دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
دوره چهاردهم، شماره پنجاه، ۱۴۰۱

مطالعه ارتباط مکانی خصوصیات خاک با عملکرد گندم در شرایط تداخل با علف‌های هرز با استفاده از روش زمین‌آماری

عباس نصیری دهسرخی[۱]، احمد قنبری [۲]، حسن مکاریان[۳]، محمدرضا اصغری پور [۲]

دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۵ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۴

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی ارتباط مکانی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با عملکرد گندم در شرایط رقابت با علف‌های هرز در شرایط آب و هوایی اصفهان بود. در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸، آزمایش مزرعه‌ای در قالب سیستم شبکه‌ای با فاصله ۲ × ۲ متر انجام شد. در هر نقطه شبکه، خصوصیات خاک، عملکرد دانه گندم و تراکم علف هرز سلمه‌تره اندازه‌گیری شد. توزیع مکانی داده‌های به دست آمده، با استفاده از تکنیک زمین‌آمار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد ویژگی‌های خاک، تراکم علف هرز و عملکرد گندم در سطح مزرعه، توزیع یکنواخت یا تصادفی نداشت بلکه دارای پراکنش لکه‌ای یا تجمعی بود. نتایج نشان داد علف هرز سلمه‌تره دارای همبستگی مکانی متوسط با محتوای شن و EC خاک و همبستگی مکانی قوی با پتاسیم خاک بود، درحالی‌که این علف هرز در خاک‌های با مقادیر پایینی از محتوای فسفر، رس، سیلت و pH خاک، تجمع بیشتری داشت. کراس سمی‌واریوگرام برازش داده شده نشان داد عملکرد دانه دارای همبستگی مکانی قوی با صفات فسفر، پتاسیم، pH و رس خاک به ترتیب به میزان ۸۵/۸، ۸۰/۰، ۸۰/۳ و ۸۰/۹ درصد در دامنه ۲/۹، ۳/۶، ٤/۰ و ۲/۸ متر بود. مناطقی که عملکرد گندم در آن‌جا کمتر بود غالباً منطبق بر مناطقی بود که محتوای شن و EC خاک در آن‌جا بیشترین میزان را دارا بودند. مدل‌های برازش داده شده بر کراس سمی‌واریوگرام و هم‌چنین نقشه‌های ترسیم شده نشان داد که الگوهای توزیع علف هرز سلمه‌تره به مقدار قابل توجهی بر الگوهای تغییر عملکرد دانه گندم منطبق بودند؛ به‌طوری‌که تطابق مکانی بین این دو متغیر ٧٦/٤ درصد تا دامنه تأثیر ٤/٢ متر بود. در مجموع، نتایج حاکی از آن بود که عملکرد دانه گندم در سطح مزرعه از مکانی به مکان دیگر تغییر می‌نمود یا به عبارتی دارای توزیع لکه‌ای بود که این تغییرات تحت تأثیر خصوصیات خاک و علف هرز قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: توزیع لکه‌ای، دامنه تأثیر، سلمه‌تره، کریجینگ

نصیری دهسرخی، ع.، ا. قنبری، ح. مکاریان، م.ر. اصغری پور. ۱۴۰۱. مطالعه ارتباط مکانی خصوصیات خاک با عملکرد گندم در شرایط تداخل با علف‌های هرز با استفاده از روابط زمین‌آماری. ١٤(٥٠): ٣٦-١٧.

۱- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشگاه زابل، زابل، ایران- مسئول مکاتبات: abasnasiri110@yahoo.com

۲- استاد گروه زراعت، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

مقدمه

در روش‌های رایج تولید محصولات کشاورزی مزارع محیط‌هایی همگن فرض شده و بر این اساس مدیریت می‌شوند درحالی‌که این مدیریت یکنواخت در شرایطی که تنوع مکانی وجود دارد از نظر اقتصادی کارآمد نبوده به علاوه مشکلات زیست‌محیطی به همراه خواهد داشت (پیئرپائولی و همکاران، ۲۰۱۳). مقادیر درون مزرعه‌ای عملکرد در گیاهان زراعی، تابعی از ویژگی‌های مختلف مانند خاک، پستی و بلندی مزرعه، اقلیم، عوامل زیستی و مدیریتی می‌باشد (جیانگ و تلن، ۲۰۰٤) که در این میان ویژگی‌های خاک دارای اهیمت به‌سزایی است (آقایی پور و همکاران، ۱۳۹۷). شناخت تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک به منظور شناسایی علل اساسی تغییرپذیری عملکرد و اجرای مدیریت صحیح مزارع و باغات، برای دست‌یابی به تولید بیشتر و مدیریت پایدار اراضی، امری ضروری است (یغمائیان مهابادی و همکاران، ۱۳۹۸). برای مشخص کردن تأثیر تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد محصول و عملکرد، نیاز است تا روابط مکانی این تغییرات بررسی شود (کیوانی هفشجانی، ۱۳۹٤). ارزیابی‌های مکانی بر روی خصوصیات خاک، اقلیم و گیاه تقریباً همیشه بر اساس نمونه‌گیری انجام می‌شود و در نتیجه محدوده معینی را پوشش می‌دهد درحالی‌که تخمین مقدار متغیرهای تحت بررسی در نقاط اندازه‌گیری نشده نیز مورد نیاز است. زمین‌آمار و میان‌یابی مکانی روشی است که به وسیله آن می‌توان این مقادیر را با دقت مطلوب و با حداقل واریانس برآورد کرد (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۹۵).

نتایج پژوهشی نشان داد همبستگی مکانی عملکرد دانه گندم با پتاسیم خاک متوسط و در حدود ۳۳/۳۳ درصد در دامنه تأثیر حدود ۲۳ متر به دست آمد (مرادی کل بلندی، ۱۳۹۸). نتایج پژوهش دیگری نشان داد دامنه تأثیر بیوماس کل گندم (۲٦/۷۳ متر) با مدل کروی، نزدیک به دامنه تأثیر ماده آلی (۳۰/۷٦ متر) و سیلت (۳۱/۳۲ متر) با مدل کروی بود (افشار و همکاران، ۱۳۸۸). در مزرعه، رشد و عملکرد گندم تغییرات مکانی آشکاری را به دلیل تغییرپذیری مکانی مواد مغذی خاک نشان می‌دهد (کو و همکاران، ۲۰۱۷). نقشه‌های توزیع خصوصیات خاک و عملکرد گندم اطلاعات ارزشمندی را فراهم می‌کند که می‌تواند برای بهبود عملکرد گندم در کشاورزی دقیق استفاده شود (کرمی و افضلی نیا، ۲۰۱۸).

علاوه بر سایر ناهمگونی‌ها در محیط خاک و هم‌چنین غیریکنواختی که در اثر روش‌های مدیریتی مختلف در سطح مزرعه به وجود می‌آید، علف‌های هرز نیز به عنوان یکی از عوامل ناهمگونی عملکرد محصولات کشاورزی در سطح مزارع مطرح هستند (مرادی کل بلندی و همکاران، ۱۳۹۹). در پژوهشی که به منظور بررسی توزیع مکانی علف‌های هرز و تأثیر آن بر زیست‌توده گندم انجام شد، نتایج نشان داد که در هر دو مرحله نمونه‌برداری، الگوهای توزیع جمعیت کل علف‌های هرز به مقدار قابل توجهی بر الگوهای تغییر عملکرد زیست‌توده خشک گندم منطبق بودند (مکاریان و حسینی، ۱۳۸۹). نتایج پژوهشی نشان داد که تراکم علف‌های هرز با عکس عملکرد گندم دارای همبستگی ۹۱/۹۰ درصد بود (مرادی کل بلندی، ۱۳۹۸). نتایج تحقیق دیگری نشان داد بین وزن خشک زیست‌توده کل علف‌های هرز و عکس وزن زیست‌توده و عکس عملکرد گندم به ترتیب همبستگی متوسط (٥٤/۰٥ درصد) و همبستگی قوی (۷٤/۱٥ درصد) مشاهده گردید (قیاسی، ۱۳۹۱).

علف‌های هرز تمایل دارند که به صورت لکه‌ای در مزارع تجمع یابند و شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد این تا حدودی ناشی از تغییر در خصوصیات خاک است (مت کالفه و همکاران، ۲۰۱٦). با شناسایی عوامل کلیدی خاک که تعیین‌کننده توزیع علف‌های هرز در مزارع می‌باشد، این امکان وجود دارد که نقشه‌های خاک در به کارگیری مدیریت متناسب با مکان علف‌های هرز کمک کنند (مت کالفه و همکاران، ۲۰۱۷). در پژوهشی، نقشه‌های ارائه شده نشان داد که نیتروژن خاک در نقاطی که تراکم علف‌های هرز زیاد است به شدت تخلیه شده و عملکرد گندم در این لکه‌ها به دلیل کمبود نیتروژن کاهش یافته است (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۹٥). در تحقیق دیگری، مقایسه نقشه علف هرز تلخه با عناصر غذایی خاک نشان داد که پراکنش این گونه با نقشه توزیع مقادیر مختلف پتاسیم هم‌خوانی داشت به‌طوری‌که در مراکز پرتراکم این گونه، با مناطق دارای تراکم پتاسیم بیشتر هم‌پوشانی داشت (علیمرادی، ۱۳۸۹). هم‌چنین نشان داده شده است که توزیع لکه‌ای علف هرز دم‌روباهی کشیده می‌تواند مرتبط با تغییرات خصوصیات خاک (موردوچ و همکاران، ۲۰۱٤؛ مت کالفه و همکاران، ۲۰۱٦، ۲۰۱۸) به ویژه ماده آلی خاک، pH و آب باشد (مت کالفه و همکاران، ۲۰۱۹).

به طور کلی در سطح مزرعه تغییرات مکانی عناصر غذایی، علف‌های هرز و سایر متغیرهای کنترل‌کننده رشد و عملکرد بسیار زیاد بوده و گاه در فواصل چند متری نیز اختلافات جدی مشاهده می‌شود (پاز و همکاران، ۲۰۰۱). اطلاع از نحوه و الگوی تغییرات مکانی درون مزرعه‌ای

خصوصیات خاک و دیگر عوامل دخیل در تولید به منظور کاهش خطا در بکارگیری نهاده‌ها، ضروری است (کیانی، ۱۳۹٤). در همین راستا، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تغییرات مکانی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و هم‌چنین علف هرز و بررسی تأثیری که این عوامل بر توزیع مکانی عملکرد گندم در سطح مزرعه خواهند داشت، انجام گردید.

مواد و روش‌ها

در روش‌های رایج تولید محصولات کشاورزی مزارع محیط‌هایی همگن فرض شده و بر این اساس مدیریت می‌شوند درحالی‌که این مدیریت یکنواخت در شرایطی که تنوع مکانی وجود دارد از نظر اقتصادی کارآمد نبوده به علاوه مشکلات زیست‌محیطی به همراه خواهد داشت (پیئرپائولی و همکاران، ۲۰۱۳). مقادیر درون مزرعه‌ای عملکرد در گیاهان زراعی، تابعی از ویژگی‌های مختلف مانند خاک، پستی و بلندی مزرعه، اقلیم، عوامل زیستی و مدیریتی می‌باشد (جیانگ و تلن، ۲۰۰٤) که در این میان ویژگی‌های خاک دارای اهیمت به‌سزایی است (آقایی پور و همکاران، ۱۳۹۷). شناخت تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک به منظور شناسایی علل اساسی تغییرپذیری عملکرد و اجرای مدیریت صحیح مزارع و باغات، برای دست‌یابی به تولید بیشتر و مدیریت پایدار اراضی، امری ضروری است (یغمائیان مهابادی و همکاران، ۱۳۹۸). برای مشخص کردن تأثیر تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد محصول و عملکرد، نیاز است تا روابط مکانی این تغییرات بررسی شود (کیوانی هفشجانی، ۱۳۹٤). ارزیابی‌های مکانی بر روی خصوصیات خاک، اقلیم و گیاه تقریباً همیشه بر اساس نمونه‌گیری انجام می‌شود و در نتیجه محدوده معینی را پوشش می‌دهد درحالی‌که تخمین مقدار متغیرهای تحت بررسی در نقاط اندازه‌گیری نشده نیز مورد نیاز است. زمین‌آمار و میان‌یابی مکانی روشی است که به وسیله آن می‌توان این مقادیر را با دقت مطلوب و با حداقل واریانس برآورد کرد (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۹۵).

نتایج پژوهشی نشان داد همبستگی مکانی عملکرد دانه گندم با پتاسیم خاک متوسط و در حدود ۳۳/۳۳ درصد در دامنه تأثیر حدود ۲۳ متر به دست آمد (مرادی کل بلندی، ۱۳۹۸). نتایج پژوهش دیگری نشان داد دامنه تأثیر بیوماس کل گندم (۲٦/۷۳ متر) با مدل کروی، نزدیک به دامنه تأثیر ماده آلی (۳۰/۷٦ متر) و سیلت (۳۱/۳۲ متر) با مدل کروی بود (افشار و همکاران، ۱۳۸۸). در مزرعه، رشد و عملکرد گندم تغییرات مکانی آشکاری را به دلیل تغییرپذیری مکانی مواد مغذی خاک نشان می‌دهد (کو و همکاران، ۲۰۱۷). نقشه‌های توزیع خصوصیات خاک و عملکرد گندم اطلاعات ارزشمندی را فراهم می‌کند که می‌تواند برای بهبود عملکرد گندم در کشاورزی دقیق استفاده شود (کرمی و افضلی نیا، ۲۰۱۸).

علاوه بر سایر ناهمگونی‌ها در محیط خاک و هم‌چنین غیریکنواختی که در اثر روش‌های مدیریتی مختلف در سطح مزرعه به وجود می‌آید، علف‌های هرز نیز به عنوان یکی از عوامل ناهمگونی عملکرد محصولات کشاورزی در سطح مزارع مطرح هستند (مرادی کل بلندی و همکاران، ۱۳۹۹). در پژوهشی که به منظور بررسی توزیع مکانی علف‌های هرز و تأثیر آن بر زیست‌توده گندم انجام شد، نتایج نشان داد که در هر دو مرحله نمونه‌برداری، الگوهای توزیع جمعیت کل علف‌های هرز به مقدار قابل توجهی بر الگوهای تغییر عملکرد زیست‌توده خشک گندم منطبق بودند (مکاریان و حسینی، ۱۳۸۹). نتایج پژوهشی نشان داد که تراکم علف‌های هرز با عکس عملکرد گندم دارای همبستگی ۹۱/۹۰ درصد بود (مرادی کل بلندی، ۱۳۹۸). نتایج تحقیق دیگری نشان داد بین وزن خشک زیست‌توده کل علف‌های هرز و عکس وزن زیست‌توده و عکس عملکرد گندم به ترتیب همبستگی متوسط (٥٤/۰٥ درصد) و همبستگی قوی (۷٤/۱٥ درصد) مشاهده گردید (قیاسی، ۱۳۹۱).

علف‌های هرز تمایل دارند که به صورت لکه‌ای در مزارع تجمع یابند و شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد این تا حدودی ناشی از تغییر در خصوصیات خاک است (مت کالفه و همکاران، ۲۰۱٦). با شناسایی عوامل کلیدی خاک که تعیین‌کننده توزیع علف‌های هرز در مزارع می‌باشد، این امکان وجود دارد که نقشه‌های خاک در به کارگیری مدیریت متناسب با مکان علف‌های هرز کمک کنند (مت کالفه و همکاران، ۲۰۱۷). در پژوهشی، نقشه‌های ارائه شده نشان داد که نیتروژن خاک در نقاطی که تراکم علف‌های هرز زیاد است به شدت تخلیه شده و عملکرد گندم در این لکه‌ها به دلیل کمبود نیتروژن کاهش یافته است (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۹٥). در تحقیق دیگری، مقایسه نقشه علف هرز تلخه با عناصر غذایی خاک نشان داد که پراکنش این گونه با نقشه توزیع مقادیر مختلف پتاسیم هم‌خوانی داشت به‌طوری‌که در مراکز پرتراکم این گونه، با مناطق دارای تراکم پتاسیم بیشتر هم‌پوشانی داشت (علیمرادی، ۱۳۸۹). هم‌چنین نشان داده شده است که توزیع لکه‌ای علف هرز دم‌روباهی کشیده می‌تواند مرتبط با تغییرات خصوصیات خاک (موردوچ و همکاران، ۲۰۱٤؛ مت کالفه و همکاران، ۲۰۱٦،

۲۰۱۸) به ویژه ماده آلی خاک، pH و آب باشد (مت کالفه و همکاران، ۲۰۱۹).

به طور کلی در سطح مزرعه تغییرات مکانی عناصر غذایی، علف‌های هرز و سایر متغیرهای کنترل‌کننده رشد و عملکرد بسیار زیاد بوده و گاه در فواصل چند متری نیز اختلافات جدی مشاهده می‌شود (پاز و همکاران، ۲۰۰۱). اطلاع از نحوه و الگوی تغییرات مکانی درون مزرعه‌ای خصوصیات خاک و دیگر عوامل دخیل در تولید به منظور کاهش خطا در بکارگیری نهاده‌ها، ضروری است (کیانی، ۱۳۹٤). در همین راستا، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تغییرات مکانی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و هم‌چنین علف هرز و بررسی تأثیری که این عوامل بر توزیع مکانی عملکرد گندم در سطح مزرعه خواهند داشت، انجام گردید.

(۱)

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2$$

که در آن N(h): زوج نمونه‌ای است که به فاصله‌ی h از یکدیگر واقع شده‌اند. Z(xi): مقدار متغیر در موقعیت xi، Z(xi+h): مقدار متغیر مورد مطالعه در موقعیت xi+h و y(h) نیز سمی‌واریوگرام می‌باشد. از نقطه نظر تئوریک، واریوگرام عبارت از نصف واریانس تفاوت بین مقادیر متغیر مورد نظر که در فاصله h از یکدیگر قرار گرفته‌اند. از آنجایی‌که در عمل تنها تعداد محدودی نمونه در دسترس است لذا می‌بایستی واریوگرام تجربی محاسبه شود. نمایش معمول واریوگرام از طریق ترسیم نمودار واریانس توزیع اختلاف‌ها برحسب فاصله صورت می‌گیرد. بدین ترتیب براساس نمونه‌های موجود مقدار تجربی این معادله بدست آمده و سپس مدل برحسب این مقادیر تجربی برازش داده می‌شود (ایساکز و سریواستاوا، ۱۹۸۹).

از پارامترهای مدل جهت تخمین تراکم علف هرز، عملکرد گندم و سایر صفات اندازه‌گیری شده خاک در نقاط نمونه‌برداری نشده در کریجینگ استفاده شد. این پارامترها عبارت بودند از: حد آستانه (C_o+C) یا (مجانب[1]:A)، با افزایش یافتن فاصله h مقدار واریوگرام‌ها به تدریج تا فاصله معینی زیاد شده و از آن به بعد به حد ثابتی می‌رسد و در چنین شرایطی تابع مورد نظر، فاقد هرگونه صعود و یا نزول مشخصی است که نشانگر حدآستانه است و برای پیش‌بینی دامنه تأثیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

دامنه تأثیر[2](Ao)، فاصله‌ای است که در آن واریوگرام به حداکثر مقدار خود رسیده و ثابت می‌شود. وقتی واریوگرام ثابت می‌شود نشان‌دهنده این است که داده‌ها در ورای این فاصله دیگر با هم همبستگی ندارند و از یکدیگر مستقل می‌شوند، خصوصیت مورد نظر در آن فاصله دارای همبستگی است. عرض از مبدا[3](I) یا اثر قطعه‌ای (Co)، مقداری است که در اثر تغییرات غیر قابل پیش‌بینی یا خطاهای ذاتی نمونه‌برداری حادث می‌شود. به این معنا که مشاهدات جدا شده به وسیله فواصل بی‌نهایت کوچک مشابه نیستند. هرچه عرض از مبدأ به سمت صفر میل کند از تصادفی بودن توزیع متغیر مورد نظر کاسته شده و همبستگی مکانی قوی‌تری پدیدار می‌شود. زمانی‌که مقدار اثر قطعه‌ای از صفر افزایش پیدا می‌کند، نشان‌دهنده این است که عوامل تصادفی غیر قابل پیش‌بینی وجود دارند. در واقع تفاوت بین حد آستانه و عرض از مبدأ نشان‌دهنده مقدار واریانسی است که بوسیله فواصل بین نقاط نمونه‌برداری شده توصیف می‌شود. این مقدار هنگامی که به عنوان درصدی از حدآستانه بیان شود نشان‌دهنده درصد همبستگی مکانی است. برای محاسبه درصد همبستگی مکانی از رابطه ۲ استفاده شد (کاردینا و همکاران، ۱۹۹٦).

(۲)

$$Autocorrelation(\%) = [\frac{Asymptote - Intercept}{Asymptote}] \times 100$$

که در آن Autocorrelation (%) یا درصد همبستگی مکانی، Asymptote یا مجانب و Intercept یا عرض از مبدأ می‌باشد. مقادیر همبستگی مکانی بین صفر (نشان‌دهنده عدم وجود همبستگی مکانی یا پراکنش کاملاً تصادفی) تا ۱۰۰ درصد (همبستگی مکانی قوی) تغییر می‌کند. مقادیر کوچک‌تر یا مساوی ۲۵ درصد بیانگر همبستگی مکانی ضعیف، از ۲۵ تا ۷۵ درصد همبستگی مکانی متوسط و بیشتر از ۷۵ درصد همبستگی مکانی قوی محسوب می‌شود (جورادو-اکسپوزیتو و همکاران، ۲۰۰۳). واریوگرام‌های مورد مطالعه اغلب با مدل‌های کروی و نمایی سازگاری داشتند، در موارد محدودی نیز مدل خطی برازش داده شد. کریجینگ متداول‌ترین روش آماری تخمین و برآورد متغیر مکانی به عنوان یک تابع خطی از مجموع مشاهدات توزیع شده واقع در همسایگی نقطه‌ای که می‌خواهیم تخمین بزنیم شناخته می‌شود. هدف از کریجینگ یافتن وزن‌های آماری به گونه‌ای

[1] Asymptote

[2] Range
[3] Intercept

است که واریانس تخمین حداقل گردد. کریجینگ را می‌توان روشی دانست که طی آن به مجموعه نمونه‌ها به گونه‌ای وزن آماری داده می‌شود که ترکیب خطی آن‌ها نه تنها نااریب شود بلکه در بین سایر تخمین گرها حداقل واریانس را داشته باشد. دستگاه معادلات کریجینگ را می‌توان به منظور برآورد نقطه‌ای و یا برآورد قطعه‌ای انجام داد (محمدی، ۲۰۰۲؛ ایساکز و سریواستاوا، ۱۹۸۹). در این بررسی برآورد آماری برای بلوک‌های دارای ابعاد ۲×۲ صورت گرفت. بخش عمده ویژگی‌های آماری، نرمال کردن داده‌ها، تبدیل برگشت (پس از برآورد آماری، نتایج از حالت لگاریتمی به حالت اولیه برگشت داده شد و سپس نقشه‌ها ترسیم شدند)، رسم واریوگرام‌های تجربی، برازش مدل، برآورد کریجینگ و رسم نقشه‌ها برای صفات مختلف از قبیل جمعیت گیاهچه علف هرز، عملکرد دانه گندم و صفات مختلف خاک با استفاده از نرم‌افزار GS+ انجام شد. جهت توصیف همبستگی مکانی بین دو متغیر (مانند جمعیت علف هرز و عملکرد گندم) از سمی‌واریوگرام متقاطع (کراس سمی‌واریوگرام) (رابطه ۳) استفاده شد (کولباخ و همکاران، ۲۰۰۰).

$$\gamma AB(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [ZA(Xi) - ZA(Xi+h) \times ZB(Xi) - ZB(Xi+h)] \quad (۳)$$

که در آن AB(h): کراس سمی‌واریوگرام برای مکان‌های نمونه‌برداری است که به فاصله h از یکدیگر واقع شده است. ZA(xi) و ZB(xi) به ترتیب مقدار دو متغیر (مثلاً تراکم جمعیت علف هرز و عملکرد گندم) در نقاط X و Xh می‌باشد. بدین‌ترتیب براساس نمونه‌های موجود مقدار تجربی این معادله بدست آمده و سپس مدلی را با این مقادیر تجربی وفق دادیم. جهت برازش دادن مدل‌ها و ترسیم کراس سمی‌واریوگرام‌ها، ابتدا داده‌ها نرمال شد. بطوری‌که پس از افزودن یک به تمامی داده‌ها از آن‌ها لگاریتم طبیعی گرفته شد. رسم کراس سمی‌واریوگرام‌ها، برازش دادن مدل و برآورد کریجینگ با استفاده از نرم‌افزار Variowin انجام شد. بدین‌صورت همبستگی مکانی بین جفت متغیرهای مختلف مانند عملکرد گندم با علف هرز به دست آمد. برآورد ضرایب همبستگی (پیرسون) بین صفات مورد بررسی نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) صورت گرفت.

نتایج و بحث

خلاصه آماری خصوصیات خاک

قبل از انجام هرگونه تجزیه و تحلیل آماری، منظم کردن و سازمان‌دهی داده‌های اولیه و ارائه یک خلاصه آماری از توزیع داده‌ها ضروری به نظر می‌رسد، چرا که اطلاعات مهم و مفیدی در رابطه با چگونگی توزیع آماری داده‌ها در اختیار محقق قرار می‌دهد (کیوانی هفشجانی، ۱۳۹۴). خلاصه آماری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خلاصه آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در مزرعه گندم

صفات	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد	ضریب تغییرات (درصد)
فسفر	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۸/۸	۱۷/۸	۱۳/۲	۲/۵	۰/۲۴	۱۸/۹
پتاسیم	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۱۶۰/۲	۲۰۰/۴	۱۸۹/۲	۱۰/۸	۱/۰۵	۵/۷
pH	–	۷/۷۵	۸/۱۳	۷/۸۷	۰/۱۱	۰/۰۱	۱/۳
EC	دسی‌زیمنس بر متر	۲/۸۳	۳/۲۴	۲/۹۵	۰/۱۰	۰/۰۰۹	۳/۳
رس	درصد	۱۷/۱	۲۶/۹	۲۳/۰	۲/۹	۰/۲۸	۱۲/۶
سیلت	درصد	۱۶/۲	۳۶/۵	۲۶/۹	۳/۶	۰/۳۵	۱۳/۳
شن	درصد	۴۶/۱	۵۸/۸	۵۰/۰	۳/۶	۰/۳۵	۷/۲

بر اساس توصیف آماری داده‌ها، میانگین فسفر خاک، برابر با ۱۳/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. مقادیر حداقل و حداکثر فسفر خاک به ترتیب با ۸/۸ و ۱۷/۸ نشان‌دهنده تغییرات بسیار زیاد این ویژگی بین نقاط نمونه‌برداری بود، به‌طوری‌که ضریب تغییرات این متغیر ۱۸/۹ درصد بود (جدول ۱). در همین راستا، محققین گزارش دادند ضریب تغییرات برای عناصر پر مصرف خاک دارای تغییرپذیری زیاد بود. عنصر فسفر، بیشترین ضریب تغییرات را در بین فاکتورهای مورد بررسی نشان داد (خزائی،

۱۳۹٤). ضـریب تغییـرات بـالای فسـفر قابل استفاده را می‌توان به تحرک پایین ایـن عنصـر و در نتیجه تغییرات نقطه‌ای آن مرتبط ساخت (برای و همکاران، ۲۰۰۳).

خلاصه آماری داده‌ها نشان داد حداقل، حداکثر و میانگین پتاسیم خاک در مزرعه به ترتیب برابر با ۱٦۰/۲، ۲۰۰/٤ و ۱۸۹/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. ضریب تغییرات پتاسیم خاک نیز برابر با ۵/۷ درصد بود (جدول ۱). نتایج نشان داد pH خاک مزرعه بین ۷/۷۵ و ۸/۱۳ متغیر بود. میانگین pH خاک نیز برابر با ۷/۸۷ بود. pH خاک دارای دامنه تغییرات کم بود؛ به‌طوری‌که در بین تمامی صفات مورد بررسی، پایین‌ترین ضریب تغییرات (۱/۳ درصد) در pH خاک مشاهده گردید (جدول ۱). اکثر خاک‌های اصفهان آهکی بوده و pH موجود در این خاک‌ها عمدتاً در محدوده ۷ تا ۸ واقع شده و از تغییرپذیری زیادی برخوردار نیست (مشایخی و مرجوی، ۱٤۰۲). ضریب تغییرات کم در pH ناشی از اثر عوامل ذاتی مانند مواد مادری در رفتار این متغیر است. درحالی‌که ضریب تغییرات زیاد می‌تواند ناشی از اثر ترکیبی عوامل مدیریتی (مانند مصرف کود و کاربری‌های متفاوت از اراضی) و عوامل ذاتی (مانند پستی و بلندی، تغییرات شدید بافتی و وضعیت زهکشی) باشد (فروغی فر و همکاران، ۱۳۹۰).

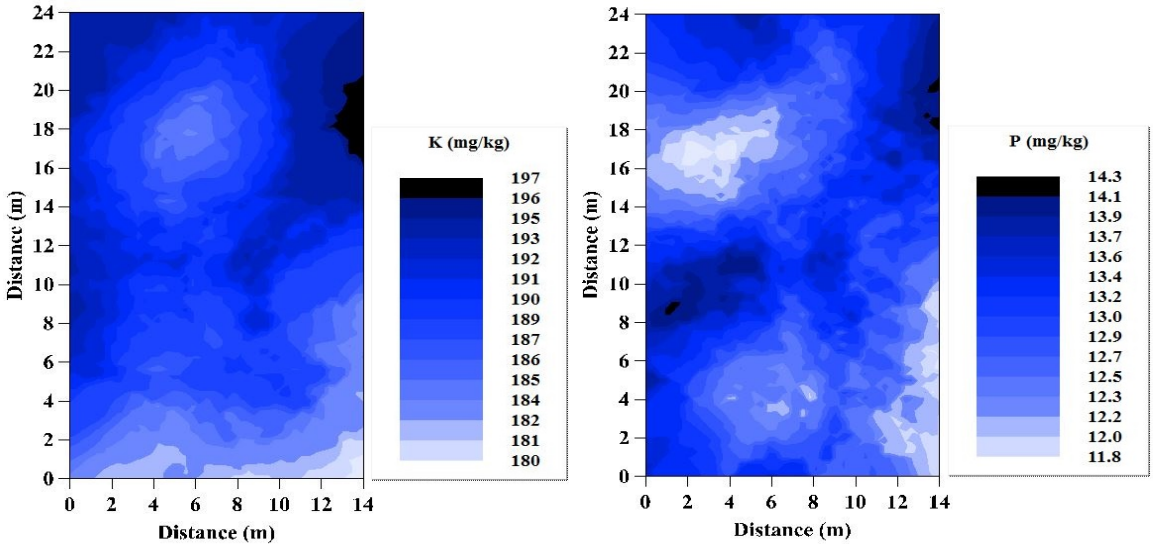
نتایج آماری داده‌ها حاکی از آن بود که حداقل، حداکثر و میانگین EC خاک مزرعه به ترتیب برابر با ۲/۸۳، ۳/۲٤ و ۲/۹۵ دسی زیمنس بر متر و مقدار ضریب تغییرات آن نیز برابر با ۳/۳ درصد بود (جدول ۱). حداقل، حداکثر و میانگین برای رس خاک مزرعه به ترتیب ۱۷/۱، ۲٦/۹ و ۲۳/۰ درصد، برای سیلت به ترتیب ۱٦/۲، ۳٦/۵ و ۲٦/۹ درصد و برای شن به ترتیب ٤٦/۱، ۵۸/۸ و ۵۰/۰ درصد بود. مقادیر ضریب تغییرات برای محتوای رس، سیلت و شن خاک نیز به ترتیب برابر با ۱۲/٦، ۱۳/۳ و ۷/۲ درصد بود (جدول ۱). مقادیر ضریب تغییرات کمتر از ۱۵ درصد، بین ۱۵ تا ۳۵ درصد و بالاتر از ۳۵ درصد به ترتیب به عنوان تغییرات کم، تغییرات متوسط و تغییرات زیاد (تنوع بالا) در نظر گرفته شدند (رضوان و همکاران، ۲۰۱٦). نکته‌ای که باید به آن توجه داشت این است که آماره‌های توصیفی مانند اطلاعاتی در جدول ۱ نشان داده شده است تنها شدت تغییرات را نشان داده و اطلاعات مربوط به الگوی توزیع متغیرها در درون مزرعه و نیز تأثیر متغیرهای محیطی بر نوسانات عملکرد را آشکار نمی‌سازند (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۹۵)؛ بنابراین در ادامه تغییرات مکانی خصوصیات خاک، عملکرد دانه گندم و علف هرز سلمه‌تره ارائه گردید.

توزیع مکانی خصوصیات خاک

همبستگی مکانی برای فسفر خاک در مزرعه مورد بررسی، با استفاده از تجزیه و تحلیل سمی‌واریوگرام محاسبه شد. برازش مدل‌های سمی‌واریوگرام نشان داد که فسفر خاک در سطح مزرعه از مکانی به مکان دیگر تغییر می‌نمود یا به عبارتی دارای توزیع لکه‌ای یا تجمعی بود، به‌طوری‌که همبستگی مکانی متوسط به میزان ۵۰ درصد برای الگوهای توزیع فسفر خاک در سطح مزرعه توسط مدل نمایی سمی‌واریوگرام بدست آمد (جدول ۲). دامنه تأثیر فسفر خاک نیز برابر با ۵۰/۰ متر بود که نشان می‌دهد لکه‌های طویلی با مقادیر کم و یا زیاد در سطح مزرعه وجود دارند (جدول ۲ و شکل ۱).

جدول ۲- ضرایب مدل‌های برازش داده شده بر سمی‌واریوگرام‌های تجربی برای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

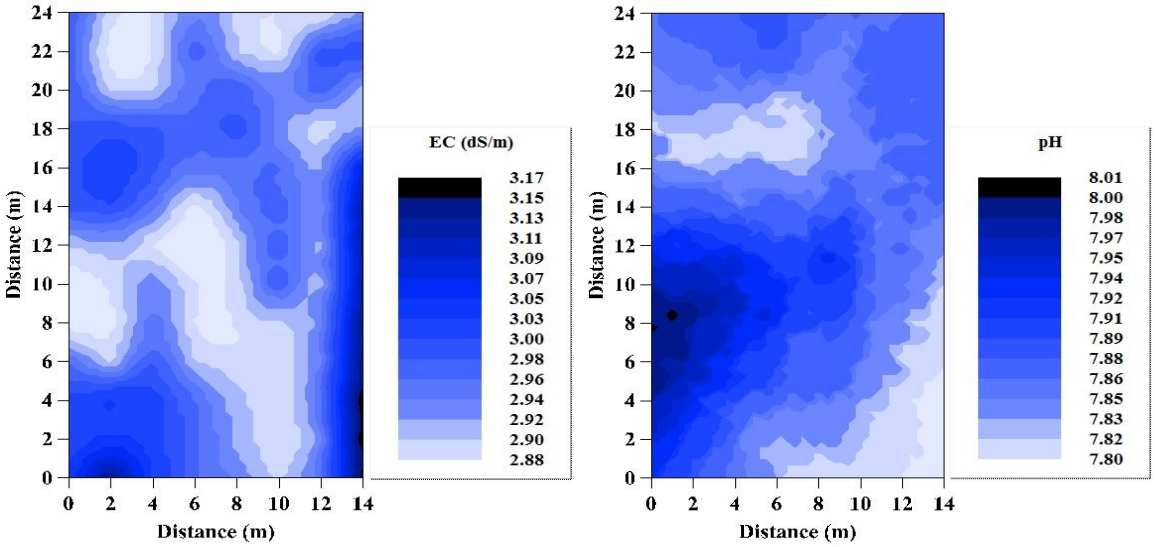
صفات	مدل	عرض از مبدا	مجانب	دامنه تأثیر (متر)	همبستگی (درصد)	کلاس مکانی	r^2
فسفر	نمایی	۰/۰۲۷۳۷	۰/۰۵٤۸٤	۵۰/۰	۵۰/۰	متوسط	۰/۸۱
پتاسیم	نمایی	۰/۰۰۲٦٤	۰/۰۰۵۹۹	٤٤/۵	۵۵/۹	متوسط	۰/٦۱
pH	نمایی	۰/۰۰۰۱۳٦۳	۰/۰۰۰۲۷۳٦	۵۱/۰	۵۰/۱	متوسط	۰/۰٤
EC	نمایی	۰/۰۰۰۱۸۸	۰/۰۰۰۷۵۹	۳/۹	۷۵/۲	قوی	۰/۹۰
رس	نمایی	۰/۰۱۳۸۰	۰/۰۲۷۷۰	۵۱/۰	۵۰/۱	متوسط	۰/۵۲
سیلت	خطی	۰/۰۱۸۰٤	۰/۰۱۸۰٤	۲۰/۸	۰	ضعیف	۰/۰
شن	نمایی	۰/۰۰۲٦۳٦	۰/۰۰۵٤۲۲	٦/۷	۵۱/۳	متوسط	۰/۹۸



شکل ۱- نقشه‌های توزیع محتوای فسفر (راست) و پتاسیم (چپ) خاک در مزرعه گندم

پژوهش‌گران دیگری نیز اظهار داشتند که مقادیر نسبتاً زیاد دامنه تأثیر فسفر و پتاسیم خاک به دلیل تحرک کم این عناصر در خاک است (مشایخی و مرجوی، ۱٤۰۲). سابقه مصرف کودهای فسفری، شرایط اقلیمی، عملکرد مورد انتظار و مقادیر دیگر عناصر غذایی موجود در خاک می‌تواند روی تغییرات مکانی فسفر قابل جذب تأثیرگذار باشد. وجود ترکیبات آهکی و کربنات کلسیم، پ-هاش، یون‌های آهن و آلومینیوم، بارندگی و نیز مواد مادری احتمالاً دیگر موارد تأثیرگذار بروی تغییرات مکانی فسفر قابل جذب در منطقه مورد مطالعه می‌باشد (جوکار، ۱۳۹٤).

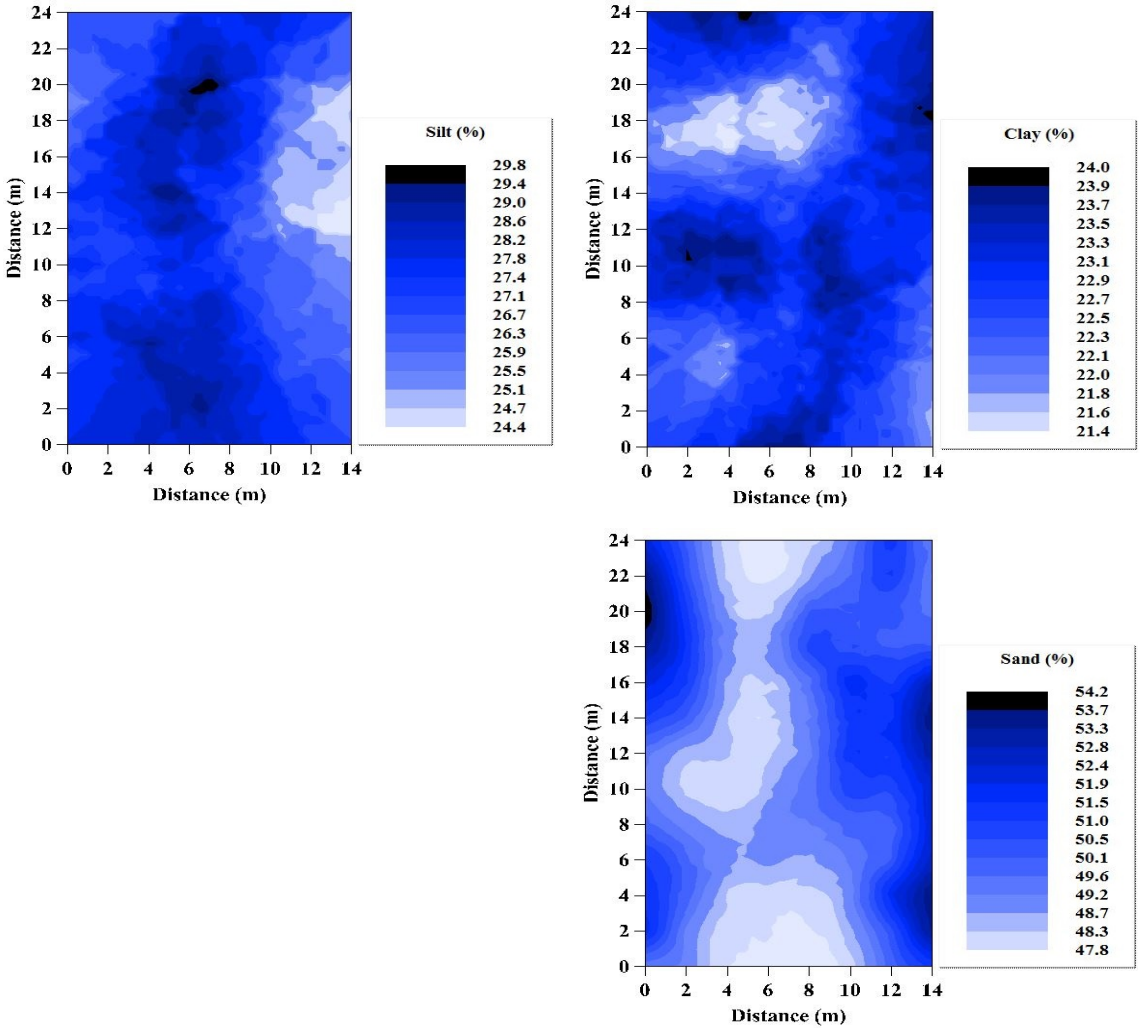
برازش مدل‌های سمی‌واریوگرام حاکی از آن بود که پتاسیم خاک مزرعه، توزیع تصادفی یا یکنواختی نداشت، بلکه دارای توزیع لکه‌ای یا تجمعی بود. سمی‌واریوگرام برازش داده شده برای پتاسیم خاک با مدل نمایی مطابقت داشت. نتایج نشان داد همبستگی مکانی متوسط به میزان ۵۵/۹ درصد در دامنه تأثیر ٤٤/۵ متر برای پتاسیم خاک به دست آمد (جدول ۲). در پژوهشی که بر روی گندم انجام شد، نتایج نشان داد که پتاسیم دارای همبستگی مکانی قوی ۸۹/۲۷ درصد در دامنه تأثیر ۱۸۳/۷ متر بود (مرادی کل بلندی، ۱۳۹۸). عوامل تأثیرگذار بر تغییرات مکانی پتاسیم در منطقه مورد مطالعه تخلیه پتاسیم جهت کشت‌های متراکم و مصرف یا عدم مصرف کود پتاسیم و هم-چنین بافت خاک و بارندگی می‌تواند باشد (جوکار، ۱۳۹٤). نتایج برازش مدل نمایی سمی‌واریوگرام بر داده‌های pH خاک نشان داد که این متغیر در سطح مزرعه دارای پراکنش لکه‌ای بود به‌طوری‌که همبستگی مکانی ۵۰/۱ درصد برای لکه‌های pH خاک در دامنه تأثیر ۵۱/۰ متر در سطح مزرعه بدست آمد (جدول ۲).



شکل ۲- نقشه‌های توزیع pH (راست) و EC (چپ) خاک در مزرعه گندم

برازش مدل‌های سمی‌واریوگرام حاکی از آن بود که EC خاک مزرعه، توزیع تصادفی یا یکنواختی نداشت، بلکه دارای توزیع لکه‌ای یا تجمعی بود. سمی‌واریوگرام برازش داده شده برای EC خاک با مدل نمایی مطابقت داشت. نتایج نشان داد همبستگی مکانی قوی به میزان ۷۵/۲ درصد در دامنه تأثیر ۳/۹ متر برای EC خاک به دست آمد (جدول ۲). دامنه تأثیر کوتاه به دست آمده از واریوگرام نشان‌دهنده لکه‌های کوچک EC خاک مزرعه می‌باشد که در شکل ۲ نیز مشهود است. در مطالعه‌ای که با هدف بررسی توزیع مکانی برخی ویژگی‌های خاک در برخی از اراضی زراعی استان اصفهان انجام شد، محققین گزارش دادند از بین ویژگی‌های مورد مطالعه، EC کمترین مقدار دامنه تأثیر را داشته است. کم بودن دامنه تأثیر را می‌توان به عوامل مدیریتی (تغییر کاربری، مدیریت آبیاری، شخم، کود دهی و ...) ارتباط داد (مشایخی و مرجوی، ۱٤۰۲).

سمی‌واریوگرام برازش داده شده بر محتوای رس خاک در مزرعه با مدل نمایی سازگاری داشت (جدول ۲). برازش مدل-های سمی‌واریوگرام نشان داد که محتوای رس خاک در سطح مزرعه مورد مطالعه، پراکنش تصادفی یا یکنواختی نداشت، بلکه دارای توزیع لکه‌ای بود؛ به‌طوری‌که همبستگی مکانی متوسط به میزان ۵۰/۱ درصد در دامنه تأثیر ۵۱/۰ متر برای این خصوصیت خاک مشاهده گردید (جدول ۲). سمی‌واریوگرام برازش داده شده برای محتوای سیلت خاک در مزرعه با مدل خطی مطابقت داشت. همبستگی مکانی برابر صفر برای محتوای سیلت خاک در مزرعه، بیانگر توزیع کاملاً تصادفی این متغیر در دامنه مورد نظر بود (جدول ۲). عدم وجود ساختار مکانی یا ساختار مکانی ضعیف در بین خصوصیات خاک می‌تواند به این دلیل باشد که تغییرات این متغیرها از نوع تغییرات غیر ساختاری یا تصادفی بوده که در محدوده کوچک‌تر از محدوده نمونه‌برداری رخ داده و در گروه تغییرات کوتاه دامنه قرار می‌گیرد. برخی از خصوصیات خاک در مقیاس مکانی کوچک‌تر از محدوده نمونه‌برداری، دارای تغییرات تصادفی زیاد و در نتیجه ساختار مکانی ضعیف هستند. گفتنی است هر چند به دلیل نقش سایر متغیرهای تأثیرگذار بر خصوصیات خاک، وجود ساختار مکانی ضعیف برای برخی از خصوصیات خاک در لایه‌های سطحی دور از انتظار نیست (محمدی، ۱۳۹۷).



شکل ۳- نقشه‌های توزیع محتوای رس (راست)، سیلت (چپ) و شن (پایین) خاک در مزرعه گندم

نتایج نشان داد سمی‌واریوگرام برازش داده شده برای محتوای شن خاک با مدل نمایی منطبق بود (جدول ۲). برازش مدل‌های سمی‌واریوگرام حاکی از آن بود که محتوای شن خاک در سطح مزرعه مورد مطالعه، دارای پراکنش تصادفی یا یکنواخت نبود، بلکه از توزیع لکه‌ای برخوردار بود. همبستگی مکانی برای محتوای شن خاک در مزرعه مورد مطالعه، با استفاده از تجزیه و تحلیل سمی‌واریوگرام محاسبه شد؛ به‌طوری‌که همبستگی مکانی متوسط به میزان ۵۱/۳ درصد در دامنه ٦/۷ متر برای محتوای شن خاک به دست آمد (جدول ۲). محققین اظهار داشتند بافت خاک جزء خصوصیات ذاتی خاک محسوب می‌شود و کمتر تحت تأثیر مدیریت قرار می‌گیرد (رستمی، ۱۳۹۵).

توزیع مکانی علف هرز سلمه‌تره

نتایج آماری داده‌ها نشان داد حداقل، حداکثر و میانگین تراکم علف هرز سلمه‌تره در مزرعه گندم به ترتیب برابر با صفر، ۱۲/۰ و ۲/٤۲ بوته در مترمربع بود. هم‌چنین نتایج حاکی از آن بود که بخش‌های نمونه‌برداری شده عاری از علف هرز سلمه‌تره در مزرعه برابر با ۷٤/۰ درصد بود (جدول ۳).

جدول ۳- خلاصه آماری داده‌های تراکم علف هرز سلمه‌تره و عملکرد دانه گندم

صفات	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد	ضریب تغییرات (درصد)	نقاط عاری از علف هرز (درصد)
تراکم سلمه‌تره	تعداد در مترمربع	۰	۱۲	۲/٤۲	٤/۲۲	۰/٤۱	۱۷٤/۳	۷٤/۰
عملکرد گندم	گرم در مترمربع	۲٤۹	٤۱۲	۳٥٥/٥	٤۰/٦٥	۳/۹۸	۱۱/٤	-

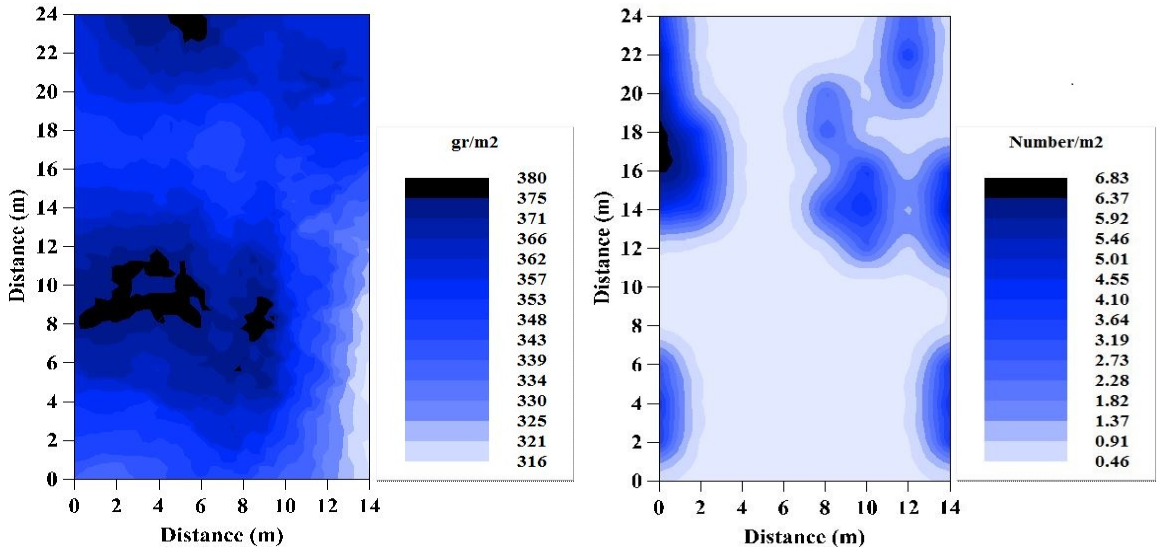
در مطالعه‌ای که با هدف بررسی همبستگی توزیع مکانی رشد و عملکرد گندم زمستانه با علف‌های هرز انجام شد، نتایج نشان داد ٤۰/۹ درصد نقاط عاری از علف هرز سلمه‌تره بود (مرادی کل بلندی و همکاران، ۱۳۹۹). محققین اظهار داشتند ماهیت لکه‌ای علف‌های هرز، آن‌ها را اهداف ایده‌آلی برای مدیریت متناسب با مکان قرار داده است (مت کالفه و همکاران، ۲۰۱۹). در پژوهش حاضر، با توجه به اینکه بخش‌های وسیعی از مزرعه گندم فاقد علف هرز سلمه‌تره بود، بنابراین پتانسیل کاربرد لکه‌ای علف‌کش در این مزرعه وجود دارد. در واقع، وجود نقاط عاری از علف هرز یا با تراکم پایین علف هرز در مزرعه، امکان به کارگیری مدیریت متناسب با مکان و کاهش علف‌کش‌های مصرفی را فراهم می‌کند.

سمی‌واریوگرام برازش داده شده بر داده‌های علف هرز سلمه‌تره با مدل نمایی منطبق بود (جدول ٤). برازش مدل‌های سمی‌واریوگرام حاکی از آن بود که علف هرز سلمه‌تره در سطح مزرعه مورد مطالعه، دارای پراکنش تصادفی یا یکنواخت نبود، بلکه از توزیع لکه‌ای یا تجمعی برخوردار بود. همبستگی مکانی برای جمعیت علف هرز سلمه‌تره در مزرعه مورد مطالعه، با استفاده از تجزیه و تحلیل سمی‌واریوگرام محاسبه شد؛ به‌طوری‌که همبستگی مکانی متوسط به میزان ٦٤/۷ درصد برای جمعیت این علف هرز به دست آمد (جدول ٤). نتایج به دست آمده در این پژوهش، هم‌راستا با نتایج سایر پژوهش‌گران (مرادی کل بلندی و همکاران، ۱۳۹۹) است.

جدول ٤- ضرایب مدل‌های برازش داده شده بر سمی‌واریوگرام‌های تجربی برای تراکم علف هرز سلمه‌تره و عملکرد دانه گندم

صفات	مدل	عرض از مبدا	مجانب	دامنه تأثیر (متر)	همبستگی (درصد)	کلاس مکانی	r^2
تراکم سلمه‌تره	نمایی	۰/٤۰۱	۱/۱۳٦	۳/٦	٦٤/۷	متوسط	۰/۹۰
عملکرد گندم	نمایی	۰/۰۱۰۹۹	۰/۰۲۲۰۸	۳۳/٥	٥۰/۲	متوسط	۰/٥٤

بر اساس مدل‌های برازش داده شده، دامنه تأثیر برای تراکم علف هرز سلمه‌تره برابر با ۳/٦ متر بود. دامنه تأثیر کم، نشان‌دهنده تغییرات اندک جمعیت علف هرز در سطح مزرعه در این پژوهش می‌باشد (جدول ٤). به نظر می‌رسد با توجه به اینکه بذور علف هرز سلمه‌تره مکانیسم مشخصی برای پراکنش ندارند، بنابراین بذور این علف هرز قابلیت پراکنش گسترده را نداشته و غالباً به صورت لکه‌های فشرده و کوچک در مزرعه دیده می‌شوند (شکل ٤). مقدار دامنه تأثیر کوتاه به دست آمده در این پژوهش، مکانیسم محدودیت جابجایی بذور این علف هرز را تأیید می‌کند (جدول ٤). نقشه‌های درون‌یابی شده به وسیله کریجینگ نشان داد که بخش زیادی از مزرعه دارای تراکم اندکی از این علف هرز بود با این‌حال، لکه‌های کوچک و بزرگی از علف هرز در سطح مزرعه دیده می‌شد (شکل ٤). نقشه‌ها حاکی از آن است که لکه‌های علف هرز سلمه‌تره غالباً به صورت بیضی شکل هستند، به‌طوری‌که دامنه این لکه‌ها در جهت تردد ادوات و ماشین‌آلات و در جهت ردیف کشت، کشیدگی بیشتری دارد (شکل ٤). دلیل کشیدگی لکه‌ها در جهت ردیف کاشت گیاه زراعی احتمالاً به دلیل جابجایی بذور به وسیله ادوات کشاورزی و یا حرکت آن‌ها به وسیله آب بوده است. غالباً عملیات مدیریتی مزرعه در یک جهت انجام می‌پذیرد که این امر منجر به پراکنش علف‌های هرز در جهت تردد ماشین‌آلات می‌شود و به همین دلیل لکه‌های علف‌های هرز در این جهت کشیدگی پیدا می‌کنند (فکور شرقی، ۱۳۹۲).



شکل ٤- نقشه‌های توزیع جمعیت علف هرز سلمه‌تره (راست) و عملکرد دانه گندم (چپ)

توزیع مکانی عملکرد دانه گندم

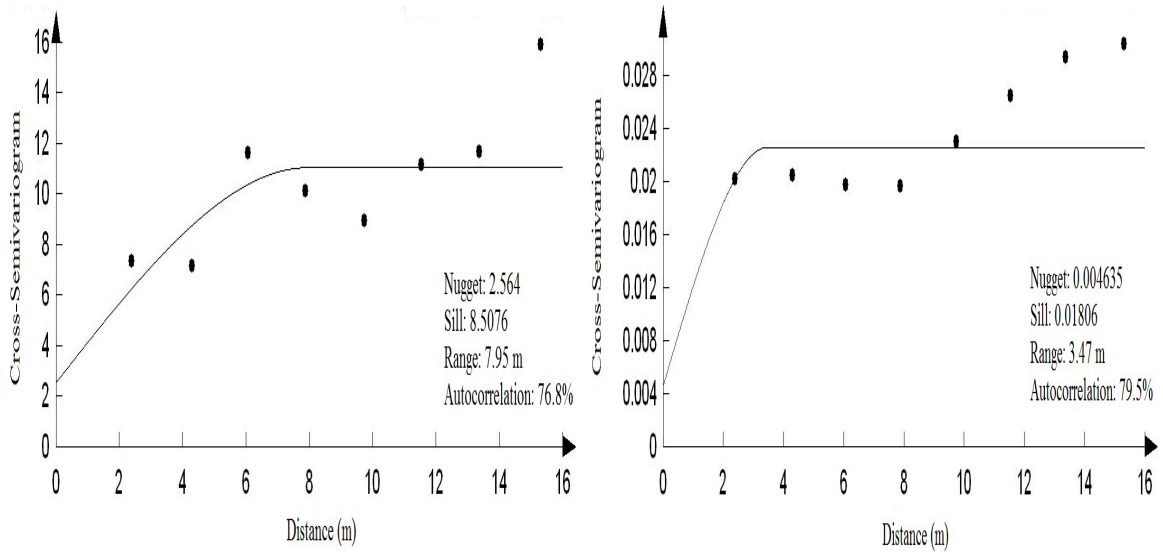
بر اساس توصیف آماری داده‌ها، میانگین عملکرد دانه گندم برابر با ۳۵۵/۵ گرم در مترمربع بود. مقادیر حداقل و حداکثر عملکرد دانه به ترتیب با ۲٤۹ و ٤۱۲ گرم در مترمربع نشان‌دهنده تغییرات بسیار زیاد این ویژگی بین نقاط نمونه‌برداری بود، به‌طوری‌که ضریب تغییرات این متغیر ۱۱/٤ درصد به دست آمد (جدول ۳). نتایج پژوهشی نشان داد نوسانات مکانی عملکرد گندم بین ٤/۹-۱/۵ با میانگین ۳/۳ تن در هکتار و ضریب تغییرات (CV) ۲۹ درصد بود درحالی‌که تراکم علف‌های هرز و نیتروژن خاک تنوع بیشتری داشته و CV آن‌ها به ترتیب ۵۵ و ٤۱ درصد بود (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۹۵).

نتایج نشان داد سمی‌واریوگرام برازش داده شده برای عملکرد دانه گندم با مدل نمایی منطبق بود (جدول ٤). برازش مدل‌های سمی‌واریوگرام نشان داد که عملکرد دانه گندم در سطح مزرعه، پراکنش یکنواخت یا تصادفی نداشت، بلکه از توزیع لکه‌ای یا تجمعی برخوردار بود. اجزای سمی‌واریوگرام‌ها به منظور بررسی همبستگی مکانی مورد استفاده قرار گرفتند و همبستگی مکانی متوسط به میزان ۵۰/۲ درصد برای عملکرد دانه مشاهده شد (جدول ٤). در پژوهشی، نتایج نشان داد که عملکرد دانه گندم در سطح مزرعه دارای توزیع لکه‌ای بود، به‌طوری‌که همبستگی مکانی ۸۱ درصد برای توزیع عملکرد گندم در سطح مزرعه به دست آمد (مرادی کل بلندی، ۱۳۹۸). در پژوهش دیگری، محققین گزارش دادند عملکرد گندم دارای ساختار مکانی قوی بود (کرمی و افضلی نیا، ۲۰۱۸).

دامنه تأثیر به دست آمده برای عملکرد دانه گندم برابر با ۳۳/۵ متر بود که نشان‌دهنده وجود لکه‌های پیوسته نسبتاً بزرگ در سطح مزرعه می‌باشد (جدول ٤ و شکل ٤). در همین راستا، در پژوهشی که به منظور بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک و عملکرد دانه غلات انجام شد، نتایج نشان داد دامنه تأثیر عملکرد محصول از ۲٦/۷ تا ٤۵/۹ متر متغیر بود (یوسویز و لیپیک، ۲۰۱۷).

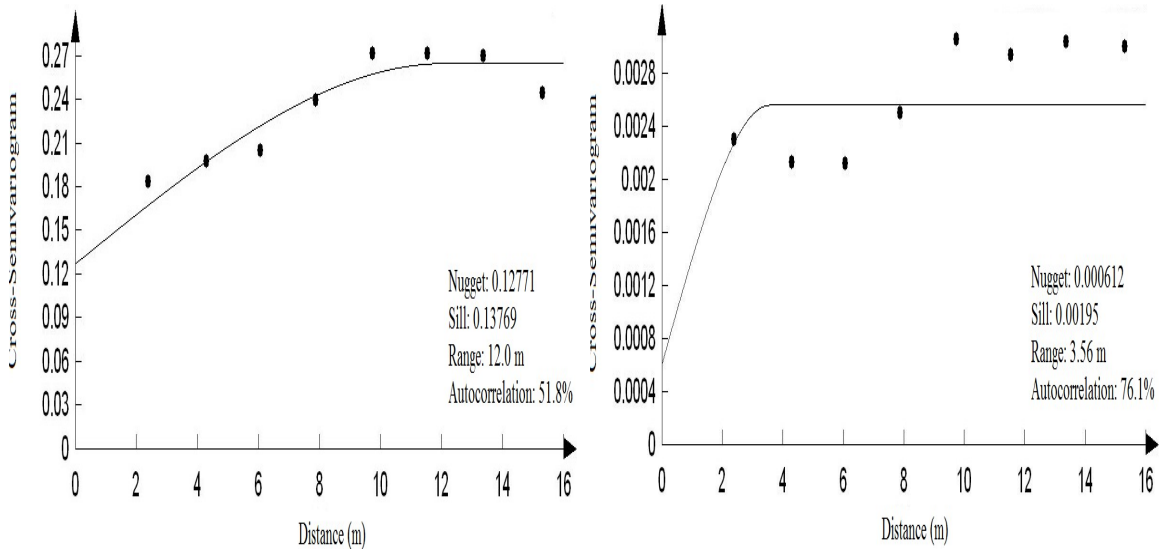
ارتباط مکانی خصوصیات خاک و علف هرز

با ترسیم کراس سمی‌واریوگرام‌ها میزان همبستگی مکانی بین جمعیت گیاهچه‌های علف هرز سلمه‌تره و خصوصیات خاک مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور مدل‌های کروی بر داده‌های خاک و جمعیت گیاهچه علف هرز سلمه‌تره در مزرعه مورد مطالعه، برازش داده شد. آنالیز کراس سمی‌واریوگرام بین علف هرز سلمه‌تره و پتاسیم خاک نشان داد که بین الگوهای توزیع این متغیرها شباهت‌هایی وجود داشت و بین آن‌ها همبستگی مکانی مشاهده شد؛ به‌طوری‌که درصد همبستگی مکانی بین علف هرز سلمه‌تره و پتاسیم خاک برابر با ۷٦/۸ درصد در دامنه ۷/۹ متر بود که بیانگر ارتباط مکانی قوی بین الگوهای پراکنش جمعیت این علف هرز و میزان پتاسیم خاک می‌باشد (شکل ۵).



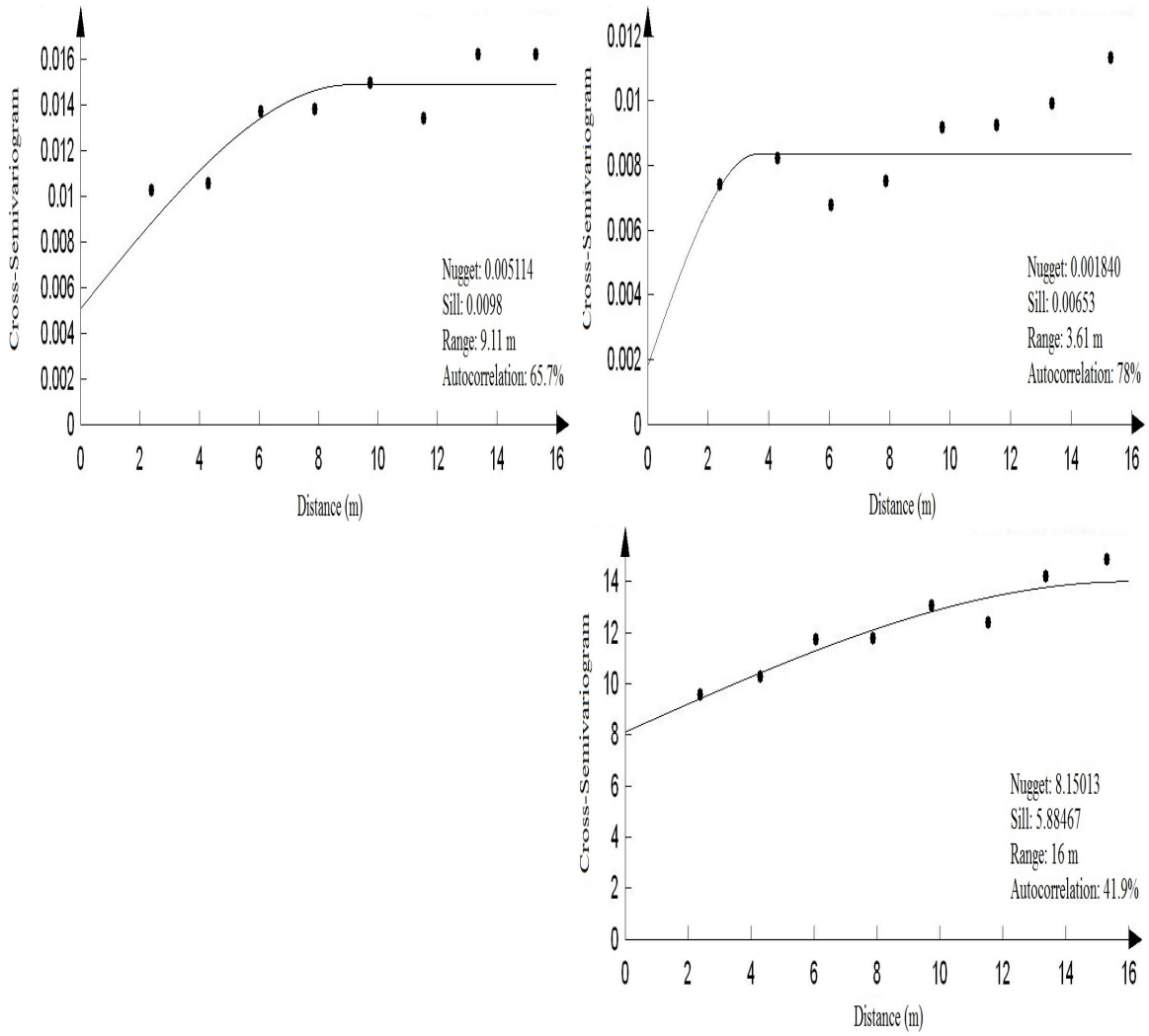
شکل ۵- برازش مدل‌های کروی کراس سمی‌واریوگرام بین علف هرز سلمه‌تره و عکس فسفر (راست) و سلمه‌تره و پتاسیم (چپ)

در همین راستا، پژوهش‌گران گزارش دادند ضریب همبستگی سلمه‌تره با میزان پتاسیم و شن مثبت بوده و به ترتیب معادل ۰/٦۲٦ و ۰/٤٦٤ بود و برای میزان فسفر و رس منفی بوده و معادل ۰/۱۲۸- و ۰/۵۷٦- بود (علیمرادی، ۱۳۸۹). نتایج نشان داد تشابه الگوهای توزیع سلمه‌تره با الگوهای توزیع EC خاک به میزان ۵۱/۸ درصد در دامنه تأثیر ۱۲/۰ متر توسط مدل کروی کراس واریوگرام بدست آمد (شکل ٦).



شکل ٦- برازش مدل‌های کروی کراس سمی‌واریوگرام بین علف هرز سلمه‌تره و عکس pH (راست) و سلمه‌تره و EC خاک (چپ)

برازش مدل کراس سمی‌واریوگرام بین داده‌های جمعیت سلمه‌تره با محتوای رس خاک نشان داد که الگوهای توزیع بین دو متغیر همبستگی معکوس مکانی قوی (۷۸/۰ درصد در دامنه تأثیر ۳/٦ متر) داشتند. به عبارتی در نقاطی از مزرعه که تراکم علف هرز سلمه‌تره بیشتر بود، محتوای رس خاک روی نقشه کاهش نشان می‌داد (شکل ۷). مدل‌های کروی برازش داده شده بر کراس سمی‌واریوگرام‌های علف هرز سلمه‌تره و محتوای شن خاک نشان داد که الگوهای توزیع این دو متغیر به میزان قابل توجهی بر هم منطبق بودند؛ به‌طوری‌که همبستگی مکانی برای علف هرز سلمه‌تره و محتوای شن خاک در دامنه ۱٦/۰ متر، ٤۱/۹ درصد به دست آمد (شکل ۷).



شکل ۷- برازش مدل‌های کروی کراس سمی‌واریوگرام بین علف هرز سلمه‌تره و عکس رس (راست)، سلمه‌تره و عکس سیلت (چپ) و سلمه‌تره و شن (پایین)

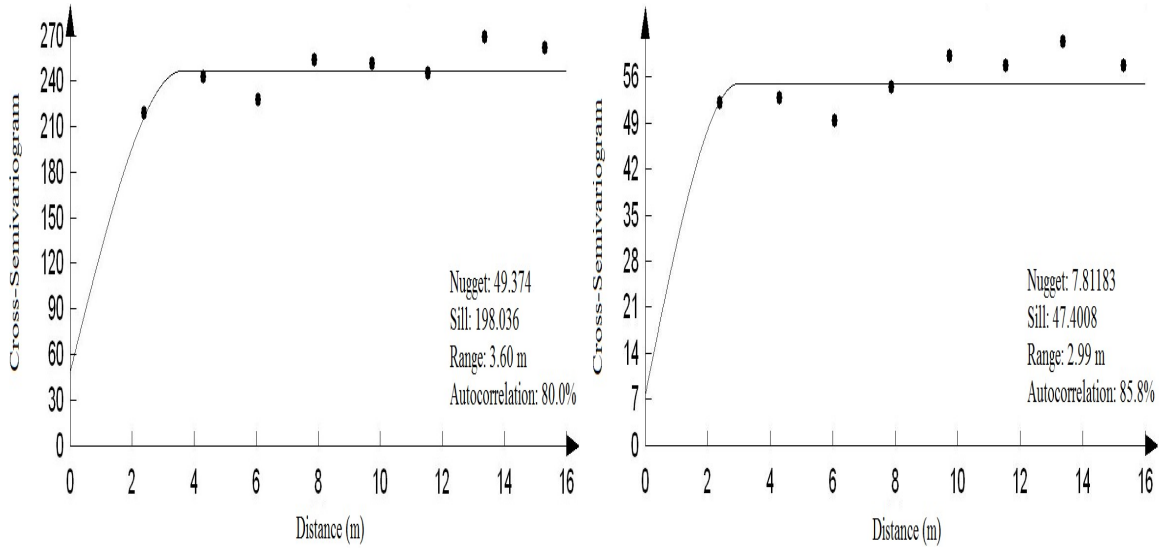
مقایسه نقشه علف هرز سلمه‌تره (شکل ٤) با نقشه توزیع مکانی اجزای بافت خاک (شکل ۳) نیز نشان داد که پراکنش این گونه با نقشه توزیع شن خاک مطابقت داشت؛ به‌طوری‌که در نقاطی از مزرعه که مقادیر شن خاک بالاتر بود، علف هرز سلمه-تره نیز تجمع بیشتری داشت. در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد گونه‌هایی نظیر سلمه‌تره، تاتوره، تلخه و آفتاب‌پرست به درصد شن، پتاسیم و هدایت الکتریکی واکنش مثبت نشان دادند (علیمرادی، ۱۳۸۹).

مدل‌های برازش داده شده بر کراس سمی‌واریوگرام‌های بین جمعیت علف هرز سلمه‌تره و عکس pH خاک، عکس سیلت و عکس فسفر خاک نشان داد که الگوهای توزیع این علف هرز به مقدار قابل توجهی بر الگوهای تغییر سه خصوصیت مذکور خاک منطبق بودند. به‌طوری‌که تطابق مکانی بین آن‌ها به ترتیب ۷٦/۱، ٦٥/۷ و ۷۹/٥ درصد تا دامنه تأثیر ۳/٥، ۹/۱ و ۳/٤ متر بود. به عبارتی نقاط با تراکم بالای علف هرز سلمه‌تره با نقاط دارای مقادیر پایینی از فسفر، سیلت و pH در سطح مزرعه، مطابقت نسبتاً بالایی نشان دادند (شکل‌های ٥، ٦ و ۷). علف‌های هرز تمایل دارند که به صورت لکه‌ای در مزارع تجمع یابند و شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد این تا حدودی ناشی از تغییر در خصوصیات خاک است (مت کالفه و همکاران، ۲۰۱٦).

از آنجا که pH خاک، توانایی تکثیر و تولید بذر علف‌های هرز یک‌ساله را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بنابراین می‌تواند روی الگوی پراکنش علف‌های هرز به وسیله محدود کردن تولید بذر آن‌ها در مناطق و خاک‌هایی که شرایط برای این قبیل گونه‌ها مساعد نیست، مؤثر باشد (مدلین و همکاران، ۲۰۰۱). فراوانی برخی گونه‌ها در مقادیر کم مواد غذایی خاک افزایش می‌یابد، این امر ممکن است ناشی از تحمل‌ناپذیری آن‌ها به سطوح بالای مواد غذایی یا رقابت با گونه‌هایی باشد که واکنش بهتری به مواد غذایی نشان می‌دهند (لیبمن، ۱۹۸۹؛ ماهن، ۱۹۸۸).

ارتباط مکانی خصوصیات خاک و عملکرد دانه

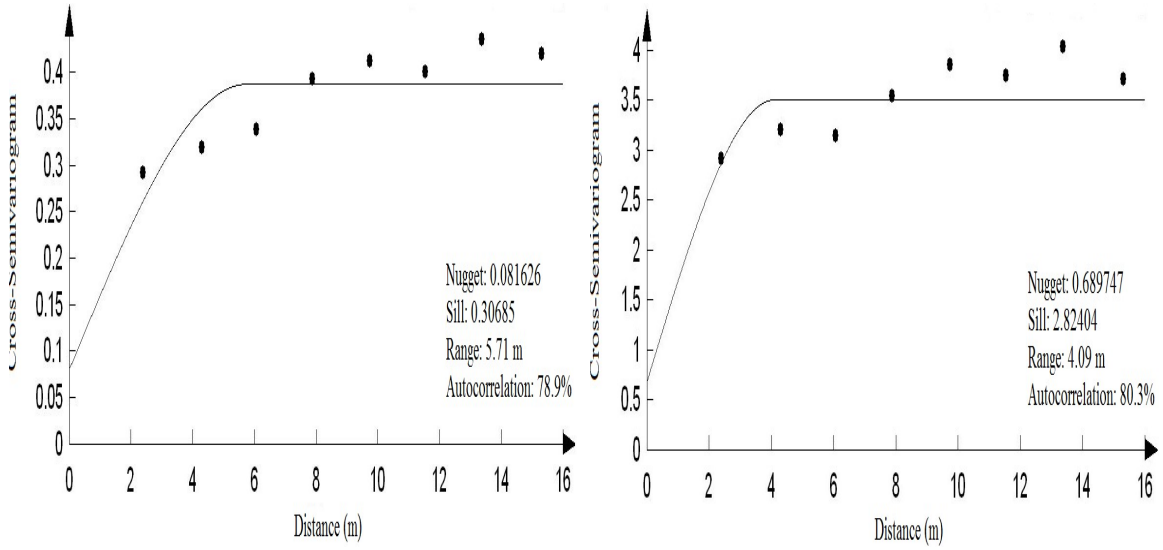
به منظور ارزیابی میزان همبستگی مکانی در توزیع عملکرد دانه و خصوصیات خاک، مدل‌های کروی بر داده‌های عملکرد و خاک برازش داده شد و پارامترهای مربوط به مدل به صورت شکل‌های جداگانه نشان داده شد. مدل‌های برازش داده شده بر کراس سمی‌واریوگرام‌های عملکرد دانه و محتوای فسفر خاک نشان داد که الگوهای توزیع این دو متغیر به میزان قابل توجهی بر هم منطبق بودند؛ به‌طوری‌که همبستگی مکانی قوی در دامنه ۲/۹ متر، ۸۵/۸ درصد به دست آمد (شکل ۸). کراس سمی-واریوگرام برازش داده شده بین عملکرد دانه و محتوای پتاسیم خاک در دامنه ۳/٦ متر ۸۰/۰ درصد همبستگی مکانی قوی نشان داد (شکل ۸).



شکل ۸- برازش مدل‌های کروی کراس سمی‌واریوگرام بین عملکرد دانه گندم و فسفر خاک (راست) و عملکرد دانه گندم و پتاسیم خاک (چپ)

در مزرعه، رشد و عملکرد گندم تغییرات مکانی آشکاری را به دلیل تغییرپذیری مکانی مواد مغذی خاک نشان می‌دهد (کو و همکاران، ۲۰۱۷). براساس نتایج پژوهشی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم با فسفر خاک همبستگی مکانی (به ترتیب ۸۳/۳۳ و ۹۷/۷۵ درصدی) نشان داد. به عبارتی در نقاطی که فسفر خاک بالا بود، عملکرد دانه و بیولوژیک خاک نیز بالا بود. هم‌چنین همبستگی مکانی عملکرد دانه گندم با پتاسیم خاک متوسط و در حدود ۳۳/۳۳ درصد در دامنه تأثیر حدود ۲۳ متر به دست آمد (مرادی کل بلندی، ۱۳۹۸). ارزیابی و درک تغییرات مکانی و زمانی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد محصول در یک مزرعه برای تعیین دقیق بهترین روش‌های مدیریت خاک و اصلاحات برای بهبود کمیت و کیفیت محصول درحالی‌که از نظر زیست‌محیطی پایدار باشد، مورد نیاز است (او و همکاران، ۲۰۱۵؛ گجدا و همکاران، ۲۰۱٦؛ آرانیوس و همکاران، ۲۰۱٦).

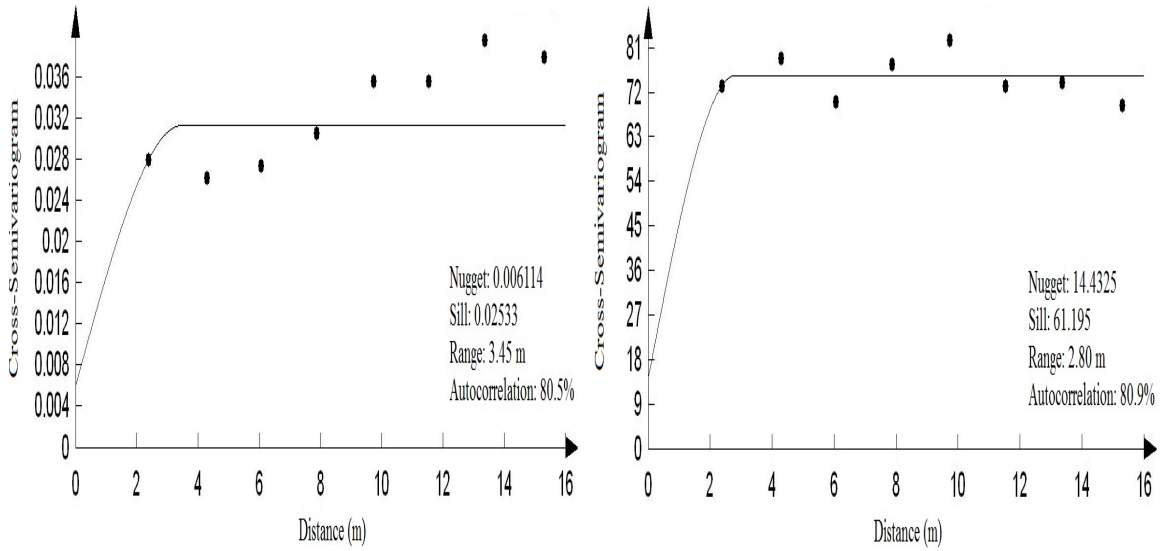
آنالیز کراس سمی‌واریوگرام بین عملکرد دانه و pH خاک نشان داد که بین الگوهای توزیع این متغیرها شباهت‌هایی وجود داشت و بین آن‌ها همبستگی مکانی مشاهده شد؛ به‌طوری‌که درصد همبستگی مکانی بین عملکرد دانه و pH خاک برابر با ۸۰/۳ درصد بود که بیانگر ارتباط مکانی قوی بین الگوهای پراکنش عملکرد دانه و pH خاک می‌باشد (شکل ۹). نتایج نشان داد که همبستگی مکانی قوی به میزان ۷۸/۹ درصد تا دامنه تأثیر ۵/۷ متر بین الگوهای توزیع عملکرد دانه و عکس EC خاک توسط برازش مدل کروی کراس واریوگرام مشاهده شد (شکل ۹).



شکل ۹- برازش مدل‌های کروی کراس سمی‌واریوگرام بین عملکرد دانه گندم و pH خاک (راست) و عملکرد دانه گندم و EC خاک (چپ)

در همین راستا در پژوهشی عملکرد دانه گندم، همبستگی ۸٤/٦ درصدی در دامنه تأثیر ۱۹/۲۲ متری با اسیدیته خاک نشان داد (مرادی کل بلندی، ۱۳۹۸). در تحقیق دیگری، نتایج برآورد ضرایب همبستگی نشان داد عملکرد دانه گندم با pH در لایه شخم (plough layer) و زیرین خاک (subsoil) همبستگی معنی‌دار و مثبتی داشت (لیپیک و یوسویز، ۲۰۱۸). توزیع لکه‌ای اسیدیته خاک می‌تواند بر حلالیت و جذب عناصر غذایی خاک تأثیر گذاشته و جذب آن‌ها را در هر نقطه از مزرعه بطور متفاوتی تحت تأثیر قرار دهد، بنابراین بعنوان یک فاکتور می‌تواند بر ناهمگونی رشد گندم در مزرعه تأثیرگذار باشد (مرادی کل بلندی، ۱۳۹۸).

مدل‌های برازش داده شده بر کراس سمی‌واریوگرام‌های بین عملکرد دانه و محتوای رس خاک نشان داد که الگوهای توزیع عملکرد دانه به مقدار قابل توجهی بر الگوهای تغییر محتوای رس خاک منطبق بودند. به‌طوری‌که تطابق مکانی بین این دو متغیر ۸۰/۹ درصد در دامنه تأثیر ۲/۸ متر به دست آمد (شکل ۱۰). کراس سمی‌واریوگرام برازش داده شده بین عملکرد دانه و عکس محتوای شن خاک در دامنه ۳/٤ متر ۸۰/۵ درصد، همبستگی مکانی قوی نشان داد؛ به عبارت دیگر، عملکرد بالاتر گندم در نقاطی از مزرعه مشاهده شد که محتوای شن پایین‌تری داشت (شکل ۱۰).

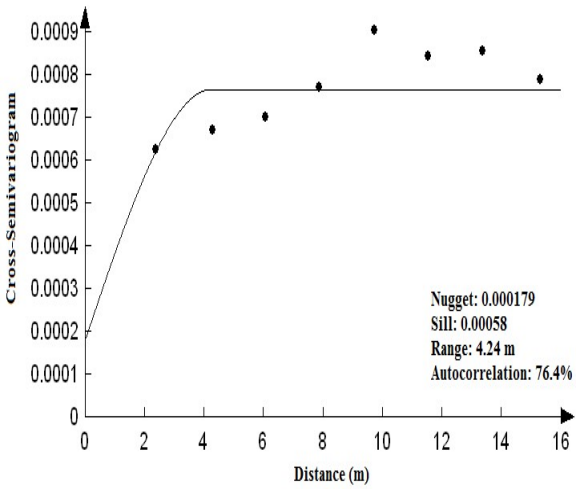


شکل ۱۰- برازش مدل‌های کروی کراس سمی‌واریوگرام بین عملکرد دانه گندم و رس خاک (راست) و عملکرد دانه گندم و عکس شن خاک (چپ)

از آنجا که بافت خاک در نگهداری رطوبت نقش مستقیم دارد، بنابراین می‌تواند علاوه بر نقش مستقیم آن، از طریق بهبود جذب عناصر غذایی بعنوان یکی از عوامل ایجاد کننده تغییرات مکانی رشد و عملکرد گندم به حساب آید (مرادی کل بلندی، ۱۳۹۸). در تحقیقی، نتایج ضریب همبستگی پیرسون نشان داد درصد رس خاک، همبستگی مثبتی با عملکرد دانه گندم دوروم داشت، اما مقادیر ضریب همبستگی (r) بیشتر از ۰/۳ نبود. درصد شن خاک، همبستگی منفی کوچکی (۰/۳-) با شاخص برداشت نشان داد (کاسا و کاستریگنانو، ۲۰۰۸). در پژوهشی، نتایج کراس-سمی‌واریوگرام حاکی از آن بود که عملکرد غلات با pH، محتوای سیلت و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) همبستگی مثبت و با محتوای شن خاک ارتباط منفی داشت (لیپیک و یوسویز، ۲۰۱۸). نتایج پژوهش دیگری نشان داد درصد شن با شاخص برداشت و عملکرد دانه گندم، همبستگی منفی داشت. با افزایش درصد شن، عملکرد کلی کاهش می‌یابد. شن به عنوان یک ماده نسبتاً راکد (inert) خاک در نظر گرفته می‌شود که مواد مغذی و ظرفیت نگهداری آب پایینی دارد (میلر و همکاران، ۱۹۸۸).

ارتباط مکانی عملکرد دانه و علف هرز

برای بررسی ارتباط مکانی بین عملکرد دانه گندم و جمعیت علف هرز سلمه‌تره از آنالیز کراس سمی‌واریوگرام استفاده شد. مدل‌های برازش داده شده بر کراس سمی‌واریوگرام‌ها بین جمعیت علف هرز سلمه‌تره و عکس عملکرد دانه گندم و هم-چنین نقشه‌های ترسیم شده نشان داد که الگوهای توزیع علف هرز به مقدار قابل توجهی بر الگوهای تغییر عملکرد دانه گندم منطبق بودند. به‌طوری‌که تطابق مکانی بین این دو متغیر ۷٦/٤ درصد تا دامنه تأثیر ٤/۲ متر بود (شکل ۱۱). در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد بین وزن خشک زیست‌توده کل علف-های هرز و عکس وزن زیست‌توده و عکس عملکرد گندم به ترتیب همبستگی متوسط (٥٤/۰٥ درصد) و همبستگی قوی (۷٤/۱٥ درصد) مشاهده گردید (قیاسی، ۱۳۹۱). نتایج مطالعه دیگری نشان داد که الگوهای توزیع جمعیت کل علف‌های هرز به مقدار قابل توجهی بر الگوهای تغییر عملکرد زیست‌توده خشک گندم منطبق بودند. به‌طوری‌که همبستگی مکانی بین دو متغیر ذکر شده در مرحله اول و دوم نمونه‌برداری به‌ترتیب ۸۹ و ۸۷/٤ درصد بود (مکاریان و حسینی، ۱۳۸۹).



شکل ۱۱- برازش مدل‌های کروی کراس سمی‌واریوگرام بین جمعیت علف هرز سلمه‌تره و عکس عملکرد دانه گندم

با مقایسه نقشه‌های توزیع علف هرز و عملکرد دانه گندم نیز می‌توان اظهار داشت مناطقی که عملکرد گندم در آن‌جا کمتر بود غالباً منطبق بر مناطقی بود که تراکم علف هرز در آن‌جا بیشترین میزان را دارا بود (شکل ٤). این نتیجه بیانگر وجود یک رابطه معکوس بین تراکم علف هرز با عملکرد گندم در سطح مزرعه بود. در پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد در نقاطی که علف هرز وجود نداشته و یا تراکم علف‌های هرز پایین بوده است، فراهمی عناصر غذایی و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها بیشتر شده و این امر عملکرد دانه بیشتر گندم در آن نقاط را به همراه داشته است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد زمانی‌که ضریب همبستگی بالایی بین دو متغیر وجود داشت، کراس سمی-واریوگرام مربوطه نیز بیانگر همبستگی مکانی بین دو متغییر بود.

برآورد ضرایب همبستگی پیرسون نشان داد تراکم علف هرز سلمه‌تره، همبستگی منفی و معنی‌داری به میزان **۰/۵۱- با عملکرد دانه گندم دارا بود (جدول ۵).

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین خصوصیات خاک، تراکم علف هرز سلمه‌تره و عملکرد دانه گندم

	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
۱- فسفر	۱								
۲- پتاسیم	۰/٤۲**	۱							
pH -۳	۰/۵۱**	۰/۵۱**	۱						
EC -٤	-۰/٤۷**	-۰/۳۹**	-۰/۵۸**	۱					
٥- رس	۰/۷۹**	۰/۵۱**	۰/۵۳**	-۰/٤۸**	۱				
٦- سیلت	-۰/۲۸**	-۰/٤۵**	-۰/۱۷ns	-۰/۱۱ns	-۰/٤۱**	۱			
۷- شن	-۰/۳٦**	۰/۰٤ns	-۰/۲٦**	۰/۵۱**	-۰/۳۹**	-۰/٦۷**	۱		
۸- علف هرز	-۰/۳٤**	۰/۲۵**	-۰/۳۰**	۰/۵۰**	-۰/۳۷**	-۰/۵۲**	۰/۸۳**	۱	
۹- عملکرد دانه	۰/۵۳**	۰/۵۹**	۰/۷۱**	-۰/۷۹**	۰/٦۲**	۰/۰۹ns	-۰/٦۰**	-۰/۵۱**	۱

** بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و ns عدم معنی‌داری می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد علف هرز سلمه‌تره در سطح مزرعه، توزیع یکنواخت یا تصادفی نداشت بلکه دارای پراکنش لکه‌ای یا تجمعی بود. برازش مدل‌های سمی‌واریوگرام نشان داد که خصوصیات خاک نیز در سطح مزرعه از مکانی به مکان دیگر تغییر می‌کرد یا به عبارتی دارای پراکنش لکه‌ای یا تجمعی بود. در بین صفات مورد مطالعه خاک، pH خاک دارای دامنه تغییرات کم و ضریب تغییرات بسیار پایین بود، این در حالی بود که فسفر خاک، دارای بالاترین ضریب تغییرات بود. کراس سمی‌واریوگرام برازش داده شده بر داده‌های خاک و علف هرز نشان داد سلمه-تره دارای همبستگی مکانی متوسط با محتوای شن و EC خاک و همبستگی مکانی قوی با پتاسیم خاک بود، این در حالی بود که علف هرز مذکور در خاک‌های با مقادیر پایینی از محتوای فسفر، رس، سیلت و pH خاک، تجمع بیشتری داشت.

نتایج کراس سمی‌واریوگرام و هم‌چنین مقایسه نقشه‌های توزیع عملکرد دانه گندم و خصوصیات خاک نشان داد عملکرد دانه دارای همبستگی مکانی قوی با صفات فسفر، پتاسیم، pH و رس خاک بود. مناطقی که عملکرد گندم در آن‌جا کمتر بود غالباً منطبق بر مناطقی بود که محتوای شن و EC خاک در آن‌جا بیشترین میزان را دارا بودند. این نتیجه بیانگر وجود یک رابطه معکوس بین عملکرد گندم و محتوای شن و EC خاک در سطح مزرعه بود. مقایسه نقشه‌های به دست آمده از درون‌یابی کریجینگ مربوط به عملکرد گندم و هم‌چنین علف هرز سلمه‌تره نشان داد لکه‌های دارای تراکم بالای علف هرز روی نقشه، با نقاط دارای عملکرد پایین گندم در نقاط مشابه، به میزان زیادی مطابقت داشتند. برآورد ضرایب همبستگی صفات نیز حاکی از آن بود که از لحاظ مکانی، همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد دانه گندم و تراکم علف هرز سلمه‌تره وجود داشت. در مجموع، نتایج حاکی از آن بود که عملکرد دانه گندم در سطح مزرعه از مکانی به مکان دیگر تغییر می‌نمود یا به عبارتی دارای توزیع لکه‌ای بود که این تغییرات تحت تأثیر خصوصیات خاک و علف هرز قرار می‌گیرد.

منابع

آقایی پور، ن.، ه. ا. پیردشتی، م. زواره، ح. اسدی و م. ع. بهمنیار. ۱۳۹۷. ارزیابی تغییرپذیری مکانی برخی از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک در شالیزار های دشت فومنات با استفاده از زمین آمار. پژوهش های کاربردی زراعی، دوره ۳۱، شماره ٤: ۷۱-۵۰.

افشار، ح.، م. ح. صالحی، ج. محمدی و ع. محنت کش. ۱۳۸۸. تغییرپذیری مکانی ویژگی های خاک و عملکرد گندم آبی در یک نقشه تناسب کمی (مطالعه ی موردی: منطقه شهرکیان، استان چهار محال و بختیاری). مجله آب و خاک، جلد ۲۳، شماره ۱: ۱۷۲-۱٦۱.

جوکار، ع. ۱۳۹٤. بررسی تغییرات مکانی برخی ویژگی های شیمیایی، فیزیکی و حاصلخیزی خاک در دشت یاسوج با استفاده از روش های زمین آماری. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یاسوج.

خزائی، ا. ۱۳۹٤. ارزیابی تغییرات مکانی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اراضی کشت و صنعت شریف آباد قزوین با استفاده از زمین آمار و GIS. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شاهد.

رستمی، ر. ۱۳۹۵. اثرات مدیریت مزرعه برتغییرات مکانی خصوصیات خاک در شمال غرب دریاچه ارومیه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی.

علیمرادی، ل. ۱۳۸۹. بررسی ساختار و پاسخ جوامع علف های هرز مزارع به نوع گیاه زراعی و شرایط میکروکلیمایی خاک. رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

فروغی فر، ح.، ع. ا. جعفرزاده، ح. ترابی گلسفیدی، ن. علی اصغرزاد، ن. تومانیان و ن. داوتگر. ۱۳۹۰. تغییرات مکانی برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک سطحی در شکل های اراضی مختلف دشت تبریز. دانش آب و خاک، جلد ۲۱ شماره ۳: ۱-۲۱.

فکور شرقی، ا. ر. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر تناوب زراعی بر تنوع و پراکنش مکانی جوامع بانک بذر و گیاهچه علف های هرز و فون بندپایان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.

قیاسی، ز. ۱۳۹۱. بررسی الگوهای توزیع مکانی جمعیت علف های هرز تحت تاثیر روش های مدیریتی متفاوت و اثر آن بر عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.

کیانی، م. ۱۳۹٤. بررسی ارتباط مکانی برخی از ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک با ویژگی های کمی، کیفی و رویشی پرتقال والنسیا در منطقه کازرون استان فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهرکرد.

کیوانی هفشجانی، ن. ۱۳۹٤. نقش جهت شیب بر پراکنش مکانی برخی از ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک، کمیت و کیفیت هلو در منطقه سامان شهرکرد. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهرکرد.

محمدی، ز. ۱۳۹۷. تأثیر مقیاس مطالعه بر قدرت پیش بینی مدل های پیش بینی کننده تغییرات مکانی ویژگی های خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه محقق اردبیلی.

مرادی کل بلندی، م. ۱۳۹۸. مطالعه عوامل موثر در ناهمگونی توزیع مکانی عملکرد گندم زمستانه با استفاده از روش های زمین آماری و سنجش از دور. پایان نامه کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

مرادی کل بلندی، م.، ح. مکاریان، م. برادران فیروزآبادی و ح. ر. اصغری. ۱۳۹۹. مطالعه ارتباط مکانی رشد و عملکرد گندم زمستانه با علف های هرز با استفاده از روش های زمین آماری و سنجش از دور. نشریه حفاظت گیاهان، جلد ۳٤ شماره ۲: ۲۵۹-۲۷۱.

مشایخی، پ. و ع. ر. مرجوی. ۱٤۰۲. توزیع مکانی برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک در برخی از اراضی زراعی استان اصفهان. تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵٤، شماره ۲: ۳۸۹-٤۰۵.

مکاریان، ح. و ر. س. حسینی. ۱۳۸۹. بررسی توزیع مکانی علف های هرز و تأثیر آن بر زیست توده گندم (*Triticum aestivum* L.). تولید گیاهان زراعی، جلد ۳، شماره ٤: ۳۱-٤۷.

نصیری محلاتی، م.، ع. کوچکی و م. جهانی. ۱۳۹۵. برآورد نوسانات عملکرد در مزارع گندم به وسیله متغیرهای مکانی: رهیافتی در کشاورزی دقیق. بوم شناسی کشاورزی، جلد ۸، شماره ۳: ۳۲۹-۳٤۵.

یغمائیان مهابادی، ن.، ک. سمیعی، م. زواره و ح. رمضانپور. ۱۳۹۸. بررسی تغییرات مکانی برخی ویژگی های خاک و ارتباط آن با عملکرد چای در منطقه فومن گیلان. تحقیقات کاربردی خاک، جلد ۷، شماره ۲: ۸۲-۹۶.

Aranyos, J., A. Tomócsik, M. Makádi, J. Mészáros and L. Blaskó. 2016. Changes in physical properties of sandy soil after long-term compost treatment. Int. Agrophys. 30: 269-274.

Awe, G.O., J. M. Reichert, L. C. Timm and O. O. 2015. Temporal processes of soil water status in a sugarcane field under residue management. Plant Soil. 387: 395-411.

Brye, K. R., N. A. Slaton, M. C. Stavin, R. J. Norman and D. M. Miller. 2003. Shorttorm effects of land leveling on soil physical properties and microbial biomass. Soil Sci. Soc. Am. J. 67: 1405-1417.

Cardina, J., D. H. Sparrow and E. L. McCoy. 1996. Spatial relationships between seed bank and seedling populations of common lambsquarters (*Chenopodium album*) and annual grasses. Weed Sci. 44: 298-308.

Casa, R. and A. Castrignanò. 2008. Analysis of spatial relationships between soil and crop variables in a durum wheat field using a multivariate geostatistical approach. Europ. J. Agron. 28(3): 331-342.

Colbach, N., F. Forcella and G. A. Jonson. 2000. Spatial and temporal stability of weed factors on the weed flora in crops in the Gadalyvir. Valley. 30: 375-382.

Cui, B., W. Huang, X. Song, H. Ye and Y. Dong. 2017. Study the Spatial-Temporal Variation of Wheat Growth Under Different Site-Specific Nitrogen Fertilization Approaches. In International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture (pp. 316-332). Springer, Cham.

Gajda, A., E. Czyż and A. Dexter. 2016. Effects of long-term use of different farming systems on some physical, chemical and microbiological parameters of soil quality. Int. Agrophys. 30: 165-172.

Isaaks, E. H. and R. M. Srivastava. 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press. New York. 561p.

Jiang, P. and K. D. Thelen. 2004. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a north-central corn–soybean cropping sysem. Agron. J. 96(1): 252-258.

Jurado-Exposito, M., F. Lopez-Granados, L. Garcia-Torres, A. Garcia-Ferrer, M. Sanches de La Orden and S. Atenciano. 2003. Multi-species weed spatial variability and sitespecific management maps in cultivated sunflower. Weed Sci. 51: 319-328.

Karami, A. and S. Afzalinia. 2018. Relationship between spatial variability pattern of wheat yield and soil properties. Asian. Soil. Res. J. 1(1): 1-14.

Liebman, M. 1989. Effects of nitrogen fertilizer, irrigation and crop genotype on canopy relations and yields on a intercrop/weed mixture. Field Crops Res. 22: 83-100.

Lipiec, J. and B. Usowicz. 2018. Spatial relationships among cereal yields and selected soil physical and chemical properties. Sci. Total. Environ. 633(2018): 1579-1590.

Mahn, E. G. 1988. Structural changes of weed communities and populations. Vegetatio. 58: 79-85.

Medlin, C.R., D. R. Shaw, M. S. Cox, P. D. Gerard, M. J. Abshire and M. C. Wardlaw. 2001. Using soil parameters to predict weed infestation in soybean. Weed Sci. 49: 367-374.

Metcalfe, H., A. E. Milne, R. Webster, R. M. Lark, A. J. Murdoch and J. Storkey. 2016. Designing a sampling scheme to reveal correlations between weeds and soil properties at multiple spatial scales. Weed Res. 56(1): 1-13.

Metcalfe, H., A. E. Milne, A. J. Murdoch and J. Storkey. 2017. Does variable soil pH have an effect on the within-field distribution of *A. myosuroides*. Asp Appl Biol. 134: 145-150.

Metcalfe, H., A. E. Milne, R. Webster, R. M. Lark, A. J. Murdoch, L. Kanelo and J. Storkey. 2018. Defining the habitat niche of *Alopecurus myosuroides* at the field scale. Weed Res. 58(3): 165-176.

Metcalfe, H., A. E. Milne, K. Coleman, A. J. Murdoch and J. Storkey. 2019. Modelling the effect of spatially variable soil properties on the distribution of weeds. Ecological Modelling. 396: 1-11.

Miller, M. P., M. J. Singer and D. R. Nielsen. 1988. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills. Soil Sci. Soc. Am. J. 52(4): 1133-1141.

Mohammadi, J. 2002. Spatial variability of soil fertility, wheat yield and weed density in a one hectare field in Shahre Kord. J. Agric. Sci. Technol. 4: 83-92.

Murdoch, A.J., Flint, C., Pilgrim, R.A., de la Warr, P.N., Camp, J., Knight, B., Lutman, P., Magri, B., Miller, P., Robinson, T., Sandford, S., Walters, N., 2014. Eyeweed: automating mapping of black-grass (Alopecurus myosuroides) for more precise applications of pre- and post-emergence herbicides and detecting potential herbicide resistance. Asp. Appl. Biol. – Crop Production in Southern Britain: Precision Decisions for Profitable Cropping 127, 151–158 Association of Applied Biologists, Wellesbourne, UK.

Paz, J.O., W. D. Batchelor, G. L. Tylka and R. G. Hartzler. 2001. A modeling approach to quantifying the effects of spatial soybean yield limiting factors. Transactions of the ASAE. 44(5): 1329-1344.

Pierpaoli, E., G. Carli, E. Pignatti and M. Canavari. 2013. Drivers of precision agriculture technologies adoption: A literature review. Procedia Technol. 8: 61-69.

Rizwan, M., M. T. Siddique, H. Ahmed, M. Iqbal and T. Ziad. 2016. Spatial variability of selected physico-chemical properties and macronutrients in the shale and sandsone derived soils. Soil & Environ. 35(1): 12-21.

Usowicz, B. and J. Lipiec. 2017. Spatial variability of soil properties and cereal yield in a cultivated field on sandy soil. Soil & Tillage Res. 174(2017): 241-250.

Studying the spatial relationship between soil properties and wheat yield in the conditions of interference with weeds using geostatistical method

A. Nasiri Dehsorkhi[1], A. Ghanbari [2], H. Makarian[3], M.R. Asghari Pour[2]

Received: 2023-09-16 Accepted: 2023-10-06

Abstract

The aim of this research was to investigate the relationship between physical and chemical properties of soil and wheat yield in the conditions of competition with weeds in Isfahan weather conditions. In the crop year 2019-2020, a field experiment was conducted in the form of a grid system with a distance of 2 x 2 meters. At each grid point, soil characteristics, wheat grain yield and Chenopodium album density were measured. The spatial distribution of the obtained data was investigated using the geostatistical technique. The results showed that soil characteristics, weed density, and wheat yield at the field were not uniformly or randomly distributed, but had patchy or cumulative distribution. The results showed that Chenopodium album had a moderate spatial correlation with soil sand and EC content and a strong spatial correlation with soil potassium, while this weed was found in soils with low amount of phosphorus, clay, silt and pH. The cross-semi-variogram showed that the grain yield has a strong spatial correlation with phosphorus, potassium, pH, and clay traits at the rates of 85.8, 80.0, 80.3, and 80.9, respectively were in the range of 2.9, 3.6, 4.0 and 2.8 meters. The areas where the wheat yield was lower were often in accordance with the areas where the sand and EC content of the soil were the highest. The models fitted on the cross-variograms between the weed population and reverse grain yield of wheat, as well as the drawn maps, showed that the patterns of weed distribution were significantly consistent with the patterns of wheat grain yield change; So that the spatial correspondence between these two variables was 76.4% up to the influence range of 4.2 meters. In total, the results indicated that the grain yield of wheat at the field changed from one place to another, or in other words, it had a patchy distribution that these changes are affected by soil and weed characteristics.

Key words: Chenopodium album, Effect range, Kriging, Patchy distribution

۱ PhD Student of Agroecology, Department of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran

2- Professor, Department of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran

3- Associate Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran