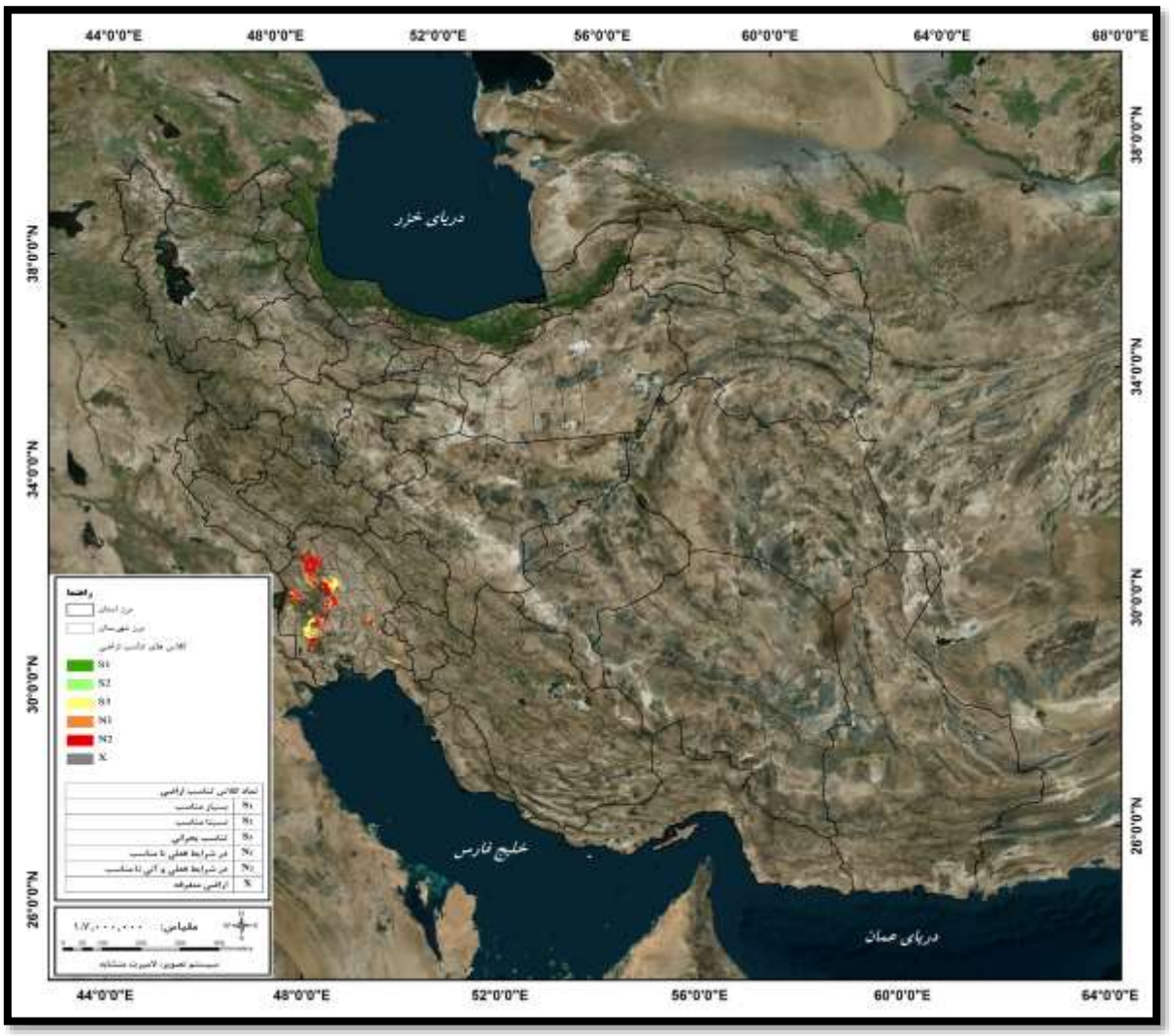
.



شکل ۳- نقشهٔ گسترش کلاس‌های تناسب اراضی برای کشت آبی گلرنگ

نیشکر

برای ارزیابی تناسب اراضی به‌منظور کشت آبی گیاه نیشکر مجموعاً تعداد ۹۲۵ واحد ترسیمی نقشهٔ خاک به وسعت ۶۱۵ هزار هکتار در دشت‌های آبی کشور با محدودیت‌های ویژگی‌های اقلیمی، شیب، زهکشی، بافت خاک، عمق خاک و مقدار سنگ‌ریزه، آهک، گچ، پ‌هاش، هدایت الکتریکی و درصد سدیم تبادلی مختلف انتخاب شدند. شاخص تناسب اراضی برای کلیهٔ واحدهای خاک موردبررسی، محاسبه و کلاس تناسب آن‌ها تعیین گردید. در شکل ۴ گسترش جغرافیایی اراضی با کلاس‌های تناسب مختلف برای کشت آبی نیشکر ارائه‌شده است. به دلیل کشت گسترده در استان خوزستان این گیاه فقط در این استان بررسی شد. شاخص اقلیمی برای کشت نیشکر در اراضی بهبهان، دزفول، ایذه، رامهرمز و شوشتر از ۷۸ تا ۹۲ متغیر بود. اراضی واقع در این مناطق بدون هیچ‌گونه محدودیت اقلیمی در کلاس S1 قرار داشتند. تناسب اقلیمی نیشکر در مناطق آبادان و اهواز با شاخص اقلیمی در حدود ۶۴ به دلیل داشتن محدودیت دمای متوسط روزانه در مرحلهٔ جوانه‌زنی در کلاس تناسب S2 قرار گرفتند. نتایج ارزیابی تناسب اراضی برای کشت نیشکر نشان داد که از مجموع اراضی بررسی‌شده حدود ۶ هزار هکتار بدون محدودیت بوده و در کلاس تناسب S1 قرار دارند. حدود ۱۸ هزار هکتار از اراضی بررسی‌شده در کلاس نسبتاً مناسب (S2) قرار داشت و دارای محدودیت‌های نسبتاً زیاد ازنظر مقدار شوری و قلیائیت خاک، زهکشی و شیب هستند. اراضی با کلاس تناسب S3 دارای محدودیت‌های زیاد مربوط به ویژگی‌های حاصلخیزی خاک است که درمجموع ۱۹۳ هزار هکتار از کل اراضی بررسی‌شده را شامل می‌شود. اراضی کلاس‌های N1 و N2 (بدون تناسب) به ترتیب با مساحت ۹۸ و ۳۰۱ هزار هکتار، دارای محدودیت‌های خیلی زیاد مربوط به مقدار شوری و قلیائیت خاک‌ها، ویژگی‌های نامناسب فیزیکی و پ‌هاش، زهکشی و شیب می‌باشند. بر اساس نقشهٔ پراکنش جغرافیایی کلاس‌های تناسب اراضی برای کشت نیشکر (شکل ۴) کلیهٔ اراضیِ دارای کلاس مناسب و نسبتاً مناسب در مناطق ایذه و اندیمشک گسترش دارند. اراضی با کلاس تناسب کم عمدتاً در مناطق شوشتر، اهواز و بخش‌هایی از شادگان و خرمشهر واقع‌شده‌اند. اراضی نامناسب در مناطق دزفول، شوش، شوشتر، دشت آزادگان، باوی، کارون، خرمشهر و رامهرمز قرارگرفته‌اند.



شکل ۴- نقشهٔ گسترش کلاس‌های تناسب اراضی برای کشت آبی نیشکر

تجزیه‌وتحلیل آماری نتایج

برای بررسی دقت تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی و اثرات ویژگی‌ها روی کلاس‌های تناسب، تجزیهٔ واریانس چندمتغیره[1] بین کلاس‌های تناسب اراضی در هر یک از واحدهای خاک موردمطالعه به تفکیک محصولات با توّجه به ویژگی‌های خاک، زمین‌نما و اقلیم به‌صورت جداگانه انجام شد. این شیوه توسط محققان زیادی برای بررسی دقت تفکیک کلاس‌های حاصلخیزی در نقشهٔ حاصلخیزی خاک (دواتگر و همکاران، ۲۰۱۲؛ بیهرا و همکاران، ۲۰۱۵؛ تریپاتی و همکاران، ۲۰۱۸)، دقت تفکیک واحدهای نقشهٔ خاک (اسفندیار بروجنی و همکاران، ۲۰۱۰) و دقت تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی (سیّدمحمدی و همکاران، ۲۰۱۹؛ سیّدمحمدی و همکاران، ۱۴۰۱؛ نویدی و همکاران، ۱۴۰۱) استفاده‌شده است. نتایج تجزیهٔ واریانس چندمتغیره با توّجه به آزمون لامبدای ویلکس[2] در سطح احتمال ۹۵ درصد مشخص کرد که بین کلاس‌های تناسب اراضی با P value<۰/۰۰۰۱ برای همهٔ محصولات اختلاف معنی‌دار وجود دارد و تفکیک کلاس‌های تناسب به‌درستی انجام‌شده است (جدول ۲).

[1]Multivariate analysis of variance (MANOVA)

[2]Wilks' lambda

جدول ۲- نتایج تجزیهٔ واریانس چند متغیره با آزمون لامبدای ویلکس بین کلاس‌های تناسب اراضی (α=۰/۰۵)

محصول	ارزش	F	درجه آزادی فرض	درجهٔ آزادی خطا	P value
چغندرقند	۰/۱۸۴	۴۰۹/۷	۳۶	۲۷۵۶۸	<۰/۰۰۰۱
پنبه	۰/۳۷۲	۱۳۱/۵	۳۶	۱۵۶۷۷	<۰/۰۰۰۱
گلرنگ	۰/۴۴۲	۱۲۵/۲	۳۶	۱۸۴۸۸	<۰/۰۰۰۱
نیشکر	۰/۳۷	۲۸/۶	۳۶	۳۳۸۵	<۰/۰۰۰۱

برای تعیین مُهِّم‌ترین ویژگی‌های مؤثر در تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی مقایسهٔ میانگین مقادیر ویژگی‌ها بین کلاس‌های تناسب با استفاده از آزمون کمترین تفاوت معنی‌دار[1] در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام شد (جدول ۳). نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که میان ویژگی‌های موردبررسی شیب، شوری و قلیائیت، بافت و زهکشی، بین همه کلاس‌های تناسب اراضی، برای کشت آبی چغندرقند اختلاف معنی‌دار وجود دارد. در مورد گیاه پنبه بافت خاک، آهک و ویژگی‌های اقلیمی افزون‌ترین تأثیر را در تفکیک کلاس‌های تناسب اراضی داشته‌اند. مؤثرترین ویژگی در تفکیک کلاس‌های تناسب برای کشت گیاه گلرنگ بر اساس مقایسهٔ میانگین ویژگی آهک خاک است. با توجه به (جدول ۳)مشاهده می‌شود که مقادیر ویژگی‌های دارای اثر منفی در رشد و توسعهٔ محصولات موردبررسی شامل سیل‌گیری، زهکشی، بافت، ساختمان، عمق خاک و درصد سنگ‌ریزه، آهک، گچ، پ‌هاش، شوری و قلیائیت خاک از کلاس S1 تا N2 افزایش داشته و مقدار درجه‌شان کاهش‌یافته است.

جدول ۳- مقایسه میانگین مقادیر و درجه ویژگی‌های اراضی در کلاس‌های تناسب اراضی با آزمون اِل اس دی (α=۰/۰۵)*

محصول	کلاس	شیب (٪)	سیل گیری	زهکشی	بافت	آهک	گچ	pH	EC (dSm^{-1})	ESP (%)	اقلیم
	S1	۱/۰۱^{e}	۹۷/۵^{a}	۹۶^{a}	۹۵^{a}	۲۱/۹^{d}	۰/۳۵^{d}	۷/۷۸^{bc}	۱/۶^{d}	۲/۳^{d}	-
	S2	۲^{d}	۹۵/۶^{a}	۹۴^{b}	۸۷^{b}	۳۰^{c}	۰/۹۶^{c}	۷/۷۶^{c}	۲^{d}	۲/۹^{d}	-
چغندرقند	S3	۲/۳۶^{c}	۹۱/۹^{b}	۹۱^{c}	۷۷^{c}	۳۱^{b}	۱/۱۴^{c}	۷/۷۹^{b}	۳/۹^{c}	۵/۳^{c}	-
	N1	۲/۸۹^{b}	۸۵/۲^{c}	۸۸^{d}	۶۹^{d}	۳۳/۲^{a}	۲/۹^{b}	۷/۸^{b}	۲۲/۶^{b}	۲۶/۵^{b}	-
	N2	۳/۹۷^{a}	۷۹/۷^{d}	۸۳^{e}	۶۲^{e}	۳۴/۳^{a}	۶/۹^{a}	۸^{a}	۲۸^{a}	۳۷^{a}	-
	S1	۱^{d}	-	۹۷/۵^{a}	۹۶/۶^{a}	۱۳^{d}	۰^{c}	۷/۵^{b}	۲/۳^{d}	۳/۳^{d}	۸۳/۵^{a}
	S2	۱/۳^{d}	-	۹۶^{a}	۹۳^{a}	۲۲^{c}	۰/۲۶^{c}	۷/۶^{b}	۳/۴^{d}	۳/۶^{d}	۷۷^{b}
پنبه	S3	۲^{c}	-	۹۳^{b}	۷۹^{b}	۲۳^{c}	۰/۴۶^{bc}	۷/۸^{a}	۵/۴^{c}	۵/۹^{c}	۷۵^{c}
	N1	۲/۷۴^{b}	-	۹۱^{c}	۷۱^{c}	۲۶^{b}	۰/۸۵^{b}	۷/۸۵^{a}	۱۲/۵^{b}	۱۲/۹^{b}	۶۹^{d}
	N2	۳/۷۵^{a}	-	۸۸^{d}	۶۹^{d}	۳۲^{a}	۲/۴۲^{a}	۷/۹^{a}	۱۵/۷^{a}	۱۵/۹^{a}	۶۴^{e}
	S1	۱^{d}	-	۹۵/۷^{a}	۹۵/۵^{a}	۰/۹۳^{e}	۰/۲۵^{c}	۶/۲۴^{d}	۰/۷۸^{c}	۰^{d}	۸۹/۵^{a}
	S2	۱/۷^{c}	-	۹۴^{ab}	۹۳^{a}	۱۲/۶^{d}	۰/۳۴^{c}	۷/۲۵^{c}	۱/۱۳^{c}	۰/۷۲^{d}	۸۴/۷^{b}
گلرنگ	S3	۲^{c}	-	۹۳^{b}	۸۴^{b}	۲۶/۸^{c}	۰/۵۴^{c}	۷/۸^{b}	۱/۸۱^{c}	۴/۵^{c}	۸۴^{b}
	N1	۲/۸۵^{b}	-	۹۱^{c}	۷۱^{c}	۳۱/۹^{b}	۱/۲^{b}	۷/۸^{b}	۱۱/۲^{b}	۱۲/۴^{b}	۸۱^{c}
	N2	۴/۲^{a}	-	۸۶^{d}	۶۵^{d}	۳۴/۵^{a}	۲/۵۴^{a}	۷/۹^{a}	۱۴/۵^{a}	۱۵/۴^{a}	۸۱^{c}
	S1	۱^{d}	-	۹۶/۴^{ab}	۹۳^{a}	۲۱/۲^{d}	۰/۰۰۶^{b}	۷/۴۹^{ab}	۰/۳۵^{d}	۱/۸^{d}	۹۶/۴^{a}
	S2	۲/۲^{c}	-	۹۵^{a}	۸۹/۶^{a}	۲۹/۲^{c}	۰/۰۳^{b}	۷/۷۳^{a}	۱/۴۲^{c}	۲/۵^{d}	۹۵/۵^{a}
نیشکر	S3	۲/۲۵^{c}	-	۸۹/۶^{ab}	۸۷^{a}	۳۲/۷^{b}	۰/۵^{b}	۷/۶۸^{a}	۱/۴۳^{c}	۴/۹^{c}	۸۷^{b}
	N1	۳/۴۲^{b}	-	۸۶/۴^{bc}	۷۶^{b}	۴۴/۷^{a}	۰/۸^{b}	۷/۶۴^{a}	۸/۰۵^{b}	۱۰/۵^{b}	۸۳^{c}
	N2	۳/۹۳^{a}	-	۸۳/۵^{c}	۷۴^{b}	۴۴/۶^{a}	۱۳/۳^{a}	۶/۶۴^{b}	۲۸/۶^{a}	۲۰/۷^{a}	۸۱^{c}

*برای ویژگی‌های زهکشی، سیل‌گیری، بافت و اقلیم از مقادیر درجات استفاده شده است.

[1] Least significant difference (LSD)

تحلیل ویژگی‌های اراضی در ارتباط با عملکرد گیاهان صنعتی موردبررسی در استان‌های شاخص

بر اساس سطح زیر کشت و عملکرد آبی محصولات، ویژگی‌های خاک در برخی استان‌ها موردبررسی قرار گرفت. استان آذربایجان‌غربی دارای بیشترین سطح زیرکشت چغندرقند با وسعت حدود ۲۶ هزار هکتار و حدود ۱/۵ میلیون تن تولید است (بی‌نام، ۱۴۰۱). عمده‌ترین ویژگی‌های محدودکننده اراضی در کلاس‌های تناسب S2 و S3 شامل مقدار شیب و در برخی واحدها قلیائیت است. هم‌چنین بررسی کلاس‌های تناسب N1 و N2 برای کشت آبی چغندرقند مشخص کرد که مُهِم‌ترین عوامل محدودکننده پ‌هاش و شوری و قلیائیت خاک است. بررسی واحدهای خاک با محدودیت پ‌هاش نشان داد که خاک این واحدها دارای مقدار قلیائیت افزون‌تر است که دلیل افزایش مقدار پ‌هاش در این خاک‌ها بوده و باعث نامناسب شدن این خاک‌ها برای کشت آبی چغندرقند شده است. اثر آب‌کافت از طریق یون‌های سدیم از دلایل زیاد بودن پ‌هاش خاک در این کلاس‌ها است (اسپوزیتو، ۲۰۱۶). در استان خراسان رضوی که پس از آذربایجان‌غربی افزون‌ترین وسعت و مقدار تولید چغندرقند را دارد، ۲۰ هزار هکتار و ۹۰۰ تن، محدودیت‌ها عمدتاً ناشی از پ‌هاش و بافت خاک در کلاس‌های S2 و S3، شوری و قلیائیت و پ‌هاش در کلاس‌های N1 و N2 است. در خاک‌های خراسان رضوی دلیل افزایش پ‌هاش خاک بیشتر به قلیائیت خاک ارتباط دارد. در خاک‌های استان خوزستان که سوّمین تولیدکنندهٔ چغندرقند با وسعت ۱۸ هزار هکتار و ۱/۱ میلیون تن تولید است (بی‌نام، ۱۴۰۱). محدودیت‌ها غالباً شوری و قلیائیت، شیب، گچ، زهکشی و پ‌هاش خاک است. مقایسهٔ عوامل محدودکننده در میان استان‌ها مشخص کرد که در استان خوزستان عامل زهکشی افزون‌ترین و در استان خراسان شمالی عامل شوری و قلیائیت افزون‌ترین نقش را در کاستن از توان تولید اراضی دارد.

تنش شوری عامل مُهِمی است که بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد. چغندرقند در مقایسه با سایر محصولات کشاورزی مقاوم به نمک است اما در مرحلهٔ جوانه‌زنی و گیاهچه به نمک بسیار حساس بوده و در این مراحل زندگی در صورت شور بودن خاک جذب آب در طی مرحلهٔ جوانه‌زنی گیاه کاسته می‌شود. شرایط تنش شوری تا حدودی برای جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ضروری است. با این‌حال، رشد چغندرقند در سطح شوری تا ۷ دسی‌زیمنس بر متر تحت‌تأثیر قرار نمی‌گیرد. تحمل تنش اسمزی، حذف یون و تحمل بافت‌های زنده در برابر تنش شوری از طریق بسته شدن روزنه برگ، انبساط برگ، مهار فروغ‌آمایی[۱] و کاهش تولید زیست‌توده[۲]، پاسخ‌های گیاه چغندرقند تحت تنش به افزایش شوری است. این‌گونه سازگاری‌ها و سازوکار[۳] آن‌ها در چغندرقند به رشد گیاهان در خاک بی‌کیفیت بدون از دست دادن عملکرد تا حَد زیادی کمک می‌کند (طیب و همکاران، ۲۰۲۳). سدیم یکی از عناصر مُهِم در ریشهٔ گیاه چغندرقند است که در کیفیت آن سهم به‌سزایی دارد. اهمیّت سدیم به این دلیل است که موجب کاهش استخراج قند از ریشه در کارخانه‌های قند می‌شود. اگر برگ صدمه دیده باشد، معمولاً مقدار سدیم برگ افزایش می‌یابد. با افزایش شدت صدمات برگی، میزان سدیم ریشه نیز افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه کیفیت قند استحصالی نیز کاهش پیدا می‌کند. صدمات برگی در کاهش درصد قند موجود در ریشه و هم‌چنین قند قابل استحصال تأثیرگذار است (ایماز و ارتک، ۲۰۱۵). یکی از ویژگی‌های خاک که می‌تواند این مشکلات را در چغندرقند ایجاد و تسریع کند شوری و قلیائیت بیش از حَدّ خاک است؛ بنابراین کشت چغندرقند در خاک‌های دارای محدودیت شوری و قلیائیت غالباً با اُفت کیفیت محصول، کاهش عملکرد و کاهش مقدار قند همراه خواهد بود (طیب و همکاران، ۲۰۲۳). اقلیم در رشد و توسعهٔ چغندرقند نقش مُهِمی دارد. به‌طوری‌که تغییر آب و هوا نه تنها خطر تنش

[۱] Photosynthesis
[۲] Biomass
[۳] Mechansem

خشکی را افزایش می‌دهد، بلکه باعث افزایش فشار آلودگی آفات و بیماری‌ها هم می‌گردد و درنهایت عملکرد را به‌شدت کاهش می‌دهد؛ بنابراین در مناطقی که شرایط مناسب اقلیمی برای کشت چغندرقند وجود ندارد نبایستی نسبت به کاشت این گیاه اقدام شود (هافمن و کنتر، ۲۰۱۸).

بررسی اطلاعات و سطح زیرکشت اراضی تحت کشت آبی در کشور نشان می‌دهد که استان فارس با سطح زیرکشت ۱۸ هزار هکتار و تولید ۵۳/۴ هزار تن، رتبهٔ اوّل را در تولید پنبه در کشور دارد (بی‌نام، ۱۴۰۱). کشت پنبه در استان فارس دارای محدودیت اقلیمی متوسط دما در مرحلهٔ گل‌دهی و مرحلهٔ رسیدگی است که قابل اصلاح نیست. این عامل اقلیمی یکی از مُهِم‌ترین عوامل مؤثر در کاهش عملکرد این محصول در این استان محسوب می‌شود. غالب محدودیت‌ها در کلاس‌های S2 و S3 شامل شیب، آهک، اقلیم، پ‌هاش و بافت خاک است. در کلاس‌های نامناسب خاک‌ها عمدتاً با عوامل شوری و قلیائیت، آهک، گچ و پ‌هاش نامناسب خاک محدودشده‌اند. عامل اصلی افزایش پ‌هاش خاک‌ها مقدار آهک و قلیائیت قابل‌ملاحظه در آن‌ها است. گلستان با سطح زیرکشت ۱۵ هزار هکتار و تولید ۲۹ هزار تن ازنظر وسعت کشت در رتبه بعدی قرار دارد (بی‌نام، ۱۴۰۱). متوسط عملکرد پنبه در استان گلستان ۱/۹ تن در هکتار است که در مقایسه با استان فارس با متوسط عملکرد ۲/۹ تن در هکتار کمتر است. این کاهش عملکرد در گلستان غالباً به دلیل محدودیت متوسط دما در مرحلهٔ رسیدگی در تمامی واحدهای خاک موردمطالعه در این استان است. در استان گلستان کلاس S1 برای کشت پنبه وجود نداشت. غالب محدودیت‌ها در خاک‌های استان گلستان شوری خاک، بافت و زهکشی است. استان اردبیل افزون‌ترین مقدار عملکرد در واحد سطح را با متوسط عملکرد حدود ۴ تن در هکتار دارد. دلیل این امر وجود خاک‌های نسبتاً مرغوب در این استان به‌ویژه در منطقهٔ مغان است که باوجود برخی محدودیت‌های اقلیمی مثل محدودیت متوسط دما و رطوبت نسبی این عملکرد بهینه حاصل می‌شود. شوری خاک باعث کاهش جوانه‌زنی، افت رشد رویشی گیاه و نهایتاً مقدار عملکرد و کیفیت پنبه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (خرسندی و آناگلی، ۲۰۰۹؛ ظفر و همکاران، ۲۰۲۲). هم‌چنین استرس شوری به‌ویژه شوری‌های بیشتر از dSm^{-1} ۱۰ باعث کاهش تعداد غوزه و زود رسیدن پنبه می‌شود (رزاجی و همکاران، ۲۰۱۹). بر طبق اظهارات شریف و همکاران (۲۰۱۹)، تنش شوری در پنبه منجر به تأخیر در گل‌دهی، باردهی کمتر، ریزش میوه و کاهش وزن غوزه می‌شود که همگی این عوامل در کاهش عملکرد پنبه‌دانه تأثیر دارند. ساتی‌یامورتی و همکاران (۲۰۲۲)، در بررسی اراضی منطقه پرامبالور هند، عوامل محدودکننده برای رشد و نمو پنبه را شوری زیاد خاک، بافت خاک سنگین و شیب ذکر کرده‌اند. ممتکولوف و همکاران (۲۰۲۲)، در ارزیابی تناسب اراضی کومکورگان ازبکستان، مُهِم‌ترین عوامل محدودکننده را بافت خاک، شیب، شوری خاک و زهکشی ذکر کرده‌اند.

بیشترین مقدار تولید گلرنگ در سطح کشور مربوط به استان اصفهان با وسعت ۱/۱ هزار هکتار، در حدود ۳/۲ هزار تن گزارش‌شده است (بی‌نام، ۱۴۰۱). کشت گلرنگ در منطقهٔ شهرضا و شرق اصفهان به دلیل محدودیت متوسط دما در ماه اوّل چرخهٔ رشد غالباً دارای محدودیت است. مُهِم‌ترین عامل محدودیت در کلاس‌های S2 و S3 ویژگی پ‌هاش بوده و در کلاس‌های نامناسب آهک، بافت و شوری خاک عوامل محدودکننده محسوب می‌شوند. بررسی مقادیر ویژگی‌های اراضی مشخص کرد که در واحدهایی که پ‌هاش خاک باعث کاهش توان اراضی شده است آهک خاک قابل‌ملاحظه است؛ بنابراین می‌توان گفت که عامل افزایش پ‌هاش، زیاد بودن مقدار آهک در خاک این واحدها است. سیّد و همکاران (۲۰۱۰)، در مطالعه خود به اثرات سوء آهک در افزایش پ‌هاش خاک و بهم‌ریختن تعادل تغذیه‌ای عناصر در یک خاک آهکی تحت کشت گیاه گلرنگ اشاره‌کرده‌اند. استان آذربایجان‌شرقی با ۳۴۰ هکتار و ۲۰۰ تن تولید و استان فارس با ۲۳۰ هکتار و ۳۳۶ تن تولید در رتبه‌های بعدی

قرار دارند. رشد و توسعهٔ گلرنگ در مناطقی از اهر، جلفا و میانه به‌دلیل محدودیت اقلیمی متوسط دما در ماه اوّل چرخهٔ رشد، متوسط حداکثر دما در مراحل سبزینگی و رسیدگی محدودشده است. در کلاس‌های S2 و S3 بیشتر محدودیت به دلیل پ‌هاش خاک و در کلاس‌های نامناسب عمدتاً شامل شیب، شوری و پ‌هاش خاک است. در استان فارس در مناطقی از اقلید، درودزن و زرقان به‌دلیل محدودیت متوسط حداکثر دما در مرحلهٔ سبزینگی کلاس تناسب اراضی به سمت کاهش تناسب رفته و قطعاً تولید تحت تأثیر قرارگرفته است. در کلاس‌های مناسب اراضی موردبررسی این استان محدودیت‌ها بیشتر متأثر از آهک خاک و پ‌هاش است. بافت خاک، شوری، آهک و پ‌هاش مُهّم‌ترین عواملی هستند که باعث کاهش توان اراضی و قرار گرفتن آن‌ها در کلاس‌های نامناسب N1 و N2 شده‌اند.

شوری خاک با ایجاد تنش اُسمزی و عدم تعادل مواد مغذی باعث کاهش رشد و عملکرد گلرنگ می‌شود. مقدار زیاد یون‌های سدیم در بافت‌های گیاهی باعث اختلال در تنظیم فشار اُسمزی و تعادل مواد مغذی شده و در اثر سمیت ویژه سدیم رشد گیاه متأثر شده و از مقدار تولید کاسته می‌شود (فرهنگی آبریز و قاسمی گلعذانی، ۲۰۲۱). شوری خاک نه تنها عملکرد محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد بلکه باعث کاهش درصد روغن دانه‌ها می‌شود. این موضوع به علت افزایش درصد پوست دانه‌ها در شرایط شور است. ولی کیفیت روغن گلرنگ تحت‌تأثیر درجّه شوری واقع نمی‌شود. شوری خاک هم‌چنین زمان گل‌دهی را تا چند روز و زمان رسیدگی را تا چند هفته به جلو می‌اندازد (ییلاقی و همکاران، ۲۰۱۲؛ ایمونگور و ایمونگور، ۲۰۲۳). برای کاهش اثرات سوء شوری در واحدهای خاک تحت‌تأثیر این ویژگی، تغییر روش آبیاری، روش کاشت، استفاده از ارقام مقاوم، ترکیب و نوع کودها می‌تواند مؤثر باشد.

خوزستان با ۹۰ هزار هکتار سطح زیرکشت، دارای ۶ میلیون تن تولید نیشکر است (بی‌نام، ۱۴۰۱). خاک‌های قرار گرفته در کلاس‌های S2 و S3 برای کشت نیشکر در این استان بیشتر ازنظر اقلیمی، متوسط دمای روز در مرحلهٔ جوانه‌زنی، دارای محدودیت بوده و دُچار اُفت توان اراضی هستند. شوری و قلیائیت خاک، پ‌هاش و گچ مُهّم‌ترین ویژگی‌های محدودکننده اراضی در استان خوزستان در کلاس‌های نامناسب N1 و N2 می‌باشند. عامل شوری در رشد و توسعهٔ نیشکر بسیار تأثیرگذار است. گیاه نیشکر نسبتاً حساس به شوری بوده و آستانه آن برای کاهش عملکرد حدود ۱/۷ $dS\ m^{-1}$ است (مورایس و همکاران، ۲۰۲۲؛ گوپی کریشنان و همکاران، ۲۰۲۲).

در ازای هر واحد افزایش شوری در ناحیهٔ رشد و توسعهٔ ریشهٔ نیشکر عملکرد آن در حدود ۱۴ تن در هکتار اُفت کرده و مقدار قند (ساکاروز) نیز کاهش می‌یابد (چیکوناتو و همکاران، ۲۰۱۹؛ دلامینی و ژو، ۲۰۲۲)؛ بنابراین در اراضی موردبررسی برای کشت آبی نیشکر نیاز به استفاده از زهکش زیرزمینی برای جلوگیری از تجمع نمک و شستشوی نمک اضافی در ناحیهٔ توسعهٔ ریشه است. هم‌چنین این گیاه به شرایط ماندابی خاک حساس است. در اراضی ماندابی وزن نی آن از ۱۲ تا ۴۱ درصد کاهش می‌یابد. کاهش وزن نی در اراضی ماندابی به‌علت کاهش کارآیی فرآیند فروغ‌آمایی، کاهش توسعهٔ ریشه، کاهش سطح برگ، مرگ نی، افتادگی و شکستگی نی است (سینگ و همکاران، ۲۰۱۹؛ مورایس و همکاران، ۲۰۲۲). نیشکر در خاک‌های با بافت سبک به دلیل کم بودن مقدار گنجایش تبادل کاتیونی خاک از نظر حاصلخیزی دچار مشکل می‌شود بنابراین کشت آن در این‌گونه اراضی توصیه نمی‌شود (ارشد و همکاران، ۲۰۱۹).

تفکیک اراضی مستعد از غیرمستعد در نقشه‌های تناسب اراضی، مدیریت اراضی و برنامه‌ریزی برای کشت را تسهیل می‌کند. هم‌چنین توّجه به نقشه‌های تناسب اراضی برای کشت محصولات صنعتی می‌تواند در حفاظت از اراضی و جلوگیری از تخریب آن‌ها مؤثر باشد. افزون‌براین با توّجه به مشخص شدن نوع محدودیت‌ها در اراضی با تناسب کمتر یا نامناسب، امکان اصلاح و رفع محدودیت‌ها

وجود داشته و سطح کیفیت اراضی در صورت مرتفع شدن مسائل محدودکننده افزایش خواهد یافت.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق می‌تواند در مدیریت صحیح و علمی اراضی تحت کشت، برنامه‌ریزی کارآمد استفاده از اراضی و تعیین علمی انتخاب نوع کشت به‌صورت ویژه مکانی و منطقه‌ای سودمند باشد. در این مطالعه تناسب اراضی برای کشت گیاهان صنعتی شامل چغندرقند، پنبه، گلرنگ و نیشکر در دشت‌های آبی بر اساس چهارچوب فائو و روش پارامتریک ریشه دوم مورد ارزیابی قرار گرفت و اراضی مناسب و نامناسب طبق نقشه‌های تناسب اراضی بر پایه ویژگی‌های اقلیم، توپوگرافی و خاک برای کشت محصولات فوق مشخص و از هم تفکیک گردید. با توّجه به نتایج به‌دست‌آمده، کشت محصولات موردبررسی در اراضی مناسب توصیه‌شده و در اراضی نامناسب به دلیل هزینه‌بر بودن و شدت محدودیت که عملکرد را کاهش می‌دهد، پیشنهاد نمی‌گردد. هم‌چنین این نقشه‌ها به دلیل دارا بودن اطلاعات قابل‌ملاحظه، می‌توانند در برنامه‌ریزی و تدوین الگوی کشت مورداستفاده قرار گیرند.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر از طرح تحقیقاتی ملی به شمارهٔ مصوب ۹۴۵۲-۱۰-۱۰-۰۱۴ که با حمایت مالی معاونت امور زراعت وزارت جهاد کشاورزی در مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب انجام‌شده، استخراج گردیده است که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

فهرست منابع

۱. بی‌نام. ۱۴۰۱. آمارنامه کشاورزی، جلد اول: محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونتِ آمار مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۱۰۰ صفحه.

۲. جمشیدی، م..۱۳۹۸ ایجاد لایه‌های اطلاعاتی رقومی منابع خاک اراضی آبی کشور. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، گزارش شماره ۵۷۰۰۲، ۱۴۷ صفحه.

۳. سرمدیان، ف.، فاتحی، ش. و محمودی، ش. ۱۳۸۳. بررسی و تعیین تناسب کیفی اراضی برای محصولات فاریاب (گندم، جو و پنبه) در منطقهٔ اشتهارد. علوم کشاورزی ایران، ۳۵(۳):۶۵۷-۶۶۸.

۴. سیّدجلالی، س.ع.، نویدی، م.ن.، زین الدینی میمند، ع.، محمداسماعیل، ز. ۱۳۹۸. نیازهای رویشی گیاهان زراعی. مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب. ۲۵۰ صفحه.

۵. سیّدمحمدی، ج.، نویدی، م.ن.، سیّدجلالی، س.ع.، فرج نیا، ا. و فاتحی، ش. ۱۴۰۱. تحلیل محدودیت‌های اراضی و تعیین درجهٔ تناسب آن‌ها برای کشت غلات در اراضی تحت کشت آبی کشور. تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۳(۹):۱۹۵۷-۱۹۷۸.

۶. ظهیرنیا، ع. و متین‌فر، ح. ۱۳۹۸. تعیین تناسب اراضی مزارع نیشکر مبتنی بر شاخص کیفیت خاک با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی. علوم آب و خاک، ۲۳(۲):۱۷۳-۱۸۸.

۷. فرج‌نیا، ا. ۱۳۸۶. ارزیابی تناسب اراضی و تعیین پتانسیل تولید چغندرقند در دشت یکانات مرند. چغندرقند، ۲۳(۱):۴۳-۵۴.

۸. محمدی، ا.، پاشایی اوّل، ع.، مساواتی، س.، صادقی، س. ۱۳۸۶ ارزیابی تناسب کیفی اراضی برای محصولات عمدهٔ زراعی منطقهٔ گنبدکاووس. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴(۵):۹۹-۱۱۱.

۹. مرادی شرف، م. ۱۳۹۲. ارزیابی کیفی و کمّی اراضی برای کشت بادام‌زمینی در بخش‌های شرقی استان گیلان. اولین کنفرانس ملّی الکترونیکی علوم کشاورزی و محیط زیست، شیراز، ایران.

۱۰. منتخبی کلجاهی، و.، جعفرزاده، ع.، شهبازی، ف. ۱۳۹۲. ارزیابی کیفی تناسب اراضی ایستگاه تحقیقاتی کَرکَج برای چغندرقند، پیاز و گلرنگ با روش‌های محدودیت ساده و پارامتریک ریشهٔ دوّم. دانش آب و خاک، ۲۳(۲):۱-۱۲.

۱۱. میزرائی شیری، ز. و فربودی، م. ۱۳۹۳. رزیابی کیفی تناسب اراضی برای محصول پنبه در بخشی از منطقهٔ طارم استان زنجان. همایش بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در کشاورزی، تهران، ایران.

۱۲. نویدی، م.ن.، سیّدمحمدی، ج.، سیّدجلالی، س.ع.، زین الدینی، ع.، فرج نیا، ا. و زارعیان، غ.، تومانیان، ن.، فاتحی، ش.، اسکندری، م. و دلسوز، ب. ۱۴۰۱. ارزیابی تناسب اراضی برای کشت گندم در دشت‌های آبی کشور. پژوهش‌های خاک، ۳۶(۲):۱۰۹-۲۲۴.

13. Arshad, M., Li, N., Zhao, D., Sefton, M., & Triantafilis, J. 2019. Comparing management zone maps to address in fertility and sodicity in sugarcane fields. Soil and Tillage Research, 193, 122-132.
14. Behera, S.K., Mathur, R.K., Shukla, A.K., Suresh, K., & Prakash, C. 2018. Spatial variability of soil properties and delineation of soil management zones of oil palm plantations grown in a hot and humid tropical region of southern India. Catena 165, 251-259.
15. Chiconato, D.A., Junior, G.S., Santos, D. & Munns, R. 2019. Adaptation of sugarcane plants to saline soil. Environmental and Experimental Botany, 162, 201-211.
16. Davatgar, N., Neishabouri, M.R. & Sepaskhah, A.R. 2012. Delineation of site specific nutrient management zones for a paddy cultivated area based on soil fertility using fuzzy clustering. Geoderma 173-174:111-118.
17. Dlamini N.E. & Zhou, M. 2022. Soils and seasons effect on sugarcane ratoon yield. Field Crops Research, 284, 108588
18. Emongor, V.E. & Emongor R.A. 2023. Safflower (Carthamus tinctorius L.), in: Neglected and Underutilized Crops, Future Smart Food, Ed; Farooq, M. and Siddique K.H.M. Academic Press, Pp: 683-731.
19. Esfandiarpoor Borujeni, I., Mohammadi, J., Salehi, M.H., Toomanian, N. & Poch, R.M. (2010). Assessing geopedological soil mapping approach by statistical and geostatistical methods: A case study in the Borujen region, Central Iran. Catena 82, 1-14.
20. FAO. 1976. A framework for land evaluation. FAO Soils Bulletin, No. 32. Rome: Land and Water Development Division, FAO, UN.
21. Farhangi-Abriz, S., and Ghassemi-Golezan, K. 2021. Changes in soil properties and salt tolerance of safflower in response to biochar-based metal oxide nanocomposites of magnesium and manganese. Ecotoxicology and Environmental Safety, 211, 111904.
22. Gandhi, G., and Savalia, S.G. 2014. Soil-site suitability evaluation for mustard in calcareous soils of Girnar toposequence in Southern Saurashtra region of Gujarat. Journal of Oilseed Brassica, 5(2), 128-133.
23. Gopikrishnan, S., Srivastava G. & Priakanth, P. 2022. Improving sugarcane production in saline soils with Machine Learning and the Internet of Things. Sustainable Computing: Informatics and Systems, 35, 100743.
24. Hoffmann, C.M. & Kenter, C. 2018. Yield potential of sugar beet - havewe hit the ceiling? Frontiers in Plant Science, 9, 289. doi:10.3389/fpls.2018.00289.
25. Khorsandi, F., & Anagholi, A. 2009. Reproductive compensation of cotton after salt stress relief at different growth stages. Journal of Agronomy and Crop Science, 195: 278-283.

26. Kiymaz, S. & Ertek, A. 2015. Yield and quality of sugar beet (Beta vulgaris L.) at different water and nitrogen levels under the climatic conditions of Kırsehir, Turkey. Agricultural Water Management 158: 156-165
27. Mamatkulov, Z., Abdivaitov, K., Hennig, S., & Safarov, E. 2022. Land suitability assessment for cotton cultivation - a case study of Kumkurgan district, Uzbekistan. International Journal of Geoinformatics, 18(1), 71-80.
28. Mandal, S., Choudhury, B.U. & Satpati, L. 2020. Soil site suitability analysis using geo-statistical and visualization techniques for selected winter crops in Sagar Island, India. Applied Geography, 122, 102249.
29. Morais, et al., 2022. Sugarcane (Saccharum officinarum L.) under saline stress: Growth, productivity, technological quality, and industrial yield. Industrial Crops and Products, 188, 115642.
30. Navidi, M.N., Chatrenour, M., Seyedmohammadi, J., Delsous Khaki, B., Moradi-Majd, N., & Mirzaei, S. 2023. Ecological potential assessment and land use area estimation of agricultural lands based on multi-time images of Sentinel-2 using ANP-WLC and GIS in Bastam, Iran. Environmental, Monitoring and Assessment, 195, 36.
31. Navidi, M.N., Seyedmohammadi, J. & McDowell, R.W. 2022b. A proposed new approach to identify limiting factors in assessing land suitability for sustainable land management. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 53(19):2558-2573. doi:10.1080/00103624.2022.2072511.
32. Razaji, A., Paknejad, F., Moarefi, M., Damghani, A. M., & Ilkaee, 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.
33. Sathiyamurthi, S., Saravanan, S., Sankriti, R., Aluru,·M., Sivaranjani, S., & Srivel, R. 2022. Integrated GIS and AHP techniques for land suitability assessment of cotton crop in Perambalur District, South India. International Journal of System Assurance Engineering. doi:10.1007/s13198-022-01705-2.
34. Sayyad, Gh., Afyuni, M., Mousavi, S.F., Abbaspour, K.C., Richards, B.K., & Schulin, R. 2010. Transport of Cd, Cu, Pb and Zn in a calcareous soil under wheat and safflower cultivation, a column study. Geoderma, 154(3-4), 311-320.
35. Seyedmohammadi, J. & Navidi, M.N. 2022. Applying fuzzy inference system and analytic network process based on GIS to determine land suitability potential for agricultural. Environ. Monit. Assess. 194, 712.
36. Seyedmohammadi, J., Sarmadian, F., Jafarzadeh, A.A., & McDowel, R.W., 2019. Development of a model using matter element, AHP and GIS techniques to assess the suitability of land for agriculture. Geoderma 352, 80-95.
37. Sharif I, Aleem S, Farooq J, Rizwan M, Younas A, Sarwar G, Chohan SM. 2019. Salinity stress in cotton: effects, mechanism of tolerance and its management strategies. Physiology and Molecular Biology of Plants. 25(4): 807-820. doi: 10.1007/s12298-019-00676-2.
38. Singh, S., Singh, S.P., Pathak, A.D., & Pandey, N. 2019. Assessment of waterlogging induced physiobiochemical changes in sugarcane varieties and its association with waterlogging tolerance. Journal of Environmetal Biology, 40(3): 384-392.
39. Sposito, C. 2016. The Chemistry of Soils. 3rd edition, Oxford University Press, 272p.
40. Tayyab, M., Wakeel, A., Mubarak, M.U., Artyszak, A., Ali, S., Hakki, E.E., Mahmood, K., Song, B. & Ishfaq, M. 2023. Sugar Beet cultivation in the tropics and subtropics: challenges and opportunities. Agronomy, 13, 1213. https://doi.org/10.3390/agronomy13051213.
41. Tripathi, R., Nayak, A.K., Shahid, M., Lal, B., Gautam, P., Raja, R., Mohanty, S., Kumar, A., Panda, B.B., & Sahoo, R.N., 2015. Delineation of soil

management zones for a rice cultivated area in eastern India using fuzzy clustering. Catena 133, 128-136.

42. Yeilaghi, H., Arzani A., Ghaderian, M., Fotovat, R., Feizi, M., & Pourdad, S.S. 2012. Effect of salinity on seed oil content and fatty acid composition of safflower (Carthamus tinctorius L.) genotypes. Food Chemistry, 130:3, 618-625.

43. Zafar, M.M., Shakeel, A., Haroon, M., Manan, A., Sahar A. and Shoukat A. 2022. Effects of salinity stress on some growth, physiological, and biochemical parameters in cotton (Gossypium hirsutum L.) germplasm. Journal of Natural Fibers, 19(14):885

Land Suitability Evaluation and Assessing Limitations for Industrial Plants Cultivation in Irrigated Plains of Iran

M.N. Navidi* and J. Seyedmohammadi

Associate Prof., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran; **n.navidi@areeo.ac.ir**
Assistant Prof., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran; **j.mohammadi@areeo.ac.ir**

Received: July 2, 2023, and Accepted: January 2, 2024

Abstract

The soil units in the irrigated plains across the country were identified based on previous soil studies, satellite images, land use maps, and agricultural-climatic zones. The purpose was to determine the land potential for irrigated cultivation of industrial crops such as sugar beet, cotton, safflower, and sugarcane. Then, the FAO framework and the square root parametric method were used to evaluate the land suitability for irrigated cultivation of these crops. The survey results revealed the land suitability classes for four crops under irrigated cultivation: sugar beet, cotton, safflower, and sugarcane. For sugar beet, out of 4 million hectares (Mha) of surveyed land, 1.23 Mha were in class S1 (highly suitable), 1.5 Mha in S2 (moderately suitable), 740 thousand hectares (Tha) in S3 (marginally suitable), 390 Tha in N1 (currently suitable), and 420 Tha in class N2 (permanently suitable). For cotton, out of 2.4 Mha of surveyed land, 75 Tha were in class S1, 671 Tha in S2, 895 Tha in S3, 420 Tha in N1, and 340 Tha in N2. For safflower, out of 2.2 Mha of surveyed land, 38 Tha were in class S1, 56 Tha in S2, 1.3 Mha in S3, 363 Tha in N1, and 398 Tha in N2. For sugarcane, out of 615 Tha of surveyed land, 6 Tha were in class S1, 18 Tha in class S2, 193 Tha in class S3, 98 Tha in class N1, and 300 Tha in class N2. The data was statisticaly analysed and the results indicated that the the land suitability classes were classified with resonable accuracy. The following factors were the main limiting characteristics that limited cultivation of the four crops under irrigation: For sugar beet: soil pH, salinity, alkalinity, and drainage; for cotton: climate, slope, salinity, alkalinity, lime and gypsum; for safflower: pH, drainage, salinity, alkalinity and climate; and for sugarcane: salinity, alkalinity, drainage and slope. Due attention to the prepared land suitability maps of the aforementioned crops would facilitate cultivation management for farmers and planners.

Keywords: Land suitability classes, Land suitability for industrial crops, Land limitations for agriculture

*Corresponding author's email: n.navidi@areeo.ac.ir