توابع انتقالی و پهنه‌بندی عنصر آهن در بذر گندم و خاک برخی مزارع جنوبی استان خوزستان

علی غلامی[۱]، علیرضا جعفرنژادی[۲]، غلامعباس صیاد[۳] و امیرحسین دوامی[۴]

۱) عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان
۲) استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان
۳) استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهید چمران اهواز
۴) کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۹/۱۶ **تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۱۸**

چکیده

این پژوهش به‌منظور ایجاد توابع انتقالی و پهنه‌بندی عنصر آهن در بذر و شناخت عوامل موثر بر جذب آن در برخی مزارع گندم مناطق جنوبی استان خوزستان اجرا شد. بدین منظور در زمان رسیدگی گندم، از ۱۲۱ مزرعه مناطق اهواز، دشت‌آزادگان، هندیجان، خرمشهر، ماهشهر، شادگان، رامهرمز و امیدیه به‌صورت وزنی نمونه‌برداری جفتی از خاک و بذر گندم انجام ونمونه ها برای اندازه‌گیری میزان آهن و برخی ویژگیهای خاک به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج نشان داد، میانگین مقدار عنصر آهن در بذر و خاک، به‌ترتیب ۵۶/۵ و ۱۲/۵۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. بیش از ۵۰ درصد از خاک‌های مورد مطالعه دارای میزان آهن کمتر از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بودند. غلظت آهن در بذر گندم با مقدار شوری خاک همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=۰/۷۴^{*}$) داشت. بین مقدار آهن خاک با درصد رس ($r=۰/۷۳^{*}$)، ظرفیت تبادل کاتیونی ($r=۰/۸۲^{*}$)، فسفر ($r=-۰/۷۵^{*}$) و شوری ($r=۰/۸۶^{**}$) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. به‌عبارت دیگر، عامل شوری دارای نقش مهمی در افزایش جذب آهن بوسیله گیاه بود. تابع انتقالی حاصل نشان داد که غلظت آهن در بذر رابطه ($R^2=۰/۹۶$) معنی‌دار با ویژگی های شوری، فسفر و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک داشت. بررسی توزیع مکانی عنصر آهن در بذر و خاک نیز نشان داد که مدل کروی، از قابلیت مناسبی برای بیان پراکنش این عنصر در بذر و خاک برخوردار است.

واژه های کلیدی: آهن، پهنه‌بندی، تابع انتقالی، گندم.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-24]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1389.2.7.5.9]

مقدمه

امنیت غذایی یعنی اطمینان از دسترسی همه مردم به غذای کافی، سالم و مغذی در تمام اوقات به منظور داشتن زندگی سالم و فعال. بنابراین، مسئولیت سنگین تأمین امنیت غذایی کشور برعهده سازمان‌ها و دستگاه‌های مختلف است. عدم توازن و تعادل موجود بین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و افزایش غلظت آلاینده‌ها در منابع آب، هوا و خاک در اثر مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی از مهمترین مسائل موثر بر امنیت غذایی می‌باشند. بنابراین، کشاورزی متمرکز و فعالیت‌های صنعتی در بسیاری از مناطق باعث کاهش کیفیت خاک و آب و تخریب منابع گردیده است (woston، 1997). کمبود عناصر غذایی کم مصرف در اراضی زیر کشت غلات گسترش جهانی دارد و میلیون‌ها هکتار از اراضی قابل کشت در دنیا دارای کمبود یک یا چند عنصر غذایی کم مصرف هستند (Kashirad, 1970). طبق گزارش Welch و همکاران (۱۹۹۹) حدود ۴۰ درصد جمعیت دنیا از کمبود عناصر ریز مغذی از جمله روی رنج می‌برند. Marsher (۱۹۹۵) بیان کرد که کمبود روی در انسان را می‌توان از طریق افزایش غلظت آن در غلات برطرف نمود.

استفاده از تکنیک های نوین نظیر زمین‌آمار در شناخت روابط ویژگی های خاک و تولید، جایگاه ویژه‌ای دارد. در این روش، غلظت عنصر مورد نظر در مکان‌های نمونه برداری نشده به صورت نااریب برآورد می‌شود (Atteia *et al.*, 1994). پژوهشی برای مطالعه تغییرات مکانی ریزمغذی‌ها در چین انجام شد. نتایج نشان داد که براساس نیم تغییرنماهای برازش داده شده در خاک‌های سطحی بیشترین شعاع همبستگی برای دو عنصر آهن و منگنز ۲۱/۶ و ۴۵/۳ کیلومتر بود اما شعاع همبستگی دو عنصر روی و مس به‌میزان ۳/۱ و ۲/۹ کیلومتر تعیین شد که در مقایسه با آهن و روی کمتر بود (Wang *et al.*, 2008). Yasrebi و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه تغییرات مکانی خواص حاصلخیزی خاک برای کشاورزی دقیق جنوب ایران در سطح ۴۶/۲ هکتار گزارش کرد که در این شرایط مناسبترین مدل تئوری برای آهن مدل گوسی با سقف ۳/۴۷ و دامنه ۵۰/۷ متر بدست آمد.

در مطالعه دیگر، رفیعی الحسینی و محمدی (۱۳۷۹) تجزیه و تحلیل پراکنش مکانی حاصلخیزی خاک و عملکرد گندم برای مدیریت زراعی دقیق را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد توزیع تمامی متغیرهای پیوسته و به موقعیت جغرافیایی بستگی داشت. همچنین، توزیع مکانی عملکرد گندم مشابه الگوی پراکنش مکانی فسفر قابل دسترس در خاک می‌باشد.

ایوبی و خرمالی (۱۳۸۷) تحقیقی را به منظور بررسی تغییرپذیری مکانی عناصر غذایی کم مصرف و پرمصرف خاک با استفاده از تلفیق روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی و تکنیک زمین آمار انجام دادند. آنالیزهای زمین‌آمار نشان داد که مدل کروی از دقت مناسبی برخوردار بود. بر این اساس، عناصر آهن، روی و منگنز دارای دامنه تأثیری در حدود ۹۰۰-۷۰۰ متر در مقیاس

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-24]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1389.2.7.5.9]

مطالعه بودند. مقایسه الگوی مکانی مؤلفه ها نشان داد که توزیع مکانی عناصرآهن، روی و منگنز عمدتاً توسط اسیدیته خاک کنترل شده است.

گندم به‌عنوان غذای مهم در جیره غذایی نقش بسزایی در سلامتی جامعه دارد. در حال حاضر بیش از ۵۰۰ هزار هکتار از اراضی استان خوزستان به این کشت اختصاص یافته است. از طرف دیگر وجود گرسنگی سلولی و فقر عنصر آهن در جامعه کاملاً مشهود بوده است. به‌همین منظور برای جلوگیری از صرف هزینه و زمان، با داشتن اطلاعات مربوط به این عنصر در بذر و خاک می‌توان با اعمال روش‌هایی میزان این عنصر در سایر نقاط شناسایی کرد. بنابراین، اجرای این پژوهش برای شناخت وضعیت این عنصر در بذر و خاک و ویژگی های مؤثر بر فراهمی زیستی آن در جهت افزایش کمی و کیفی محصول گندم و سلامت جامعه ضرورت دارد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در برخی مزارع مناطق جنوبی استان خوزستان به وسعت حدود ۱۰۰ هزار هکتار انجام شد. از تعداد ۱۲۱ مزرعه گندم در مرحله رسیدگی، نمونه‌های مرکب بذر و خاک تهیه گردید. از هر مزرعه ۷ سنبله و یک کیلوگرم خاک (به‌صورت مرکب و از سطح ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک) به صورت تصادفی تهیه شد. نمونه‌برداری با توجه به سطح زیر کشت به مناطق جنوبی استان شامل شهرهای اهواز، دشت‌آزادگان، هندیجان، خرمشهر، ماهشهر، شادگان، رامهرمز و امیدیه و با استفاده از دستگاه GPS صورت گرفت. به‌طوری که از منطقه اهواز ۳۵، دشت‌آزادگان ۳۰، هندیجان ۱۰، خرمشهر ۳، ماهشهر ۷، شادگان ۶، رامهرمز ۲۷ و امیدیه ۳ نمونه جفتی خاک و بذر تهیه شد. غلظت عنصر آهن در بذور گندم پس از هضم با اسیدنیتریک و اسیدپرکلریک عصاره‌گیری و بوسیله دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد (Richards *et al*., 1998). همچنین، در نمونه‌های خاک، غلظت قابل عصاره‌گیری عنصر آهن در خاک، با روش DTPA عصاره‌گیری و بوسیله دستگاه جذب اتمی (Perkin Elmer 3010) اندازه‌گیری شد. هم‌چنین، برخی از ویژگی های خاک شامل واکنش خاک (pH) با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری اسیدیته خاک (متروم) (Page, 1992)، هدایت الکتریکی خاک (EC) با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری میزان هدایت الکتریکی خاک (USDA, 1996)، بافت خاک به روش هیدرومتر(Page, 1992).میزان مواد آلی خاک به روش اکسیداسیون مرطوب تعیین شدند (Nelson and Sommers, 1982).

با استفاده از نرم افزار SPSS-14 تجزیه و تحلیل‌های مورد نیاز و تجزیه آمار کلاسیک داده‌ها و ایجاد روابط رگرسیونی با استفاده از روش رگرسیونی چند مرحله‌ای انجام شد. میزان همبستگی بین غلظت آهن بذر و خاک با سایر ویژگی‌های خاک با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون تعیین شد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-24]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1389.2.7.5.9]

برای مطالعه تغییر پذیری مکانی نیاز به رسم نیم‌تغییرنما می‌باشد. نیم‌تغییرنما، الگوی مکانی یک متغیر ناحیه‌ای ($Z(xi)$) را نشان می‌دهد. در حقیقت محاسبه نیم‌تغییرنما ($\gamma(h)$)، با استفاده از رابطه (۱)، میانگین نامتجانس بودن بین داده‌های جدا از هم را محاسبه می‌کند.

$$\gamma(h)=\frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}\{Z(x_i)-Z(x_i+h)\}^2 \quad (۱)$$

در این رابطه (x_i) موقعیت متغییر و (h) مقدار گام بین زوج نقاط است.

بعد از محاسبه نیم‌تغییرنما، برای مطالعه پراکنش مکانی و تخمین مقدار متغیر در نقاط فاقد نمونه، مدل تئوری مناسب بر نیم‌تغییرنما برازش داده شد. برازش بهینه ساختار تغییرپذیری مکانی و انتخاب مدل تئوری مناسب متغیرهای مورد مطالعه، بر کیفیت نتایج حاصل از تخمین‌گرهای زمین‌آماری اثر دارد (محمدی، ۱۳۸۵). در این مطالعه مدل تئوری کروی، مناسب‌ترین برازش را نشان داد (Goovaerts, 1998). برای تعیین مناسبترین روش میان‌یابی کریجینگ، توزیع داده‌ها ترسیم و وضعیت نرمال بودن آنها بررسی شد. با توجه به توزیع نرمال داده‌ها، از روش کریجینگ نرمال برای میان‌یابی استفاده گردید (Goovaerts, 1998).

$$z_0{}^{*}=\sum_{i=1}^{n}w_i\times z_i \quad (۲)$$

در رابطه (۲) $Z^*(x_o)$ مقدار تخمین متغیر Z در نقطه x_o و w_i فاکتور وزنی نقاط معلوم در اطراف نقطه مجهول می‌باشند. برای تعیین بهترین مدل تئوری و تعیین مناسبترین شعاع همبستگی و کاهش واریانس روش کریجینگ از روش Cross-validation استفاده شد. همچنین برای ارزیابی بهترین نیم‌تغییرنمای تئوری از آماره‌های میانگین انحراف خطا (MBE) و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) استفاده شد (روابط ۳ و ۴).

$$MBE=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left[z^*(x_i)-z(x_i)\right] \quad (۳)$$

$$MAE=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left[z^*(x_i)-z(x_i)\right] \quad (۴)$$

در این رابطه هرچه مقادیر آماره‌های میانگین انحراف خطا و میانگین قدر مطلق خطا کمتر و به صفر نزدیکتر باشد، دقت آن مدل بالاتر خواهد بود.

جهت تعیین وضعیت ساختار مکانی داده‌ها، با استفاده از نرم افزار GS^+، نیم‌تغییرنما (واریوگرام ها) ترسیم شد. با استفاده از مناسب‌ترین مدل و روش تخمین‌گر کریجینگ، عملیات میان‌یابی انجام و نقشه توزیع مکانی ویژگی های مورد نظر ترسیم شد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-24]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1389.2.7.5.9]

نتایج و بحث

بررسی نتایج حاصل از وضعیت متغیرهای مورد مطالعه، از نظر آمار کلاسیک در جدول ۱ نشان داده شده است. بررسی وضعیت آهن در بذر و خاک نشان داد که میزان این عنصر در بذر و خاک‌های مورد مطالعه به‌ترتیب با میانگین ۵۶/۵ و ۱۲/۵۶ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. غلظت آهن در بذر و خاک در بیشتر از ۵۰ درصد نمونه‌ها به‌ترتیب کمتر از ۵۰ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. بنابراین، باید توجه داشت که اگرچه میانگین این عنصر در خاک‌های منطقه در حد مطلوب می‌باشد، اما بخش عمده‌ای از این خاک‌ها از این نظر دارای کمبود آهن هستند. همچنین، میانگین شوری خاک‌های مورد مطالعه ۴/۶ دسی-زیمنس بر متر بدست آمد. بیش از ۶۰ درصد از خاکهای مورد مطالعه دارای شوری بالاتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر بودند. این نتیجه حاکی از بالا بودن میزان نمک‌ها در خاک‌های منطقه است که تأثیر قابل توجهی بر میزان عملکرد و کیفیت محصول دارد. وضعیت میزان آهک در خاک های مناطق مورد مطالعه نشان داد که میانگین مقدار این ویژگی ۴۸/۲ درصد بوده و ۷۵ درصد آنها بیشتر از ۴۰ درصد آهک داشتند. مطالعات در این زمینه نشان داده است که این ویژگی نقش بسیار مهمی در تعیین اکثر عناصر غذایی به‌ویژه عناصر ریزمغذی دارد (Lindsay and Norvell, 1979).

جدول۱: توصیف آماری خصوصیات اندازه‌گیری شده خاک مزارع گندم در مناطق جنوبی خوزستان

متغیرها	تعداد نمونه ها	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	حداقل	حداکثر
اسیدیته	۱۲۱	۷/۴۸	۰/۲	۰/۵۶	۱/۱۴	۷/۱	۸/۴
شوری (dS/m)	۱۲۱	۶/۵	۴/۶	۱/۸	۱/۴۴	۰/۸۲	۲۴/۳
مواد آلی (٪)	۱۲۱	۰/۷۷	۰/۳	۰/۱۹	۰/۴۸	۰/۱۵	۱/۶۲
آهک (٪)	۱۲۱	۴۸/۲	۹/۱	۰/۶۸	-۰/۶۸	۱۵	۶۹/۰
رس (٪)	۱۲۱	۳۲/۰	۹/۷	۰/۵۶	-۰/۱۴	۱۰	۵۲
آهن قابل جذب *	۱۲۱	۱۲/۵۶	۹/۴	۰/۸۲	۱/۶۰	۲/۰	۵۰/۲
آهن بذر	۱۲۱	۵۶/۵	۲۸/۳	۰/۶۴	-۲/۴۷	۱۷/۳	۲۰۷/۰

* واحد عناصر در خاک و بذر میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد.

از مهمترین ویژگی‌های مدیریت مطلوب خاک‌ها، درصد موادآلی آنها است. مطالعه این صفت نشان داد که خاک‌های مورد مطالعه دارای موادآلی با میانگین ۰/۷۷ بودند و بیش از ۷۵ درصد خاک‌های منطقه کمتر از یک درصد موادآلی داشتند. این نتیجه حاکی از این است که فقر موادآلی در خاک‌های منطقه مشهود است. میانگین رس خاک‌های منطقه حدود ۳۲ درصد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-24]

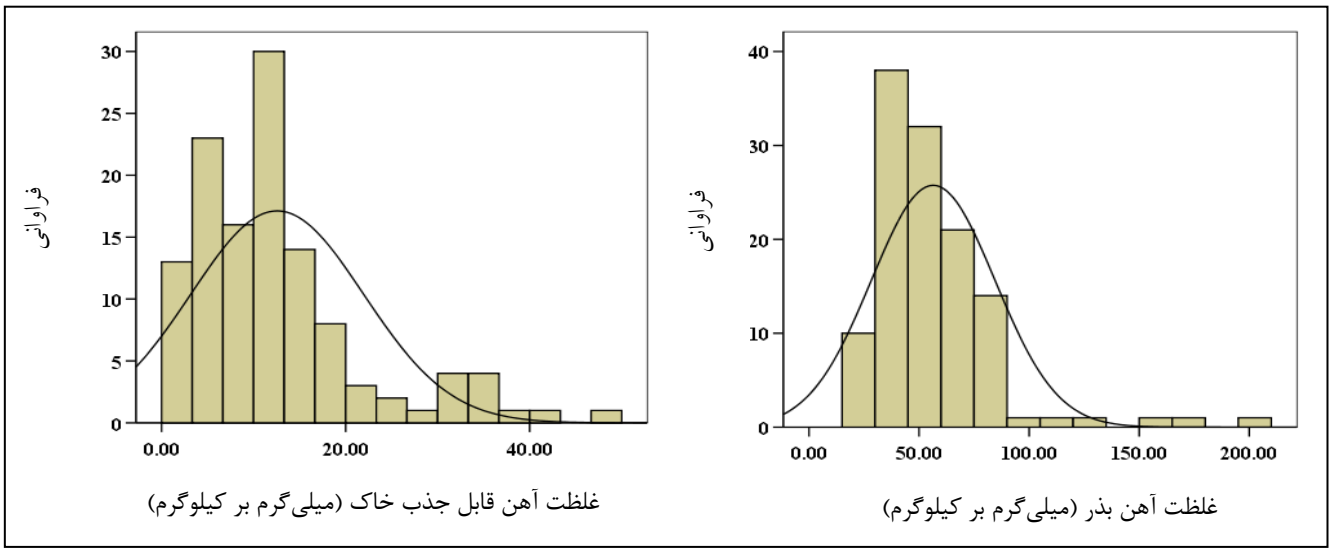
[DOR: 20.1001.1.20084403.1389.2.7.5.9]

است. همچنین، حدود ۵۰ درصد از خاک‌ها دارای میزان رس بیشتر از ۳۰ درصد بودند که نشان دهنده سنگین بودن بافت خاک در مناطق مورد مطالعه است.

بررسی عنصر آهن خاک و بذر گندم مناطق مورد مطالعه:

نتایج اندازه‌گیری میزان غلظت آهن در بذر و خاک در مناطق مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده اند.

روند نمای غلظت آهن بذر در مناطق مختلف بر خلاف روند نمای میزان آهن قابل جذب خاک، از وضعیت نرمال‌تری برخوردار بود. نتایج این پژوهش نشان داد که در خاک‌های مورد بررسی پراکندگی غلظت آهن قابل جذب از وضعیت تقریباً نرمال پیروی کرده اما دارای چولگی مثبت بود. این وضعیت حاکی از این است که آهن قابل جذب خاک با توجه به مدیریت متفاوت خاک در مناطق مختلف و انجام کشت‌های گوناگون دچار تغییرات شده است.

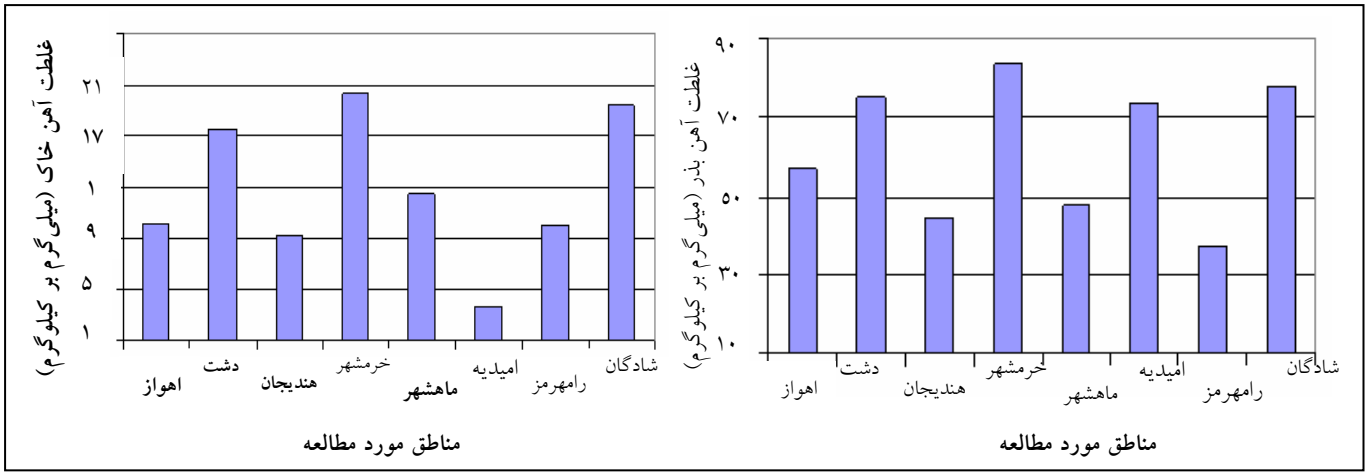


شکل۱: روند نمای فراوانی غلظت آهن بذر و خاک در مناطق مورد مطالعه

برای بررسی وضعیت غلظت آهن در بذور تولیدی و خاک در مناطق مورد مطالعه، غلظت این عنصر اندازه‌گیری شد (شکل ۲). اگرغلظت بحرانی آهن قابل جذب در خاک، ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در نظر گرفته شود (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۹)، به‌جزء در مناطق امیدیه و هندیجان در سایر مناطق مورد مطالعه مقدار آهن قابل جذب مطلوب بود. بر این اساس با توجه به میزان غلظت آهن در بذر گندم که حدود ۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بذر تعیین شده (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۹)، میزان غلظت این عنصر در بذور مناطق اهواز، هندیجان، ماهشهر و رامهرمز کمتر از حد مطلوب بود، در حالی‌که بذور تولیدی دشت‌آزادگان، خرمشهر، امیدیه و شادگان بیشتر از ۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده و از این نظر مطلوب به نظر می‌رسید.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-24]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1389.2.7.5.9]



شکل۲ : میانگین غلظت آهن در بذر و خاک در مناطق مورد مطالعه

ارزیابی همبستگی ویژگی‌های مورد مطالعه

برای تعیین همبستگی ویژگی‌های مورد مطالعه، ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شد. نتایج همبستگی در جدول۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: ضریب همبستگی پیرسون برای ویژگی‌های مورد مطالعه

متغیر	Fe_g †	pH	ECe	P (ava.)	TNV	OC	Clay	CEC
Fe_{DTPA}	۰/۵۳	-۰/۱۸	۰/۸۶*	-۰/۷۴*	-۰/۱۶	۰/۳۶	۰/۷۳*	۰/۸۲*
pH	-۰/۴	۱						
ECe	۰/۷۴*	-۰/۱۳	۱					
P (ava.)	۰/۱	-۰/۳۳	-۰/۵۴	۱				
TNV	-۰/۳۳	-۰/۳۴	۰/۱	-۰/۲۷	۱			
OC	-۰/۳۴	۰/۵۵	-۰/۲۳	-۰/۴۶	-۰/۱۵	۱		
Clay	۰/۳۱	-۰/۲۸	۰/۵۸	-۰/۶۵	۰/۰۷	۰/۳۹	۱	
CEC	۰/۳۸	۰/۳۱	۰/۴۸	-۰/۵۳	-۰/۵۸	۰/۴۸	۰/۶۵	۱

*، **: به‌ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

†Fe_g: غلظت آهن بذر،

Fe_{DTPA}: غلظت آهن قابل جذب،

P(ava.): غلظت فسفر قابل جذب،

TNV: مقدار آهک،

CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی خاک

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-24]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1389.2.7.5.9]

نتایج نشان داد که در این مناطق، همبستگی مثبت معنی‌داری بین مقدار آهن خاک با درصد رس (r=۰/۷۳*)، ظرفیت تبادل کاتیونی (r=۰/۸۲*)، فسفر (r=-۰/۷۵*) و شوری (r=۰/۸۶**) وجود داشت. همچنین، غلظت آهن در بذر با مقدار شوری همبستگی مثبت معنی‌دار (r=۰/۷۴*) را نشان داد. بر اساس نتایج جدول۲ آهن موجود در خاک تحت تأثیر خواص خاک قرار گرفته است. این همبستگی‌ها نشان دهنده این مطلب است که آهن در خاک احتمالاً به شکل ترکیبات فسفری وجود دارد، به‌طوریکه با افزایش میزان فسفر مقدار آهن قابل جذب خاک کاهش معنی‌داری را نشان داده است (p<۰/۰۵). همچنین، با توجه به ارتباط معنی‌دار آهن با درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک مشخص شد که میزان بیشتری از آهن در فاز تبادلی وجود دارد. باید توجه داشت که رابطه مقدار شوری با غلظت آهن قابل جذب مستقیم و بسیار معنی‌دار (p<۰/۰۱) گردیده است. این موضوع نشان می‌دهد که ترکیبات آهن در فاز محلول خاک نیز قابل توجه می‌باشند. به عبارت دیگر بر قابلیت فراهمی زیستی این عنصر در این مطالعه، عامل شوری نقش مهمی را در افزایش جذب آهن بوسیله گیاه دارد. همچنین، نتایج حاصل نشان داد که میزان آهن موجود در بذر ارتباط معنی‌دار (p<۰/۰۵) با میزان شوری خاک دارد. این موضوع بیانگر این مطلب است که شوری خاک نقش تعیین کننده‌ای را در میزان جذب آهن بوسیله گیاه داشته و تأیید کننده نظریه تأثیر شوری بر افزایش زیست فراهمی میزان آهن در خاک می‌باشد (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۹).

برای یافتن ارتباط بین میزان غلظت آهن در خاک و بذر، غلظت روی در بذر با سایر ویژگی های خاک از روش رگرسیون چند مرحله‌ای استفاده شد. نتایج حاصل نشان داد که غلظت آهن در بذر (Fe_g) رابطه‌ای با ضریب همبستگی (R^2) معنی‌دار برابر ۰/۹۶ با خصوصیات شوری، فسفر و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک داشت (رابطه ۱) :

$$Fe_g(ppm)= 1.026\ EC(dS\ m^{-1})+ 0.83\ P\ ava(ppm) + 0.33\ CEC\ (Cmol.kg^{-1})\ R^2=0.96 \quad (۱)$$

نتایج رگرسیون چند مرحله‌ای بین غلظت آهن خاک و خصوصیات مورد مطالعه نشان داد که ارتباط رگرسیونی معنی‌داری با ضریب همبستگی به‌میزان ۰/۹۵ با میزان شوری خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک وجود داشت (رابطه ۲) :

$$Fe\ soil\ (ppm)= 0612\ EC(dS\ m^{-1})+ 0.52\ CEC\ (Cmol.kg^{-1}) \quad R^2=0.95 \quad (۲)$$

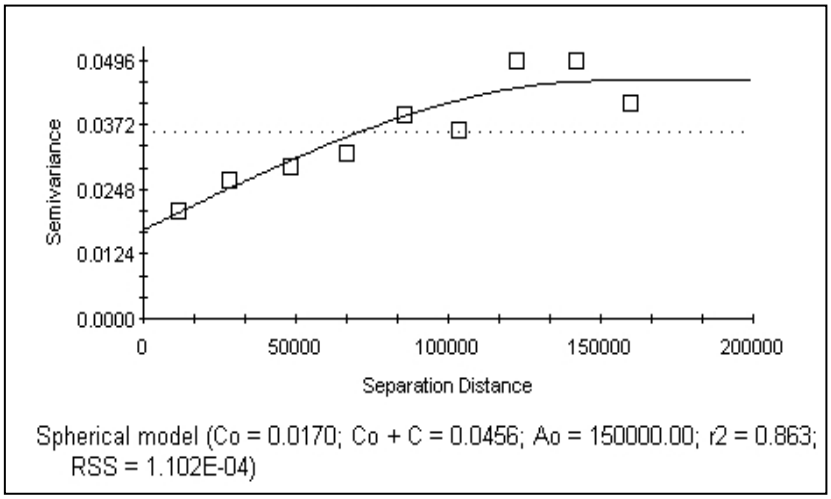
- توصیف مکانی عناصر و ویژگی های خاک در منطقه مورد مطالعه

- غلظت آهن در بذر

نتایج این پژوهش نشان داد که در خاک‌های مورد بررسی پراکندگی غلظت آهن در بذر از وضعیت تقریباً نرمال پیروی کرده اما دارای چولگی مثبت می‌باشد. با استفاده از لگاریتم اطلاعات موجود، تلاش شد تا پراکندگی داده‌ها از چولگی کمتری برخوردار شوند. بر این اساس، نیم‌تغییرنمای تئوری غلظت آهن در بذر رسم شد (شکل ۳).

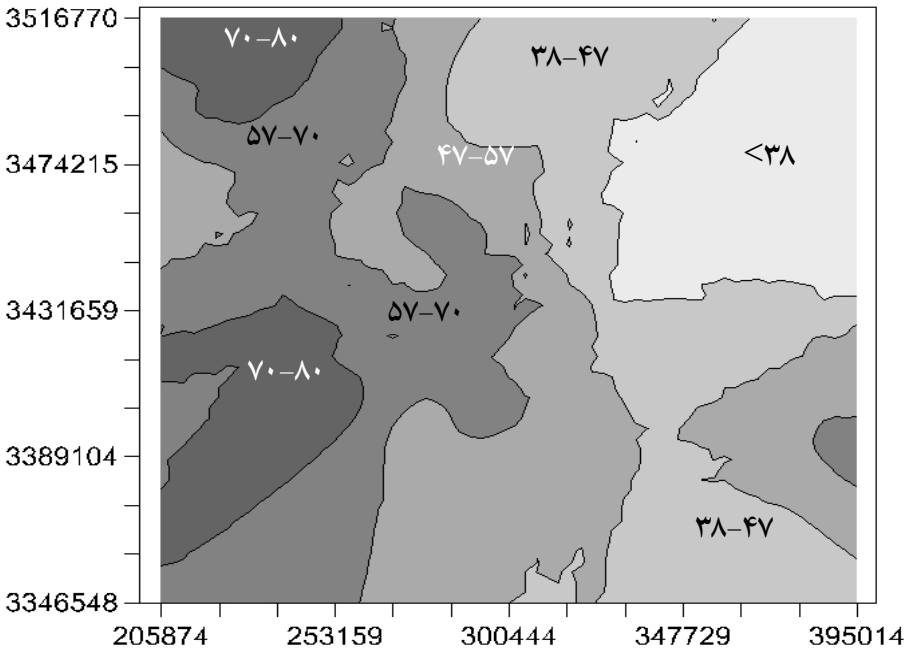
[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-24]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1389.2.7.5.9]



شکل ۳: مدل کروی لگاریتم غلظت آهن بذر در مزارع مورد مطالعه

نتایج نشان داد که مدل کروی بهترین برازش را بر میزان غلظت آهن بذر داشت. ویژگی‌های اثر قطعه‌ای، سقف و دامنه در این مدل به ترتیب ۰/۰۱۷، ۰/۰۴۶ و دامنه تاثیر ۱۵۰ کیلومتر تعیین شد. همچنین این مدل دارای ضریب هبستگی به‌میزان ۰/۸۶ بود. همچنین، برای بررسی پراکندگی این عنصر در بذورگندم مناطق مورد مطالعه، نقشه پراکنش این عنصر در بذور گندم‌زارهای مناطق مختلف مطالعه ترسیم شد (شکل۴).



شکل۴: توزیع مکانی میزان آهن بذر (میلی‌گرم در کیلوگرم) در مزارع مناطق مورد مطالعه

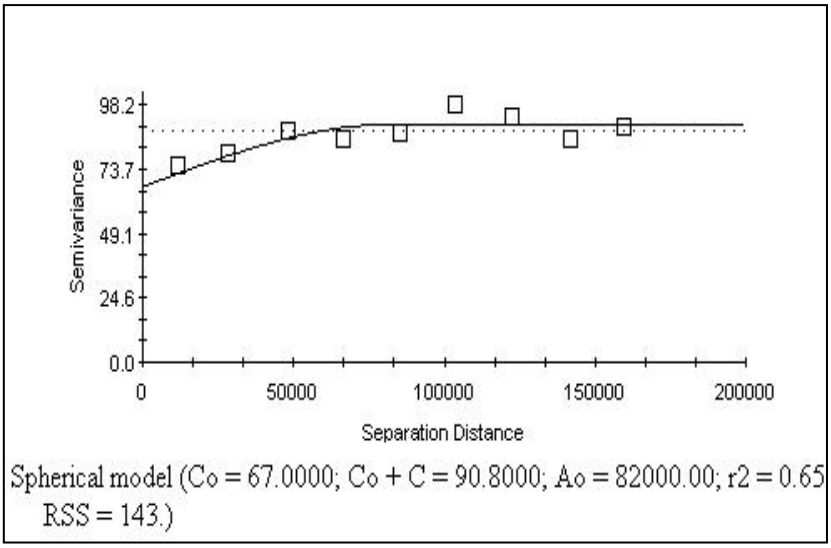
[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-24]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1389.2.7.5.9]

بر این اساس، مشخص شد که غلظت آهن بذر در مناطق غربی نسبت به مناطق شرقی بالاتر است. بدین مفهوم در مناطق-غربی (شمال‌غرب تا جنوب‌غرب) که میزان آهن قابل جذب خاک مطلوب‌تر است در همان مناطق نیز میزان آهن موجود در بذور گندم بالاتر می‌باشد. به‌طوری‌که دامنه غلظت آهن بذر در این مناطق در دامنه ۵۷ تا ۸۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک قرار دارد.

غلظت آهن در خاک

برای بررسی توزیع مکانی عنصر آهن از روش کریجینگ نرمال استفاده شد. ابتدا با استفاده از داده‌های موجود، نیم تغییر نمای تجربی تعیین و سپس بهترین مدل بر آن برازش داده شد و با استفاده از نتایج حاصل از محاسبه آماره میانگین خطای مطلق مدل نمایی برای عنصر آهن قابل جذب در خاک تعیین شد (شکل ۵). با توجه به شکل ۵، مدل کروی بهترین برازش را بر میزان غلظت آهن قابل جذب در خاک را داشت. مقادیر اثر قطعه‌ای، سقف و دامنه در این مدل به ترتیب ۶۷، ۹۰/۸ و ۸۲ کیلومتر تعیین شد. همچنین این مدل دارای ضریب همبستگی به میزان ۰/۶۵ بود.

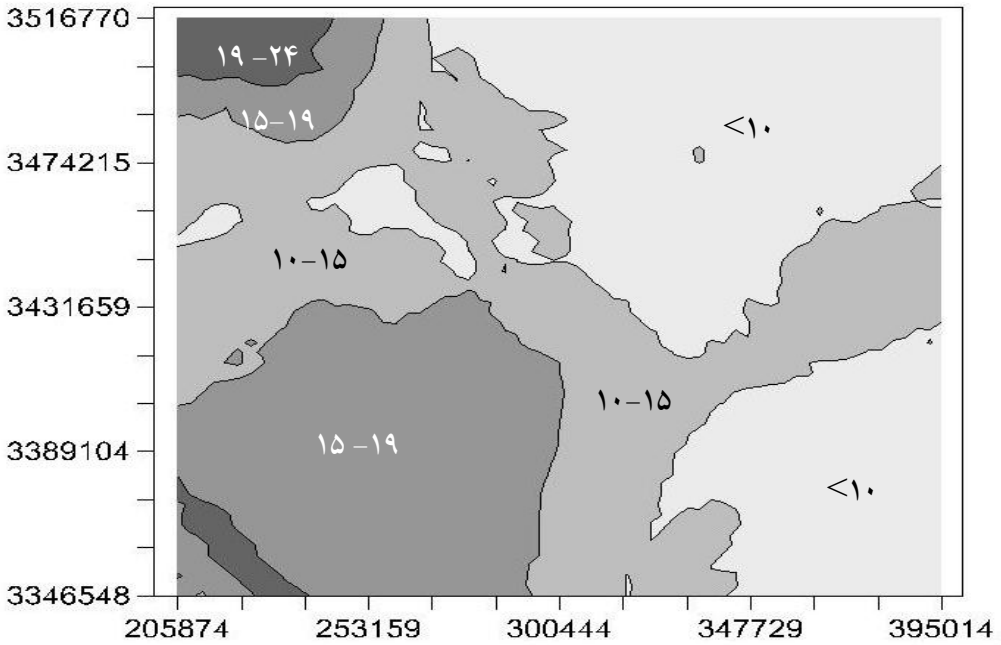


شکل۵: مدل کروی غلظت آهن قابل جذب در مزارع مورد مطالعه

برای بررسی مقدار این عنصر و بدست آوردن پراکنش آن در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل نیم تغییرنمای حاصل و روش میان یابی کریجینگ، نقشه پراکنش این عنصر در خاک‌های منطقه مورد مطالعه ترسیم شد (شکل۶). بر اساس نتایج حاصل از شکل ۶ مشخص شد که میزان آهن قابل جذب خاک در مناطق‌غربی (شمال‌غرب تا جنوب‌غرب) از وضعیت مطلوبتری نسبت به مناطق شرقی برخوردار هستند، بطوری‌که غلظت آهن در این مناطق بیشتر از سایر نقاط است.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-24]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1389.2.7.5.9]



شکل ۶: توزیع مکانی میزان آهن قابل جذب گیاه (میلی‌گرم در کیلوگرم) در مزارع مناطق مورد

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که خاک‌های مزارع گندم در مناطق جنوبی استان خوزستان از نظر ویژگی‌های مورد مطالعه در جهت افزایش تولید گندم با محدودیت‌های فراوان روبرو است. همچنین، نتایج نشان داد که کمبود میزان عنصر آهن در بذر و خاک بعضی از مناطق مورد مطالعه وجود داشت. این موضوع حتی در مناطقی که میزان این عناصر در خاک مطلوب بوده نیز مشاهده شد. نتایج نشان داد که غلظت آهن موجود در خاک تحت تأثیر خواص خاک قرار گرفت. مطالعه همبستگی‌ها نشان دهنده این مطلب بود که آهن در خاک احتمالاً به شکل ترکیبات فسفری وجود داشت، به‌طوری که با افزایش فسفر، مقدار آهن قابل جذب خاک کاهش معنی‌داری را نشان داد. است ($p<۰/۰۵$) و مقدار بیشتری از آهن در فاز تبادلی وجود داشت. همچنین، مقدار رابطه شوری با غلظت آهن قابل جذب، مثبت و بسیار معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) بود. به عبارت دیگر در قابلیت فراهمی زیستی این عنصر در این مطالعه، عامل شوری نقش مهمی را در افزایش جذب آهن بوسیله گیاه دارد. شوری خاک نقش تعیین کننده‌ای را در میزان جذب آهن بوسیله گیاه داشته و تأیید کننده نظریه تأثیر شوری بر افزایش زیست فراهمی میزان آهن در خاک می‌باشد. بررسی توزیع مکانی آهن در بذر و خاک نشان داد که مدل کروی، از قابلیت مناسبی برای بیان پراکنش این عنصر است. نقشه‌های حاصل از این مدل‌ها با نتایج مشاهده‌ای حاصل همخوانی مناسبی را نشان داد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-24]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1389.2.7.5.9]

سپاسگزاری

این مقاله از طرح پژوهشی درون دانشگاهی تحت عنوان " مطالعه پهنه‌بندی عناصر روی و آهن در خاک و گیاه در مزارع تحت کشت گندم در برخی مناطق جنوبی استان خوزستان" استخراج شده و هزینه آن توسط دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان تأمین گردیده است که بدین وسیله قدردانی می گردد.

منابع

- **ایوبی، ش. و خرمالی، ف.، ۱۳۸۷.** تغییرپذیری مکانی عناصر غذایی قابل استفاده در خاک سطحی به کمک آنالیز مؤلفه های اصلی و تکنیک زمین آمار (مطالعه موردی در منطقه آپایپولی، ایالت آندراپرادش). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۴۶، صفحه ۶۲۰-۶۰۹.
- **رفیعی الحسینی، م. و محمدی، ج.، ۱۳۷۹.** تجزیه و تحلیل پراکنش مکانی حاصلخیزی خاک وعملکردمحصول برای مدیریت زراعی دقیق، هفتمین کنگره علوم خاک،صفحات ۱۸۰-۱۷۸.
- **محمدی، ج.، ۱۳۸۵.** پدومتری آمار مکانی (ژئواستاتیستیک)، جلد دوم، انتشارات پلک. ۴۵۳ ص.
- **ملکوتی، م.ج. و طهرانی، م.، ۱۳۷۹.** نقش ریزمغذیها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی " نقش عناصر خرد با تاثیر کلان "،انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. شماره ۴۳، ۲۹۹ صفحه. ایران.
- **Atteia, O., Dubios, J. and Webster, P., 1994.**Geostatistic analysis of soil contamination in the Swiss. Jura. Enviro. Poll.86:315-327.
- **Goovaerts, P., 1998.** Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties. Biol. Fertil. Soils. 27:315-334.
- **Kashirad, A., 1970.** Effect of nitrogen ,zinc, Copper and manganese on yield and chemical composition of irrigated winter in Iran. J. Agric. Res.20:179-182.
- **Lindsay, W.L. and Norvell, W.A., 1979.** "Development of a DTPA soil test for Zinc Iron, Manganes, and Copper". Sci. Soc. Am. J., Vol. 42: pp. 421-428.
- **Marshner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants, Second Edition Academic press,Germany.
- **Nelson, D.W. and Sommers, L.E., 1982.** Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, A.L., et al., (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, (2^{nd} Ed.). ASA Publ.
- **Page, A.L., Miller, R.H. and Jeeney, D.R., 1992.** Methods of Soil Analysis, Part 2.Chemical and mineralogical properties.SSSA Pub. Madison, WI. 1159 p.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-24]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1389.2.7.5.9]

-**Richards, B.K., Steenhuis, T. S., Poverly, J.H. and McBride, M.B., 1998.** Metal Mobility at and old, heavily loaded sludge application site, Environmental pollution, 99: 365-377.

-**Wang, S., Yu, T., Wang, A., Yang, A., Yang, K. and Lu, P., 2008.** Preliminary Study on Spatial Variability and Distribution of Soil Available Microelements in Pinggu County, Beijing, China. Agriculture science in China, 7 (10): 1235-1244.

-**Welch, R.M., Hart, J.J., Norvell, W.A., Sullivan, L.A. and Kochian, L.V., 1999.** Effects of nutrient solution zinc activity on net uptake, translocation and root export of cadmium and zinc by separated sections of intact durum wheat (Triticum turgidum L. var durum) seedling roots. Plant Soil, 208:243–250.

-**Woston, J.H.M., 1997.** Pedotransfer functions to evalution soil quality. In: Soil quality for crop production and ecosystem health. Gregorich. E. G. and Carter (eds), pp. 292-296.

-**Yasrebi, J., Saffari, M., Fathi, H., Krimian, N.A., Emadi, M. and Baghernejad, M., 2008.** Spatial variability of soil fertility properties for agriculture in southern Iran. Journal of Applied Sciences, 8 (9): 1642-1650.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-24]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1389.2.7.5.9]