

Investigating the Spatial Relationship of Black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) with Soil Characteristics in Wheat Field Using Geostatistical Relationships

Abbas Nasiri Dehsorkhi¹, Seyed Ahmad Ghanbari², Hassan Makarian³,
Mohammad Reza Asgharipour²

Received: 29 September 2023 Accepted: 11 December 2023

1-PhD Graduate of Agroecology, Dept., of Agronomy, Zabol University, Zabol, Iran.

2- Prof., Dept., of Agronomy, Zabol University, Zabol, Iran.

3- Assoc., Prof., Dept., of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran.

*Corresponding Author Email: drghanbari@uoz.ac.ir

Abstract

Background and Objective: The aim of this research was to investigate the spatial relationship between physical and chemical properties of soil and wheat yield in the conditions of competition with weeds in Isfahan weather conditions.

Materials and Methods: In the crop year 2019-2020, 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, grain yield of wheat and weed density were measured. The spatial distribution of the obtained data was analyzed using the geostatistical technique.

Results: The results showed that the grain yield has a strong spatial correlation with nitrogen, phosphorus, potassium, pH, and silt traits at the rates of 83.9, 78.3, 79.0, 80.1 and 81.7, respectively were in the range of 2.3, 3.2, 3.2, 3.7 and 4.0 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. *Alopecurus myosuroides* had a strong spatial correlation with nitrogen and clay of soil, and moderate spatial correlation with soil sand; while this weed was found in soils with low amount of phosphor, potassium, pH and silt. Spatial correspondence between weed density and reverse grain yield was 60.7% in the effect range of 4.2 meters.

Conclusion: The characteristics of the soil and the weed population in the field change from one place to another, and these variations can cause patchy and uneven distribution of yield in the field. Grain yield showed the highest spatial correlation with soil nitrogen.

Keywords: Kriging, Patchy Distribution, Range, Variogram, Weed Map

بررسی ارتباط مکانی علف هرز دم‌روباهی کشیده (*Alopecurus myosuroides* Huds.) با خصوصیات خاک در مزرعه گندم با استفاده از روابط زمین آماری

عباس نصیری دهرسخی^۱، سید احمد قنبری^{۲*}، حسن مکاریان^۳، محمدرضا اصغری پور^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۰

۱- دانش آموخته دکتری اگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشگاه زابل، زابل، ایران

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

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

*مسئول مکاتبه: Email: drghanbari@uoz.ac.ir

چکیده

اهداف: هدف از این پژوهش، مطالعه ارتباط مکانی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با عملکرد گندم در شرایط رقابت با علف‌های هرز در شرایط آب و هوایی اصفهان بود.

مواد و روش‌ها: در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸، آزمایش مزرعه‌ای در قالب سیستم شبکه‌ای با فاصله ۲ × ۲ متر انجام شد. در هر نقطه شبکه، ویژگی‌های خاک، عملکرد دانه گندم و تراکم علف هرز دم‌روباهی کشیده اندازه‌گیری شد. توزیع مکانی داده‌ها، با استفاده از تکنیک زمین‌آمار مورد تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد عملکرد دانه دارای همبستگی مکانی قوی با صفات نیتروژن، فسفر، پتاسیم، pH و سیلت خاک به ترتیب به میزان ۸۳/۹، ۷۸/۳، ۷۹/۰، ۸۰/۱ و ۸۱/۷ درصد در دامنه تأثیر ۲/۳، ۳/۲، ۳/۲ و ۳/۷ و ۴/۰ متر بود. این در حالی بود که در نقاطی از مزرعه که محتوای شن و EC بالاتری داشت غالباً عملکرد دانه روی نقشه کاهش نشان داد. علف هرز دم‌روباهی کشیده همبستگی مکانی قوی با نیتروژن و رس خاک و همبستگی مکانی متوسط با شن خاک نشان داد. درحالی‌که علف هرز مذکور در نقاطی از مزرعه با مقادیر پایینی از فسفر، پتاسیم، pH و سیلت خاک تراکم بالاتری داشت. همبستگی مکانی بین جمعیت علف هرز دم‌روباهی کشیده و عکس عملکرد دانه گندم برابر با ۶۰/۷ درصد و در دامنه تأثیر ۴/۲ متر بود.

نتیجه‌گیری: ویژگی‌های خاک و جمعیت علف هرز در سطح مزرعه از مکانی به مکان دیگر تغییر می‌کند که این تغییرات می‌تواند توزیع لکه‌ای و غیریکنواخت عملکرد در سطح مزرعه را به همراه داشته باشد. عملکرد دانه، بیشترین همبستگی مکانی را با نیتروژن خاک نشان داد.

واژه‌های کلیدی: توزیع لکه‌ای، دامنه تأثیر، کریجینگ، نقشه علف هرز، واریوگرام

مقدمه

نیاز مردم جهان را تأمین می‌کند (رضا و همکاران ۲۰۲۰).

در ایران گندم از نظر تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین

گندم یکی از مهم‌ترین و باارزش‌ترین محصولات

غذایی جهان است و ۴۰ درصد از انرژی و غذای مورد

محصول کشاورزی است و افزایش محصول آن روزبه-روز مورد توجه بیشتری قرار گرفته است و از نظر اقتصادی و امنیت غذایی مردم از اهمیت بسیاری برخوردار است (اورسجی و همکاران ۲۰۲۳). علف‌های هرز یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد در مزارع گندم محسوب می‌شود (شاکرمی ۲۰۲۰). دم‌روباهی کشیده (*Alopecurus myosuroides* Huds.) یکی از مهم‌ترین علف‌های هرز باریک‌برگ زمستانه است که با بذر تکثیر می‌یابد و از علف‌های هرز مهم مزارع گندم به شمار می‌آید (عدالت و کاظمینی ۲۰۱۳). این علف هرز در بیش از ۳۷ کشور دنیا رشد می‌کند (هولم و همکاران ۱۹۹۷) و توان کاهش عملکرد گندم تا ۴۵٪ را دارد (ویزانتینوپولوس و کاترانیس ۱۹۹۸).

نتایج پژوهش‌های متعددی نشان داده است که علف‌های هرز پراکنش یکنواخت و یا تصادفی ندارند، بلکه غالباً دارای توزیع لکه‌ای هستند (مرادی کل بلندی ۲۰۲۰، فکور شرقی ۲۰۱۳، قیاسی ۲۰۱۳، مکاریان و عباس دخت ۲۰۱۴). 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 ۲۰۲۰). در مطالعه پراکنش مکانی علف‌های هرز تحت تأثیر روش‌های مدیریتی متفاوت و اثر آن بر عملکرد گندم، نتایج نشان داد آرایش لکه‌ای علف‌های هرز باعث توزیع لکه‌ای محتوای کلروفیل برگ، زیست-توده گیاه زراعی و در نهایت عملکرد گیاه زراعی در سطح مزارع گردید (قیاسی ۲۰۱۳). نتایج پژوهشی نشان داد که تراکم علف‌های هرز با عکس عملکرد گندم دارای همبستگی مکانی قوی به میزان ۹۱/۹۰ درصد بود (مرادی کل بلندی ۲۰۲۰). نتایج تحقیق دیگری نشان داد که الگوهای پراکنش جمعیت کل علف‌های هرز به میزان زیادی بر الگوهای تغییر عملکرد زیست‌توده خشک گندم منطبق بودند. به طوری که همبستگی مکانی بین دو متغیر مذکور در مرحله اول و دوم نمونه‌برداری به ترتیب برابر با ۸۹ و ۸۷/۴ درصد بود (مکاریان و حسینی ۲۰۱۱).

محققین گزارش دادند آرایش لکه‌ای علف‌های هرز در مزارع، به میزان زیادی می‌تواند ناشی از تغییر در خصوصیات خاک باشد (مت کالفه و همکاران ۲۰۱۶). در واقع، تغییرات مکانی در خصوصیات خاک بر توزیع مکانی گونه‌ها و تراکم‌های علف هرز تأثیرگذار است (والتر و همکاران ۲۰۰۲). 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). نشان داده شده است که توزیع لکه‌ای علف هرز دم‌روباهی کشیده می‌تواند مرتبط با تغییرات خصوصیات خاک (موردوچ و همکاران ۲۰۱۴ و مت کالفه و همکاران ۲۰۱۶ و ۲۰۱۸) به ویژه ماده آلی خاک، pH و آب باشد (مت کالفه و همکاران ۲۰۱۹). پژوهش‌گران دیگری، همبستگی معنی‌داری بین محتوای رس و تراکم دم‌روباهی کشیده در مزرعه دریافتند (نوردمایر و دانکر ۱۹۹۹).

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 تلی ۲۰۰۴) که در این میان ویژگی‌های خاک دارای اهمیت به‌سزایی است (آقایی پور و همکاران ۲۰۱۹). پایش تغییرات مکانی خصوصیات خاک پیش‌نیاز مدیریت هر اکوسیستمی می‌باشد. وجود تغییرات مکانی در خصوصیات خاک اثرات مهمی در پوشش گیاهی و جوامع زیستی دارد (مرادی کل بلندی ۲۰۲۰). 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 ۲۰۱۵). پژوهش‌گران اظهار داشتند با آگاهی از تغییرات مکانی ازت کل خاک می‌توان تغییرات مکانی عملکرد گندم را کمی نمود و آن را به صورت نقشه زمین‌آماری برای اهداف مدیریتی به کار گرفت (واعظی و همکاران ۲۰۱۷). نقشه-های 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).

کشیده، جودره (*Hordeum spontaneum* Koch.) و سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) بودند که در این پژوهش، علف هرز دم‌روباهی کشیده به عنوان غالب‌ترین گونه مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌برداری از جمعیت علف هرز دم‌روباهی کشیده و هم‌چنین عملکرد دانه گندم، روی شبکه علامت‌گذاری شده مربعی (گرید) به ابعاد 2×2 متر و در مجموع در 1.4 نقطه در مزرعه انجام شد. نمونه‌برداری از عملکرد دانه گندم و تراکم علف هرز با استفاده از کادرهایی به ابعاد 0.25×0.25 مترمربع (50×50 سانتی‌متر) در محل تقاطع خطوط شبکه صورت گرفت. هم‌چنین نمونه‌برداری از صفات مورد بررسی خاک شامل عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، EC، pH، درصد رس، سیلت و شن نیز با استفاده از کوادرات‌های ثابت به ابعاد 0.25×0.25 مترمربع انجام گردید. محل‌های نمونه‌برداری از عملکرد دانه گندم و علف هرز با محل‌های نمونه‌برداری از خصوصیات خاک منطبق بود.

یکی از خصوصیات مشترک داده‌های حاصل از یک متغیر محیطی (مانند صفات مختلف گندم و علف هرز) همبستگی مکانی بین آن‌ها است، بدین‌معنی که مشاهدات نزدیک به هم در مقایسه با داده‌هایی که با فاصله زیادی از یکدیگر واقع شده‌اند دارای شباهت و همسانی بیشتری می‌باشند. این وابستگی مکانی بین نمونه‌ها را می‌توان بصورت یک مدل ریاضی تحت عنوان سمی‌واریوگرام یا نیم‌تغییرنما (رابطه ۱) توصیف کرد (محمدی ۲۰۰۲).

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

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 ($C_0 + C$) یا

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 ۲۰۱۵). در همین راستا، مطالعه 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

پژوهش در مزرعه‌ای واقع در شهرستان مبارکه (با طول جغرافیایی 51° درجه و 27° دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی 32° درجه و 21° دقیقه شمالی و ارتفاع 1690 متر از سطح دریا) استان اصفهان در سال زراعی $99-1398$ و با استفاده از روش زمین‌آمار انجام شد. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه، شهرستان مبارکه دارای اقلیم خشک سرد و بر اساس روش آماری تحلیل‌های چند متغیره دارای اقلیم نیم سرد و خشک می‌باشد. در این مزرعه هیچ عملیات مدیریتی برای کنترل علف‌های هرز انجام نشد. علف‌های هرز غالب مزرعه، دم‌روباهی

که در آن $N(h)$: زوج نمونه‌ای است که به فاصله‌ی h از یکدیگر واقع شده‌اند. $Z(x_i)$: مقدار متغیر در موقعیت x_i ، $Z(x_i+h)$: مقدار متغیر مورد مطالعه در موقعیت x_i+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

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 متغییر مورد نظر کاسته شده و همبستگی مکانی قوی‌تری پدیدار می‌شود. زمانی که 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 حد آستانه بیان شود نشان‌دهنده درصد همبستگی مکانی است. برای محاسبه درصد همبستگی مکانی از رابطه ۲ استفاده شد (کاردینا و همکاران ۱۹۹۶).

(مجانِب^۱: A)، با افزایش یافتن فاصله h مقدار واریوگرام-ها 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 حد آستانه است و برای پیش‌بینی دامنه تأثیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. دامنه تأثیر^۲ (A₀)، 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 مبدأ^۲ (I) یا اثر قطعه‌ای (C₀)، مقداری است که در اثر تغییرات غیر قابل پیش‌بینی یا خطاهای ذاتی نمونه‌برداری حادث

$$\text{Autocorrelation}(\%) = \left[\frac{\text{Asymptote} - \text{Intercept}}{\text{Asymptote}} \right] \times 100 \quad (2)$$

روشی دانست که طی آن به مجموعه نمونه‌ها به گونه‌ای وزن آماری داده می‌شود که ترکیب خطی آن‌ها نه تنها ناریب شود بلکه در بین سایر تخمین‌گرها حداقل واریانس را داشته باشد. دستگاه معادلات کریجینگ را می‌توان به منظور برآورد نقطه‌ای و یا برآورد قطعه‌ای انجام داد (محمدی، ۲۰۰۲ و ایساکز و سریواستوا ۱۹۸۹). 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 (کولیاخ و همکاران ۲۰۰۰).

که در آن Autocorrelation (%) یا درصد همبستگی مکانی، Asymptote یا مجانِب 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 است که واریانس تخمین حداقل گردد. کریجینگ را می‌توان

$$\gamma_{AB}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [ZA(X_i) - ZA(X_i + h) \times ZB(X_i) - ZB(X_i + h)] \quad (3)$$

³ Intercept

¹ Asymptote

² Range

نتایج و بحث

خلاصه آماری ویژگی‌های 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 ۲۰۱۵). خلاصه آماری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

که در آن $AB(h)$: کراس سمی‌واریوگرام برای مکان‌های نمونه‌برداری است که به فاصله h از یکدیگر واقع شده است. $ZB(xi)$ و $ZA(xi)$ به ترتیب مقدار دو متغیر (مثلاً تراکم جمعیت علف هرز و عملکرد گندم) در نقاط X و Xh می‌باشد. بدین ترتیب 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 مدل و برآورد کریجینگ با استفاده از نرم‌افزار Variowin انجام شد.

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

صفات	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد	ضریب تغییرات (%)
نیترژن	درصد	۰/۰۱۱	۰/۰۲۱	۰/۰۱۵	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۰۲	۱۴/۶
فسفر	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۹/۵	۱۴/۸	۱۱/۸	۱/۵۱	۰/۱۴	۱۲/۷
پتاسیم	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۱۶۹/۱	۱۹۵/۹	۱۸۴/۹	۷/۷۹	۰/۷۶	۴/۲
pH	-	۷/۶۹	۷/۹۵	۷/۸۶	۰/۰۹	۰/۰۰۸	۱/۱
EC	دسی‌زیمنس بر متر	۲/۸۷	۳/۱۳	۲/۹۵	۰/۰۷	۰/۰۰۶	۲/۳
رس	درصد	۱۴/۹	۲۶/۲	۲۲/۲	۳/۱۷	۰/۳۱	۱۴/۲
سیلت	درصد	۱۵/۷	۳۳/۰	۲۳/۰	۳/۴۰	۰/۳۳	۱۴/۷
شن	درصد	۵۱/۱	۶۰/۲	۵۴/۷	۲/۳۷	۰/۲۳	۴/۳

میلی‌گرم بر کیلوگرم و ضریب تغییرات این متغیر نیز برابر با ۴/۲ درصد بود (جدول ۱). در بین عوامل مربوط به خاک نقش عناصر غذایی از جمله عناصر پرمصرف از اهمیت بیشتری برخوردار است زیرا این عوامل به راحتی قابل تغییرند و می‌توان با تغییر آن‌ها، تغییرات قابل توجهی را در کمیت و کیفیت گیاهان ایجاد نمود (خزائی ۲۰۱۶). در پژوهشی، تغییرپذیری عناصر غذایی خاک نشان داد نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم به ترتیب دارای بیشترین به کمترین ضریب تغییرات بودند (بهمنی و همکاران ۲۰۱۹) که گزارش این محققین هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر (جدول ۱) می‌باشد.

بر اساس توصیف آماری داده‌ها، میانگین pH خاک، برابر با ۷/۸۶ بود. مقادیر حداقل و حداکثر pH خاک به

نتایج آماری داده‌ها نشان داد حداقل، حداکثر و میانگین نیتروژن خاک در مزرعه به ترتیب برابر با ۰/۰۱۱، ۰/۰۲۱ و ۰/۰۱۵ درصد بود. ضریب تغییرات این متغیر نیز برابر با ۱۴/۶ درصد به دست آمد. بالا بودن ضریب تغییرات نیتروژن خاک نشان‌دهنده تغییرات نسبتاً زیاد این ویژگی بین نقاط نمونه‌برداری بود (جدول ۱). بر اساس توصیف آماری داده‌ها، میانگین فسفر خاک برابر با ۱۱/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. مقادیر حداقل و حداکثر فسفر خاک به ترتیب برابر با ۹/۵ و ۱۴/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ضریب تغییرات این متغیر نیز ۱۲/۷ درصد به دست آمد (جدول ۱). خلاصه آماری داده‌های خاک نشان داد پتاسیم خاک مزرعه بین ۱۶۹/۱ و ۱۹۵/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر بود. میانگین پتاسیم خاک برابر با ۱۸۴/۹

پس از بررسی آمار توصیفی داده‌ها که به منظور شناخت بیشتر متغیر انجام می‌گیرد، لازم است که همبستگی مکانی داده‌ها بررسی گردد (بایزیدی ۲۰۱۵). به عبارت دیگر، آماره‌های توصیفی مانند اطلاعاتی که 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 ۲۰۱۶). در این راستا، استفاده از علم زمین‌آمار می‌تواند کارگشا باشد چرا که درک بهتری از الگوی تغییرپذیری متغیرها را فراهم می‌آورد (وبستر و اولیور ۲۰۰۱). بنابراین، در ادامه توزیع مکانی ویژگی‌های خاک، جمعیت علف هرز دم‌روباهی کشیده، عملکرد دانه گندم و همچنین همبستگی مکانی که بین این متغیرها وجود دارد، ارائه گردید.

توزیع مکانی ویژگی‌های خاک

همبستگی مکانی برای نیتروژن خاک در مزرعه مورد بررسی، با استفاده از تجزیه و تحلیل سمی‌واریوگرام محاسبه شد. برآزش مدل‌های سمی‌واریوگرام نشان داد که نیتروژن خاک در سطح مزرعه از مکانی به مکان دیگر تغییر می‌نمود یا به عبارتی دارای توزیع لکه‌ای یا تجمعی بود، به طوری که همبستگی مکانی متوسط به میزان ۵۰/۰ درصد در دامنه تأثیر ۵۱/۰ متر برای الگوهای توزیع نیتروژن خاک در سطح مزرعه توسط مدل نمایی سمی-واریوگرام بدست آمد (جدول ۲).

ترتیب با ۷/۶۹ و ۷/۹۵ نشان‌دهنده تغییرات بسیار کم این ویژگی بین نقاط نمونه‌برداری بود، به طوری که در بین صفات مورد مطالعه، کمترین ضریب تغییرات (۱/۱) درصد) مربوط به pH خاک بود (جدول ۱). در مطالعه‌ای که با هدف بررسی توزیع مکانی برخی ویژگی‌های خاک در برخی از اراضی زراعی استان اصفهان انجام شد، نتایج نشان داد در بین ویژگی‌های مورد مطالعه شوری زیادترین ضریب تغییرات (۸۶/۰۷) و pH کمترین ضریب تغییرات (۲/۷۵) را داشت (مشایخی و مرجوی ۲۰۲۳). در پژوهش دیگری که بر روی گندم صورت گرفت، پژوهش-گران گزارش دادند در بین متغیرهای مورد مطالعه، pH دارای کمترین ضریب تغییرات (۰/۵۹ درصد) و عملکرد دانه دارای بیشترین ضریب تغییرات (۲۰/۴۰ درصد) بود (ایوبی و همکاران ۲۰۱۰).

خلاصه آماری داده‌ها نشان داد EC خاک مزرعه بین ۲/۸۷ و ۳/۱۳ دسی زیمنس بر متر متغیر بود. میانگین EC خاک برابر با ۲/۹۵ دسی زیمنس بر متر و ضریب تغییرات این متغیر نیز برابر با ۲/۳ درصد بود (جدول ۱). حداقل، حداکثر و میانگین برای رس خاک مزرعه به ترتیب برابر با ۱۴/۹، ۲۶/۲ و ۲۲/۲ درصد، برای سیلت به ترتیب برابر با ۱۵/۷، ۳۳/۰ و ۲۳/۰ درصد و برای شن به ترتیب برابر با ۵۱/۱، ۶۰/۲ و ۵۴/۷ درصد بود. مقادیر ضریب تغییرات برای محتوای رس، سیلت و شن خاک نیز به ترتیب برابر با ۱۴/۲، ۱۴/۷ و ۴/۳ درصد بود (جدول ۱).

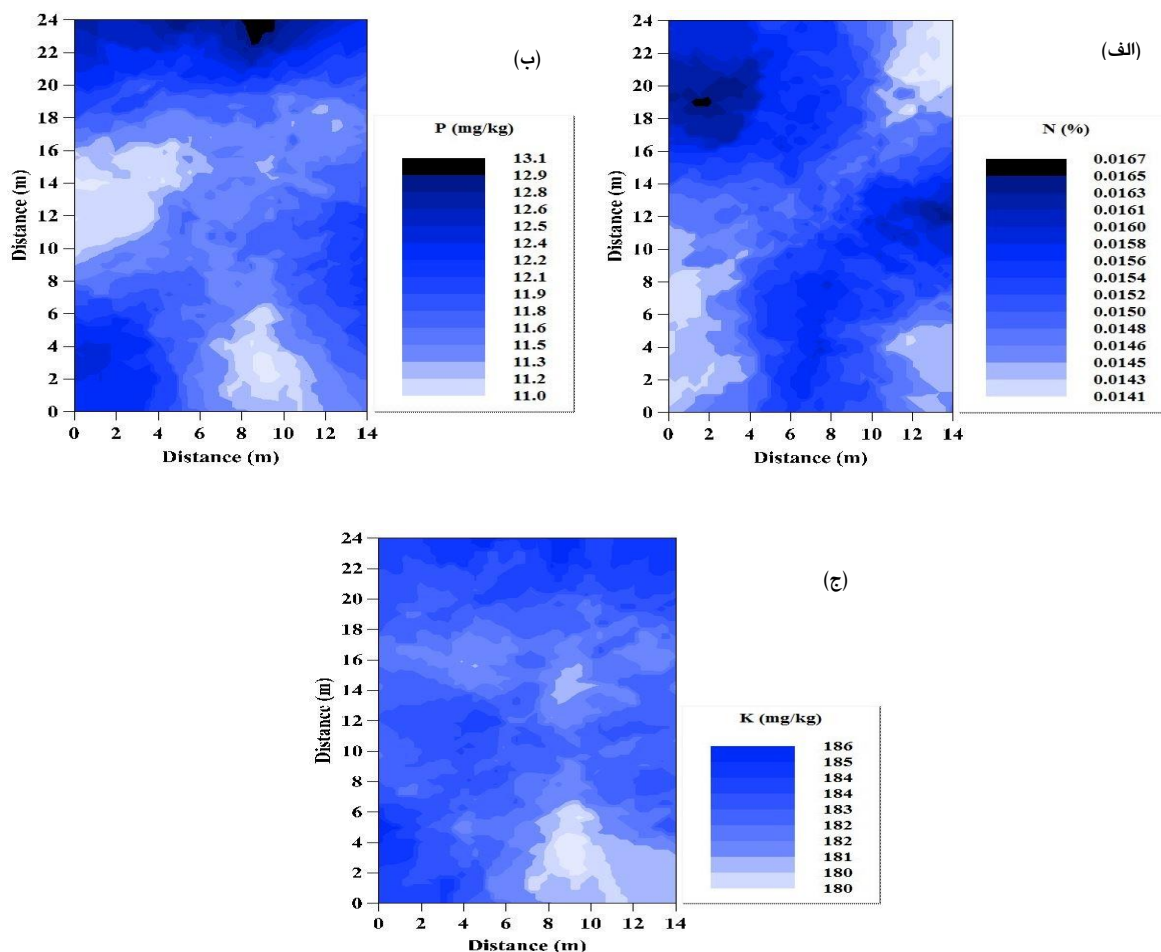
جدول ۲- ضرایب مدل‌های برآزش داده شده بر سمی‌واریوگرام‌های تجربی برای ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

صفات	مدل	عرض از مبدا	مجانِب	دامنه تأثیر (m)	همبستگی (%)	کلاس مکانی	r ²
نیتروژن	نمایی	۰/۰۰۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۰۰۸۲	۵۱/۰	۵۰/۰	متوسط	۰/۱۷
فسفر	نمایی	۰/۰۱۱۴۸	۰/۰۲۳۰۶	۵۱/۰	۵۰/۲	متوسط	۰/۲۳
پتاسیم	خطی	۰/۰۰۱۷۵۳	۰/۰۰۱۸۳۱	۲۰/۸	۴/۲	ضعیف	۰/۰۳
pH	خطی	۰/۰۰۰۱۰۸۸	۰/۰۰۰۱۰۸۸	۲۰/۸	۰	ضعیف	۰/۱۰
EC	کروی	۰/۰۰۰۲۳۴۴	۰/۰۰۰۴۶۹۸	۲۲/۱	۵۰/۱	متوسط	۰/۹۴
رس	کروی	۰/۰۱۵۵۷	۰/۰۳۵۸۴	۴۶/۰	۵۶/۵	متوسط	۰/۹۲
سیلت	کروی	۰/۰۱۵۷	۰/۰۳۱۵	۵۱/۰	۵۰/۱	متوسط	۰/۸۷
شن	نمایی	۰/۰۰۱۴۵۸	۰/۰۰۲۹۸۶	۴۴/۳	۵۱/۱	متوسط	۰/۶۲

یا یکنواختی نداشت، بلکه دارای توزیع لکه‌ای یا تجمعی بود. سمی‌واریوگرام برازش داده شده برای فسفر خاک با مدل نمایی مطابقت داشت (جدول ۲). نتایج نشان داد همبستگی مکانی متوسط به میزان ۵۰/۲ درصد در دامنه تأثیر ۵۱/۰ متر برای فسفر خاک به دست آمد. دامنه تأثیر زیاد فسفر خاک نشان می‌دهد که لکه‌های طویلی با مقادیر کم و یا زیاد در سطح مزرعه وجود دارند (شکل ۱). عوامل مدیریتی نظیر کاربرد کود فسفر، تخلیه آن توسط گیاه زراعی و علف‌های هرز در سال‌های قبل و میزان قابل دسترس بودن آن در سال‌های قبل می‌تواند بر الگوهای تغییر این عنصر در خاک تأثیرگذار باشد، اما عدم تحرک آن در نهایت تأثیر بیشتری بر الگوهای توزیع آن خواهد داشت (مرادی کل بلندی ۲۰۲۰).

در پژوهشی که بر روی گندم انجام شد، نتایج نشان داد دامنه تأثیر سمی‌واریوگرام برای نیتروژن خاک ۲۱۱ متر بدست آمد و مدل برازش یافته بر این متغیر از نوع نمایی بود (مرادی کل بلندی ۲۰۲۰). دامنه تأثیر بزرگ‌تر دلالت بر ساختار مکانی گسترده‌تر، پراکنش پیرایشی‌تر (رونددار) و در حقیقت پیوستگی مکانی بیشتر در مقادیر متغیر مورد نظر دارد (افشار و همکاران ۲۰۰۹). با توجه به تحت تأثیر قرار گرفتن نیتروژن خاک بوسیله عواملی مانند آبیاری، بارندگی یا برداشت توسط گیاه زراعی، بنابراین انتظار می‌رود که لکه‌های ناپایداری از توزیع این عنصر در خاک مزارع وجود داشته باشد (مرادی کل بلندی ۲۰۲۰).

برازش مدل‌های سمی‌واریوگرام حاکی از آن بود که فسفر خاک در سطح مزرعه مورد مطالعه، توزیع تصادفی

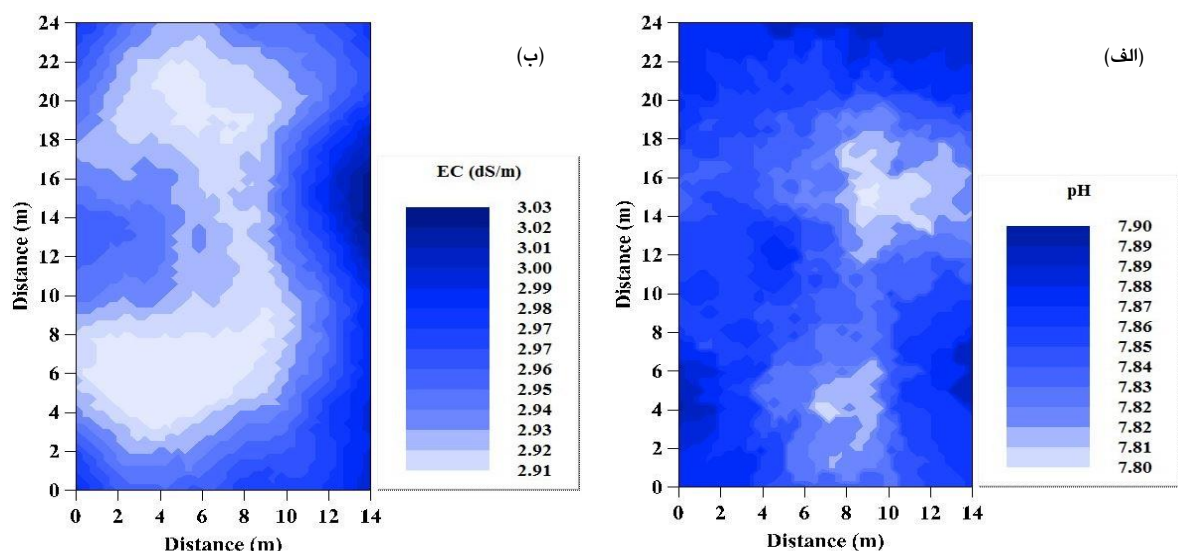


شکل ۱- نقشه‌های توزیع نیتروژن (الف)، فسفر (ب) و پتاسیم (ج) خاک در مزرعه گندم

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک برای گیاه گندم انجام شد، نتایج نشان داد pH، کمترین وابستگی مکانی را با دامنه ۱۹/۱ متر در منطقه مورد مطالعه نشان داد (بیژن زاده و همکاران ۲۰۱۴). 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 ۲۰۱۹).

برازش مدل سمی‌واریوگرام نشان داد که EC خاک در سطح مزرعه مورد مطالعه، توزیع تصادفی یا یکنواختی نداشت، بلکه از آرایش لکه‌ای برخوردار بود. اجزای سمی‌واریوگرام‌ها به منظور بررسی همبستگی مکانی مورد استفاده قرار گرفتند و همبستگی مکانی متوسط به میزان ۵۰/۱ درصد در دامنه تأثیر ۲۲/۱ متر برای EC خاک مشاهده شد (جدول ۲).

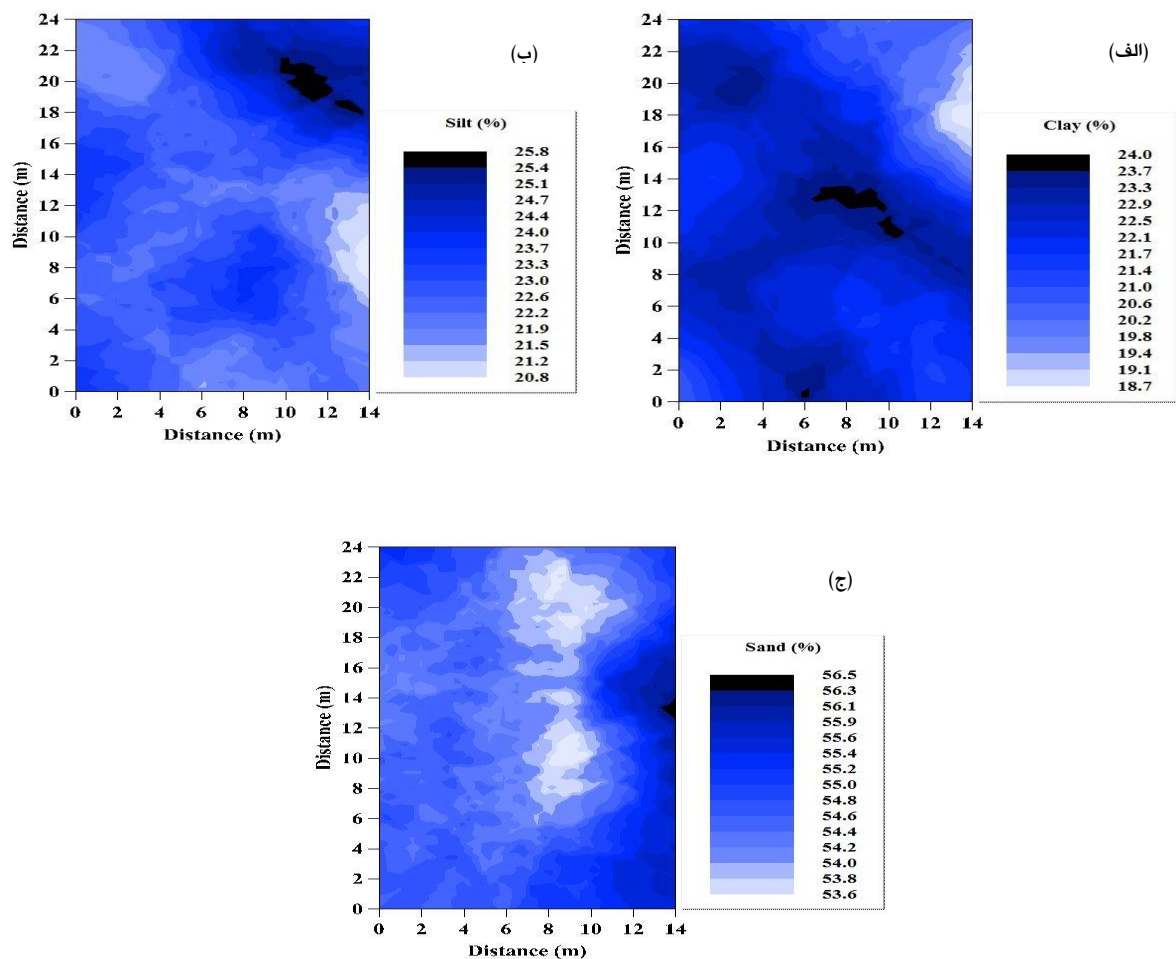
نتایج حاکی از آن بود سمی‌واریوگرام برازش داده شده بر محتوای پتاسیم خاک با مدل خطی سازگاری داشت (جدول ۲). برازش مدل سمی‌واریوگرام نشان داد که پتاسیم خاک در سطح مزرعه، دارای همبستگی مکانی ضعیف به میزان ۴/۲ درصد بود. در بین صفات مورد بررسی، پایین‌ترین دامنه تأثیر (۲۰/۸ متر) مربوط به پتاسیم خاک بود (جدول ۲). دامنه تأثیر کوتاه به دست آمده از واریوگرام بیانگر لکه‌های کوچک پتاسیم خاک مزرعه می‌باشد که در شکل ۱ نیز مشهود است. در راستای نتایج پژوهش حاضر، محققین گزارش دادند پتاسیم خاک در مقایسه با نیتروژن و فسفر دارای دامنه تأثیر کوچک‌تری بود (بهمنی و همکاران ۲۰۱۹). تفاوت در عملیات مدیریتی، سابقه گیاهان تناوبی در مزرعه و در کنار سایر عوامل اقلیمی و البته مقیاس نمونه‌برداری و مزرعه می‌تواند دلیل تفاوت در دامنه تأثیر پراکنش پتاسیم در مزارع مختلف باشد (مرادی کل بلندی ۲۰۲۰). اجزای سمی‌واریوگرام‌ها به منظور بررسی همبستگی مکانی pH خاک مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج نشان داد سمی‌واریوگرام برازش داده شده برای pH خاک با مدل خطی مطابقت داشت. همبستگی مکانی برابر صفر برای pH خاک، بیانگر توزیع کاملاً تصادفی و البته تغییرات بسیار اندک این متغیر در دامنه مورد نظر بود (جدول ۲). در مطالعه‌ای که با هدف بررسی مکانی



شکل ۲- نقشه‌های توزیع pH (الف) و EC (ب) خاک در مزرعه گندم

خاک با مدل کروی و برای محتوای شن خاک با مدل نمایی مطابقت داشت (جدول ۲). برآزش مدل‌های سمی- واریوگرام نشان داد که بافت خاک در سطح مزرعه از مکانی به مکان دیگر تغییر می‌نمود یا به عبارتی دارای توزیع لکه‌ای یا تجمعی بود. به طوری که همبستگی مکانی متوسط به میزان ۵۶/۵، ۵۰/۱ و ۵۱/۱ درصد در دامنه تأثیر ۴۶/۰، ۵۱/۰ و ۴۴/۳ متر به ترتیب برای الگوهای توزیع رس، سیلت و شن خاک در سطح مزرعه توسط مدل سمی واریوگرام بدست آمد (جدول ۲). نتایج تحقیقی نشان داد درصد شن، سیلت و رس خاک دارای ساختار مکانی قوی بودند. در حالی که pH خاک و کربن آلی دارای ساختار مکانی متوسطی بودند (کرمی و افضل‌نیا ۲۰۱۸).

در مطالعه‌ای که به منظور مطالعه توزیع مکانی خصوصیات خاک در بعضی اراضی زراعی استان اصفهان انجام شد، محققین گزارش دادند از بین صفات مورد بررسی، EC کمترین مقدار دامنه تأثیر را داشت. کم بودن دامنه تأثیر را می‌توان به عوامل مدیریتی (تغییر کاربری، مدیریت آبیاری، شخم، کود دهی و ...) ارتباط داد (مشایخی و مرجوی ۲۰۲۳). در پژوهش دیگری که بر روی گندم انجام شد، برآزش مدل بر هدایت الکتریکی خاک (EC) از آن بود که ظرفیت هدایت الکتریکی در دامنه تأثیر ۱۹۲/۶ متر همبستگی مکانی قوی به میزان ۹۷/۲۹ درصد نشان داد (مرادی کل بلندی ۲۰۲۰). همبستگی مکانی برای بافت خاک مزرعه، با استفاده از تجزیه و تحلیل سمی واریوگرام محاسبه شد. سمی- واریوگرام برآزش داده شده برای محتوای رس و سیلت



شکل ۳- نقشه‌های توزیع محتوای رس (الف)، سیلت (ب) و شن (ج) خاک در مزرعه گندم

توزیع مکانی علف هرز دم‌روباهی کشیده

بر اساس توصیف آماری داده‌ها، میانگین جمعیت علف هرز دم‌روباهی کشیده برابر با ۳/۳۰ بوته در مترمربع بود. مقادیر حداقل و حداکثر جمعیت این علف هرز به ترتیب با صفر و ۳۲/۰ بوته در مترمربع بیانگر

تغییرات بسیار زیاد این متغیر بین نقاط نمونه‌برداری بود. همچنین نتایج حاکی از آن بود که ۶۹/۲ درصد نقاط نمونه‌برداری عاری از علف هرز دم‌روباهی کشیده بود (جدول ۳).

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

صفات	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد	ضریب تغییرات (%)	نقاط عاری از علف هرز (%)
تراکم دم‌روباهی	تعداد در مترمربع	۰	۳۲	۳/۳۰	۶/۴۶	۰/۶۳	۱۹۵/۷	۶۹/۲
عملکرد گندم	گرم در مترمربع	۱۴۹/۵	۲۲۹/۸	۱۹۹/۳	۲۸/۹۵	۲/۸۴	۱۴/۵	-

در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد نواحی آلوده به علف هرز پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L. بین سال‌ها و محصولات، به طور قابل توجهی متغیر بود. در حدود ۶۳ و ۵۲ درصد از کل منطقه در سال‌های کشت آفتابگردان (۲۰۰۰ و ۲۰۰۲) و در حدود ۳۷ و ۱۸ درصد از کل منطقه در سال‌های کشت گندم (۱۹۹۹ و ۲۰۰۱)، عاری از علف هرز پیچک صحرایی بود (جورادو-اکسپوزیتو و همکاران ۲۰۰۴). جمعیت علف‌های هرز در هر مزرعه با توجه به نوع گونه علف هرز و همچنین سوابق مدیریت‌های اعمال شده در مزرعه متغیر است، ولی درصد نقاط بدون علف هرز می‌تواند مدیریت متناسب با مکان را در هر مزرعه امکان‌پذیر نماید (مکاریان ۲۰۰۸). در مطالعه حاضر نیز به دلیل اینکه

درصد قابل توجهی از مزرعه گندم، بدون علف هرز دم‌روباهی کشیده می‌باشد، بنابراین پتانسیل کاربرد لکه‌ای علف‌کش و متعاقباً کاهش مصرف علف‌کش در این مزرعه وجود داشته است.

سمی‌واریوگرام برازش داده شده برای جمعیت علف هرز دم‌روباهی کشیده، با مدل نمایی مطابقت داشت (جدول ۴). برازش مدل‌های سمی‌واریوگرام نشان داد که جمعیت علف هرز دم‌روباهی کشیده در سطح مزرعه از مکانی به مکان دیگر تغییر می‌نمود و دارای آرایش لکه‌ای بود. اجزای سمی‌واریوگرام‌ها به منظور بررسی همبستگی مکانی مورد استفاده قرار گرفتند و همبستگی مکانی متوسط به میزان ۵۰/۰ درصد برای جمعیت علف هرز دم‌روباهی کشیده به دست آمد (جدول ۴).

جدول ۴- ضرایب مدل‌های برازش داده شده بر سمی‌واریوگرام‌های تجربی برای تراکم علف هرز دم‌روباهی کشیده و عملکرد دانه گندم

صفات	مدل	عرض از مبدا	مجانب	دامنه تأثیر (m)	همبستگی (%)	کلاس مکانی	r ²
تراکم دم‌روباهی	نمایی	۱/۰۳۷	۲/۰۷۵	۵۱/۰	۵۰/۰	متوسط	۰/۱۷
عملکرد گندم	نمایی	۰/۰۱۸۸۹	۰/۰۳۷۸۸	۵۱/۰	۵۰/۱	متوسط	۰/۱۸

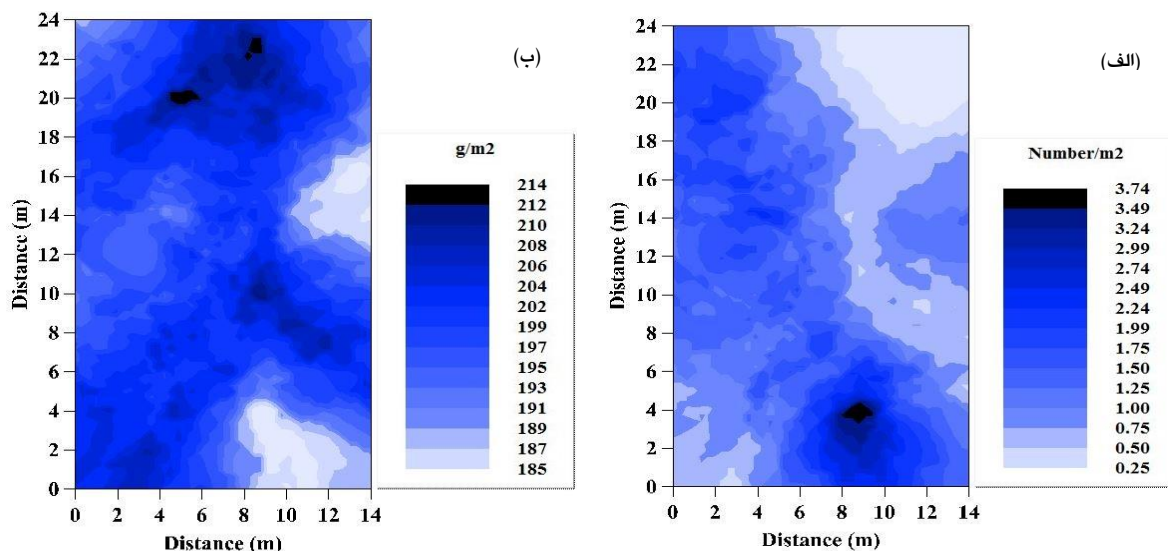
در پژوهشی که با هدف مطالعه پراکنش مکانی علف‌های هرز و اثر آن بر گندم انجام شد، نتایج حاکی از آن بود که کلیه علف‌های هرز همبستگی مکانی یا پراکنش

لکه‌ای نشان دادند. واریوگرام‌های علف‌های هرز نیز غالباً با مدل‌های کروی و نمایی مطابقت داشتند. در مدل‌های کروی همبستگی مکانی در دامنه تأثیر کمتری نسبت به

که از آن به بعد نمونه‌ها بر هم تأثیر ندارند و مقادیر مشاهده شده یا نمونه‌برداری شده را می‌توان مستقل از یکدیگر دانست. به عبارتی دیگر چنین فاصله‌ای، حد همبستگی مکانی و متغیر مورد مطالعه را مشخص می‌سازد (غلامی گل افشان و همکاران ۲۰۰۹). در پژوهشی که بر روی گندم انجام شد، نتایج نشان داد پارامترهای مدل‌های واریوگرام بسته به گونه علف هرز و همچنین مرحله نمونه‌برداری متفاوت بودند؛ به طوری که دامنه تأثیر از ۱/۲ تا ۱۶/۹۰ متر بسته به گونه علف هرز و مرحله نمونه‌برداری تغییر کرد (مکاریان و حسینی ۲۰۱۱).

مدل‌های نمایی حاصل می‌شود (مکاریان و حسینی ۲۰۱۱). در پژوهش دیگری که بر روی گندم انجام شد، برآزش مدل‌ها نشان داد که جمعیت کل علف‌های هرز مزرعه دارای الگوی پراکنش لکه‌ای قوی بود، به طوری که همبستگی مکانی ۷۷/۰۷ درصد برای الگوهای توزیع جمعیت مجموع علف‌های هرز بدست آمد (مرادی کل بلندی ۲۰۲۰).

بر اساس مدل‌های برآزش داده شده، دامنه تأثیر برای تراکم علف هرز دم‌روباهی کشیده برابر با ۵۱/۰ متر به دست آمد (جدول ۴). فاصله‌ای که در آن واریوگرام به حد ثابت و مشخص می‌رسد اصطلاحاً دامنه نامیده می‌شود و در حقیقت قطر یک لکه علف هرز را نشان می‌دهد



شکل ۴- نقشه‌های توزیع جمعیت علف هرز دم‌روباهی کشیده (الف) و عملکرد دانه گندم (ب)

دیگری که بر روی گندم صورت گرفت، پژوهشگران گزارش دادند در بین متغیرهای مورد مطالعه، pH دارای کمترین ضریب تغییرات (۰/۵۹ درصد) و عملکرد دانه دارای بیشترین ضریب تغییرات (۲۰/۴۰ درصد) بود (ایوبی و همکاران ۲۰۱۰).

همبستگی مکانی برای عملکرد دانه گندم، با استفاده از تجزیه و تحلیل سمی واریوگرام محاسبه شد. برآزش مدل‌های سمی واریوگرام نشان داد که عملکرد دانه در سطح مزرعه از مکانی به مکان دیگر تغییر می‌نمود یا به عبارتی دارای پراکنش لکه‌ای بود، به طوری که همبستگی مکانی متوسط به میزان ۵۰/۱ درصد در دامنه تأثیر ۵۱/۰

توزیع مکانی عملکرد دانه گندم

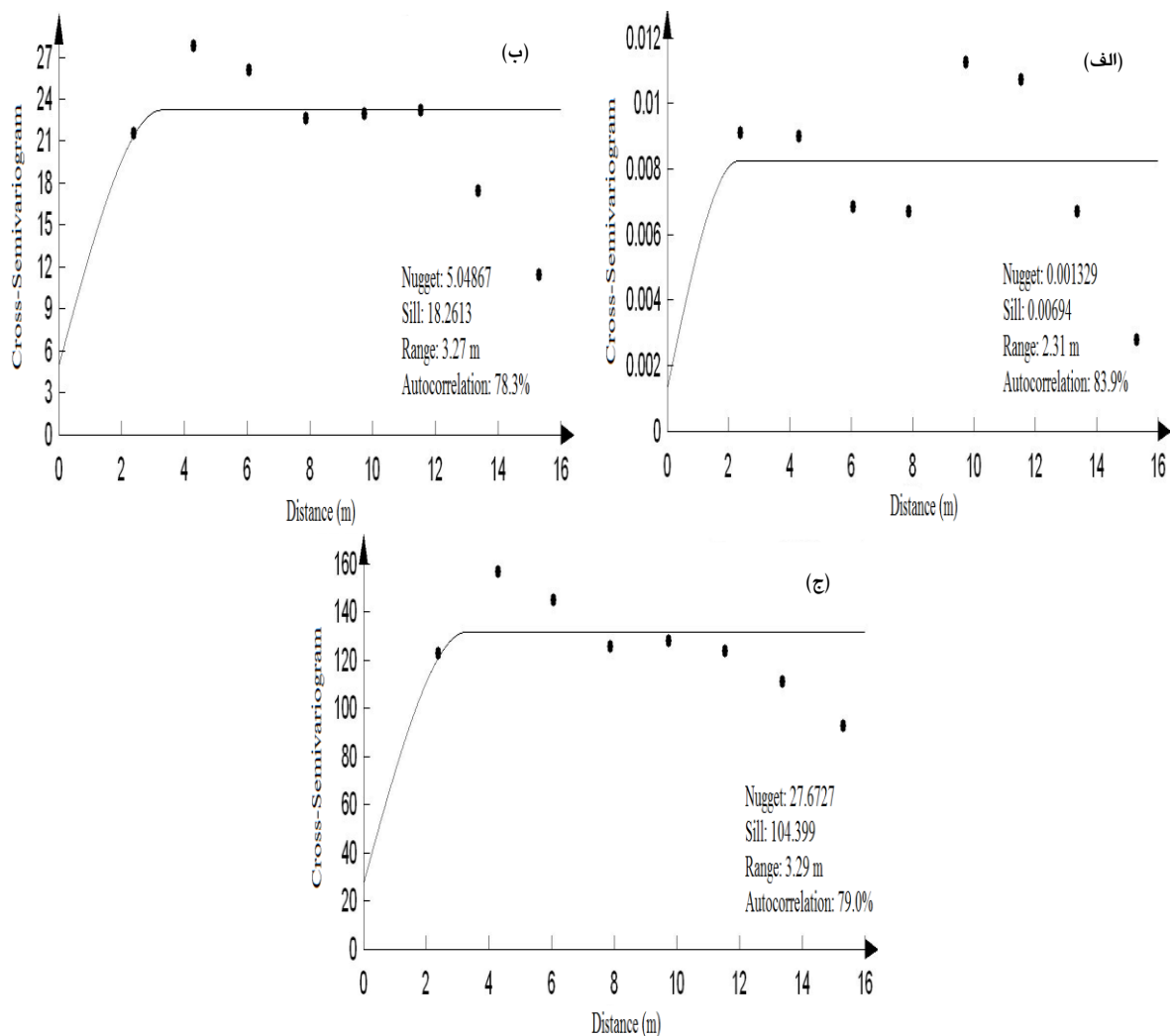
خلاصه آماری داده‌ها نشان داد عملکرد دانه گندم بین ۱۴۹/۵ و ۲۲۹/۸ گرم در مترمربع متغیر بود. میانگین عملکرد دانه گندم برابر با ۱۹۹/۳ گرم در مترمربع و ضریب تغییرات این متغیر نیز برابر با ۱۴/۵ درصد بود (جدول ۳). در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد نوسانات مکانی عملکرد گندم بین ۴/۹-۱/۵ با میانگین ۳/۳ تن در 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 ۴۱ درصد بود (نصیری محلاتی و همکاران ۲۰۱۶). در پژوهش

آن‌ها بین ۰/۵ تا بیشتر از ۴ تن در هکتار بود (کوک و براملی ۲۰۰۰).

ارتباط مکانی عملکرد دانه گندم و ویژگی‌های خاک

با ترسیم کراس سمی‌واریوگرام سمی‌واریوگرام‌ها میزان همبستگی مکانی بین عملکرد دانه گندم و ویژگی‌های خاک، مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور مدل‌های کروی بر داده‌های خاک و عملکرد گندم در مزرعه مورد مطالعه، برازش داده شد. نتایج نشان داد کراس سمی‌واریوگرام برازش داده شده بین عملکرد دانه و نیتروژن خاک در دامنه ۲/۳ متر، ۸۳/۹ درصد همبستگی مکانی قوی نشان داد (شکل ۵).

متر برای الگوهای توزیع عملکرد دانه در سطح مزرعه توسط مدل نمایی سمی‌واریوگرام بدست آمد (جدول ۴). در پژوهشی، نتایج آنالیز سمی‌واریوگرام نشان داد که عملکرد دانه گندم در سطح مزرعه دارای پراکنش لکه‌ای بود. نقشه توزیع عملکرد دانه گندم نیز حاکی از آن بود که در بخش‌هایی از مزرعه، عملکرد دانه به ۳/۴ تن در هکتار می‌رسید این درحالی بود که در بخش‌های وسیعی از مزرعه عملکرد به زیر ۲ تن و در بعضی نقاط حتی به یک تن می‌رسید (مرادی کل بلندی ۲۰۲۰). در پژوهش دیگری، محققین با تهیه نقشه‌های عملکرد گندم نشان دادند که تغییرات مکانی عملکرد در مزرعه مورد مطالعه

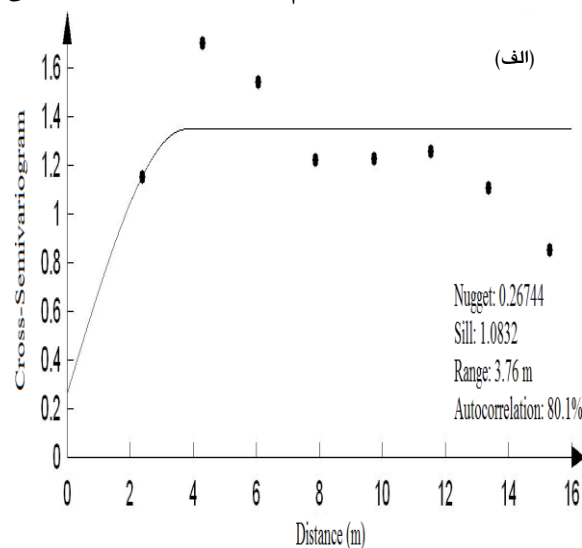
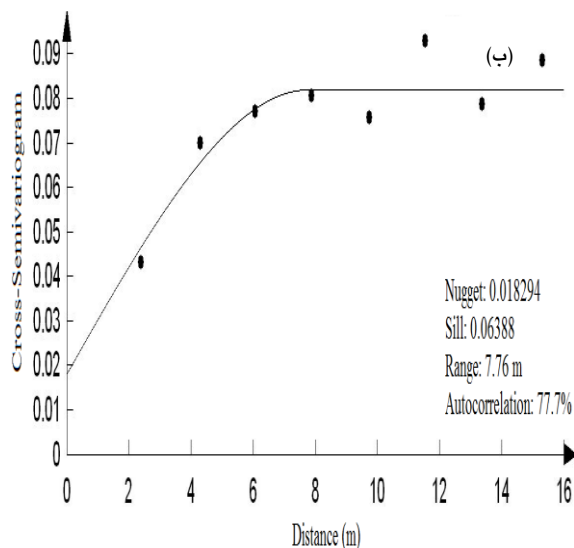


شکل ۵- برازش مدل‌های کروی کراس سمی‌واریوگرام بین عملکرد دانه و نیتروژن خاک (الف)، عملکرد دانه و فسفر خاک (ب) و عملکرد دانه و پتاسیم خاک (ج)

مکانی قوی (۸۳/۳۳ درصد) نشان داد. هم‌چنین همبستگی مکانی عملکرد دانه گندم با پتاسیم خاک متوسط (۳۳/۳۳ درصد) و در دامنه حدود ۲۳ متر مشاهده شد (مرادی کل بلندی ۲۰۲۰).

نتایج نشان داد کراس سمی‌واریوگرام برازش داده شده بین عملکرد دانه و pH خاک در دامنه ۳/۷ متر، ۸۰/۱ درصد همبستگی مکانی قوی نشان داد (شکل ۶). کراس سمی‌واریوگرام برازش داده شده بین عملکرد دانه و عکس EC خاک در دامنه ۷/۷ متر ۷۷/۷ درصد، همبستگی مکانی قوی نشان داد؛ به عبارت دیگر، عملکرد پایین‌تر گندم در نقاطی از مزرعه مشاهده شد که EC خاک بالاتری داشت (شکل ۶). در همین راستا نتایج تحقیقی نشان داد عملکرد دانه گندم، همبستگی مکانی قوی به میزان ۸۴/۶ درصد در دامنه ۱۹/۲۲ متر با اسیدیته خاک دارا بود (مرادی کل بلندی ۲۰۲۰). در مطالعه دیگری، برآورد ضرایب همبستگی حاکی از آن بود که عملکرد دانه گندم با pH در لایه شخم (plough layer) و زیرین خاک (subsoil) همبستگی معنی‌دار و مثبتی نشان داد (لیپیک و یوسویز ۲۰۱۸).

آنالیز کراس سمی‌واریوگرام بین عملکرد دانه و فسفر خاک نشان داد که بین الگوهای توزیع این متغیرها شباهت‌هایی وجود داشت و بین آن‌ها همبستگی مکانی مشاهده شد؛ به طوری که درصد همبستگی مکانی بین عملکرد دانه و فسفر خاک برابر با ۷۸/۳ درصد بود که بیانگر ارتباط مکانی قوی بین الگوهای پراکنش عملکرد دانه و فسفر خاک می‌باشد (شکل ۵). مدل‌های برازش داده شده بر کراس سمی‌واریوگرام عملکرد دانه و پتاسیم خاک نشان داد که الگوهای توزیع این دو متغیر به میزان قابل توجهی بر هم منطبق بودند؛ به طوری که همبستگی مکانی قوی در دامنه ۳/۲ متر، ۷۹/۰ درصد به دست آمد (شکل ۵). با توجه به همبستگی مکانی قوی به دست آمده بین عملکرد دانه گندم و عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک، می‌توان گفت در هر نقطه از مزرعه که وضعیت عناصر پرمصرف خاک مطلوب باشد عملکرد دانه گندم نیز افزایش نشان می‌دهد. در همین راستا، محققین اظهار داشتند در مزرعه، رشد و عملکرد گندم تغییرات مکانی آشکاری را به دلیل تغییرپذیری مکانی مواد مغذی خاک نشان می‌دهد (کو و همکاران ۲۰۱۷). نتایج پژوهشی نشان داد عملکرد دانه گندم با فسفر خاک همبستگی



شکل ۶- برازش مدل‌های کروی کراس سمی‌واریوگرام بین عملکرد دانه و pH خاک (الف) و عملکرد دانه و عکس EC خاک (ب)

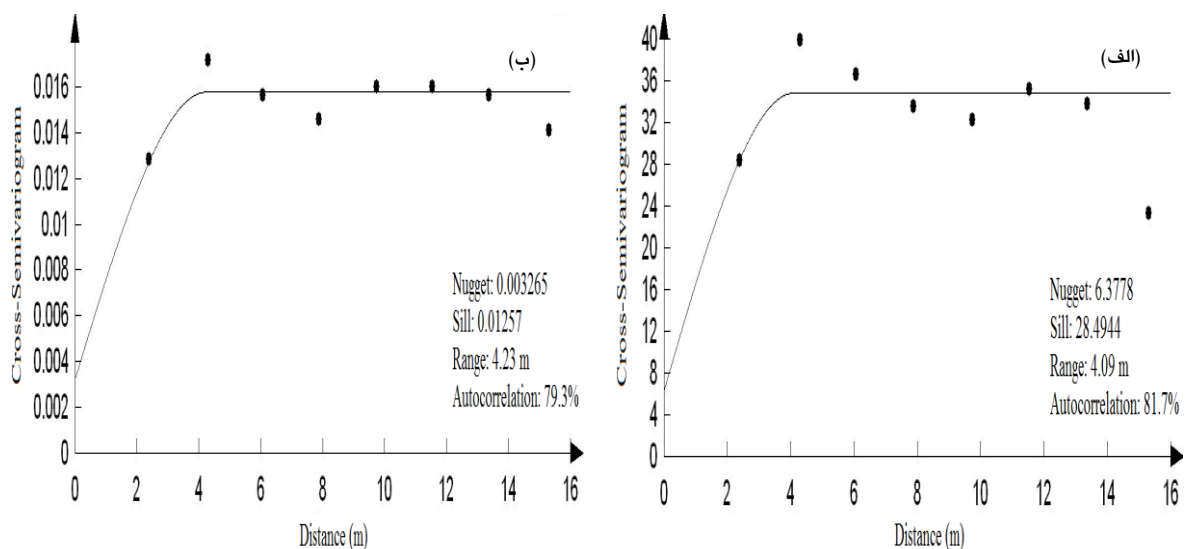
آمد (شکل ۷). مدل‌های برازش داده شده بر کراس سمی‌واریوگرام بین عملکرد دانه و عکس محتوای شن خاک نشان داد که الگوهای توزیع این دو متغیر به میزان زیادی بر هم منطبق بودند؛ به طوری که همبستگی مکانی بین

میزان تشابه الگوهای توزیع عملکرد دانه با الگوهای توزیع سیلت خاک، قوی و به میزان ۸۱/۷ درصد در دامنه تأثیر ۴/۰ متر توسط مدل کروی کراس سمی‌واریوگرام بدست

کراس-سمی‌واریوگرام نشان داد 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). در پژوهشی که بر روی گندم انجام شد، محققین اظهار داشتند 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).

عملکرد دانه و عکس محتوای شن خاک، قوی و به میزان ۷۹/۳ درصد در دامنه تأثیر ۴/۲ متر به دست آمد (شکل ۷).

این نتیجه بیانگر آن است که در هر نقطه از مزرعه که درصد شن خاک، بالاتر بوده است، عملکرد دانه گندم کاهش نشان داده است. مقایسه نقشه‌های درون‌یابی شده به وسیله کریجینگ مربوط به عملکرد دانه (شکل ۴) و همچنین شن خاک (شکل ۳) نیز مؤید ارتباط معکوس بین این دو متغیر می‌باشد. در همین راستا در پژوهشی، نتایج

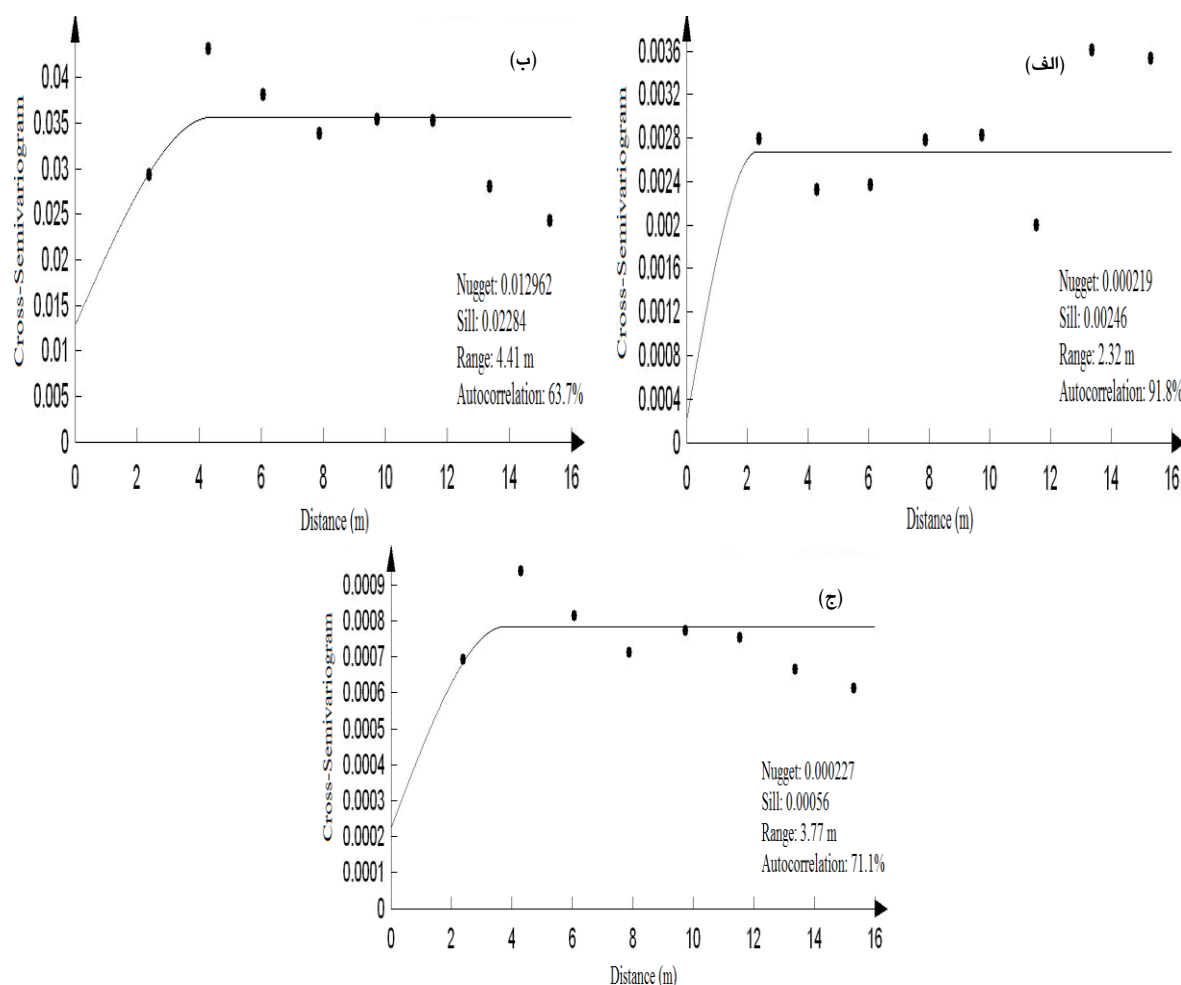


شکل ۷- برازش مدل‌های کروی کراس‌سمی‌واریوگرام بین عملکرد دانه و سیلت خاک (الف) و عملکرد دانه و عکس شن خاک (ب)

عکس فسفر خاک نشان داد الگوهای پراکنش جمعیت این علف هرز به میزان قابل توجهی بر الگوهای تغییر فسفر خاک منطبق بود؛ به طوری که همبستگی مکانی بین دو متغیر مذکور، ۶۳/۷ درصد و در دامنه ۴/۴ متر به دست آمد (شکل ۸). آنالیز کراس‌سمی‌واریوگرام بین علف هرز دم‌روباهی کشیده و عکس پتاسیم خاک نیز نشان داد که بین الگوهای پراکنش این متغیرها ارتباط مکانی وجود داشت؛ به طوری که همبستگی مکانی بین این علف هرز و پتاسیم خاک برابر با ۷۱/۱ درصد در دامنه ۳/۷ متر بود که بیانگر ارتباط مکانی نسبتاً قوی بین الگوهای پراکنش جمعیت علف هرز دم‌روباهی کشیده و عکس پتاسیم خاک می‌باشد (شکل ۸).

ارتباط مکانی علف هرز دم‌روباهی کشیده و ویژگی‌های خاک

به منظور تعیین میزان همبستگی مکانی در پراکنش علف هرز دم‌روباهی کشیده و ویژگی‌های خاک، مدل‌های کروی بر داده‌های علف هرز و خاک برازش داده شد و پارامترهای مربوط به مدل ارائه گردید. نتایج نشان داد تشابه الگوهای توزیع دم‌روباهی کشیده با الگوهای توزیع نیتروژن خاک، قوی و به میزان ۹۱/۸ درصد در دامنه تأثیر ۲/۳ متر توسط مدل کروی کراس‌سمی‌واریوگرام بدست آمد (شکل ۸). مدل‌های برازش داده شده بر کراس‌سمی‌واریوگرام بین تراکم علف هرز دم‌روباهی کشیده و

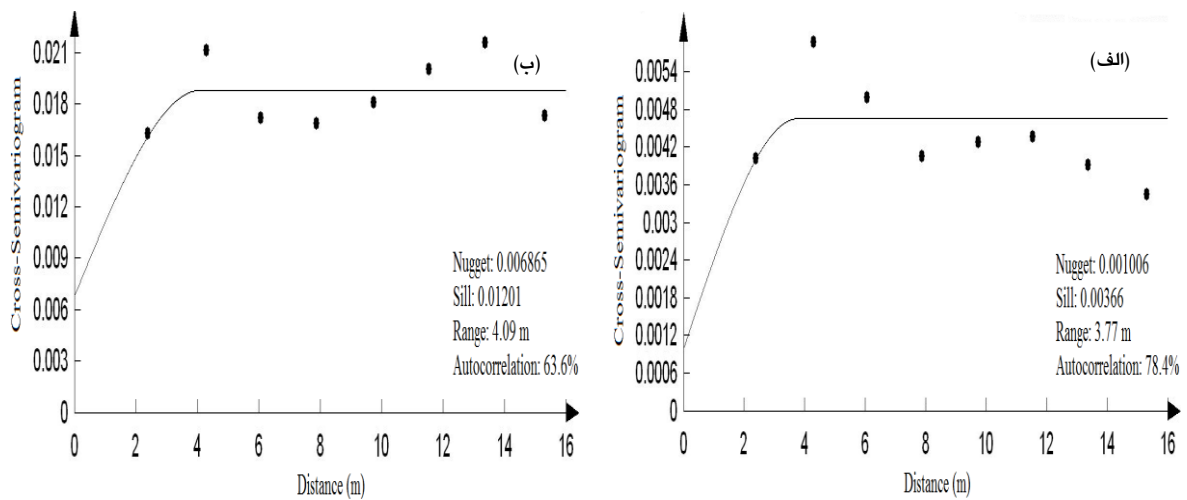


شکل ۸- برازش مدل‌های کروی کراس سمی‌واریوگرام بین علف هرز دم‌روباهی کشیده و نیتروژن (الف)، دم‌روباهی کشیده و عکس فسفر (ب) و دم‌روباهی کشیده و عکس پتاسیم (ج).

با مکان علف‌های هرز کمک کنند (مت کالفه و همکاران ۲۰۱۷).

برازش مدل کراس سمی‌واریوگرام بین داده‌های جمعیت دم‌روباهی کشیده با محتوای سیلت خاک نشان داد که الگوهای توزیع بین دو متغیر همبستگی معکوس مکانی متوسط (۶۳/۶ درصد در دامنه تأثیر ۴/۰ متر) داشتند (شکل ۹). نتایج حاصل از برازش مدل‌های کراس سمی‌واریوگرام بین جمعیت علف هرز دم‌روباهی کشیده با عکس pH خاک نشان داد که همبستگی مکانی ۷۸/۴ درصدی بین الگوهای توزیع دو متغیر مذکور در دامنه تأثیر ۳/۷ متر وجود داشت، یا به عبارتی نقاط با تراکم بالایی علف هرز با نقاط دارای pH خاک پایین‌تر در سطح مزرعه، مطابقت بالایی نشان دادند (شکل ۹).

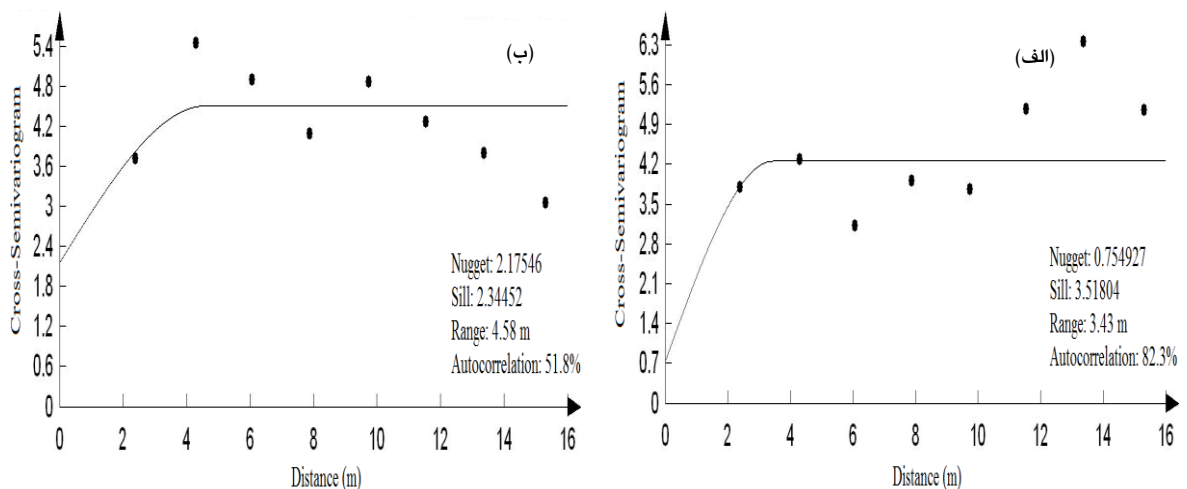
فراوانی برخی گونه‌ها در مقادیر کم مواد غذایی خاک افزایش می‌یابد، این امر ممکن است ناشی از تحمل-ناپذیری آن‌ها به سطوح بالای مواد غذایی یا رقابت با گونه‌هایی باشد که واکنش بهتری به مواد غذایی نشان می‌دهند (لیبمن ۱۹۸۹ و ماهن ۱۹۸۸). در راستای نتایج پژوهش حاضر، نشان داده شده است که توزیع لکه‌ای دم‌روباهی کشیده می‌تواند مرتبط با تغییرات خصوصیات خاک باشد (موردوچ و همکاران ۲۰۱۴ و مت کالفه و همکاران ۲۰۱۶ و ۲۰۱۸). پژوهش‌گران دیگری دریافتند که دم‌روباهی کشیده در مزارع دارای توزیع لکه-ای است که این امر می‌تواند مرتبط با خصوصیات خاک باشد. 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



شکل ۹- برآزش مدل‌های کروی کراس سمی‌واریوگرام بین علف هرز دم‌روبه‌ای کشیده و عکس pH (الف) و دم‌روبه‌ای کشیده و عکس سیلت (ب)

نتایج نشان داد تشابه الگوهای توزیع دم‌روبه‌ای کشیده با الگوهای توزیع شن خاک، متوسط و به میزان ۵۱/۸ درصد در دامنه تأثیر ۴/۵ متر توسط مدل کروی کراس واریوگرام بدست آمد (شکل ۱۰). مدل‌های برآزش داده شده بر کراس سمی‌واریوگرام علف هرز دم‌روبه‌ای کشیده و محتوای رس خاک نشان داد که الگوهای توزیع این دو متغیر به میزان قابل توجهی بر هم منطبق بودند؛ به طوری که همبستگی مکانی برای علف هرز دم‌روبه‌ای کشیده و محتوای رس خاک در دامنه ۳/۴ متر، ۸۲/۳ درصد به دست آمد (شکل ۱۰).

در همین راستا، محققین گزارش دادند تراکم‌های بالاتر دم‌روبه‌ای کشیده در pH پایین‌تر مشاهده گردید. دم‌روبه‌ای کشیده سرعت جوانه‌زنی بالاتری در خاک‌های اسیدی دارد و قادر است بهتر با گندم رقابت کند، بنابراین تراکم‌های بالاتر دم‌روبه‌ای کشیده در خاک‌های خنثی را می‌توان انتظار داشت (مت کالفه و همکاران ۲۰۱۷). این امکان وجود دارد که توزیع دم‌روبه‌ای کشیده درون مزرعه تا حدودی با تأثیر pH خاک بر دسترس بودن بسیاری از مواد مغذی خاک تعیین شود (لوکاس و دیویس ۱۹۶۱).

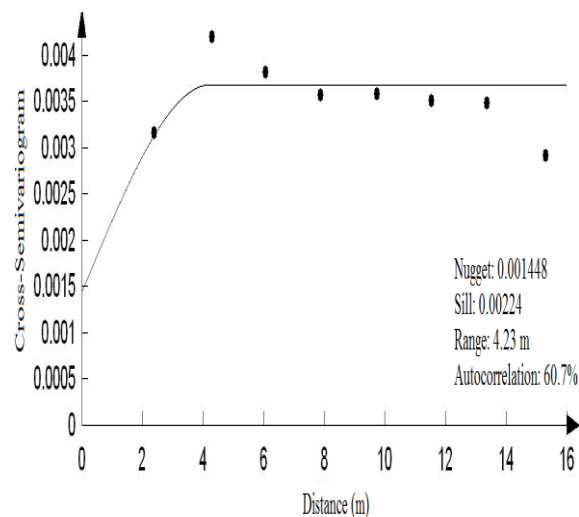


شکل ۱۰- برآزش مدل‌های کروی کراس سمی‌واریوگرام بین علف هرز دم‌روبه‌ای کشیده و رس خاک (الف) و دم‌روبه‌ای کشیده و شن خاک (ب)

ارتباط مکانی علف هرز دم‌روباهی کشیده و عملکرد دانه گندم

با ترسیم کراس سمی‌واریوگرام، همبستگی مکانی بین علف هرز دم‌روباهی کشیده و عملکرد دانه گندم، مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور مدل‌های کروی بر داده‌های علف هرز و عملکرد گندم، برازش داده شد. مدل‌های برازش داده شده بر کراس سمی‌واریوگرام بین جمعیت علف هرز دم‌روباهی کشیده و عکس عملکرد دانه گندم (شکل ۱۱) و همچنین نقشه‌های درونیابی شده به وسیله کریجینگ (شکل ۴) نشان داد که بین الگوهای توزیع این متغیرها شباهت‌هایی وجود داشت و بین آن‌ها همبستگی مکانی مشاهده شد؛ به طوری که درصد همبستگی مکانی بین علف هرز دم‌روباهی کشیده و عکس عملکرد دانه گندم برابر با ۶۰/۷ درصد و در دامنه ۴/۲ متر بود که بیانگر ارتباط معکوس مکانی متوسط بین الگوهای پراکنش جمعیت این علف هرز و میزان عملکرد گیاه می‌باشد (شکل ۱۱).

در راستای نتایج پژوهش حاضر، محققین همبستگی معنی‌داری بین محتوای رس و تراکم دم‌روباهی کشیده در مزرعه دریافتند (نوردمیر و دانکر ۱۹۹۹). به نظر می‌رسد محتوای رس خاک می‌تواند به عنوان یک عامل ثابت پیش‌گویی و تعیین‌کننده مؤثر بر جوانه‌زنی گونه‌های مختلف مطرح گردد. این خصوصیت در طول زمان ثابت بوده و عملیات کشاورزی نیز بر آن تأثیر ندارد و می‌توان آن را به عنوان یک عامل قابل اعتماد در نظر گرفت. اندازه‌گیری درصد رس بافت خاک می‌تواند سریع، آسان و ارزان انجام شود و با استفاده از رابطه بین درصد رس خاک زمین زراعی و تراکم گونه‌های مختلف، ساختار جوامع علف‌های هرز ارزیابی و حتی پیش‌گویی گردد (علیمرادی ۲۰۱۰).



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

پژوهش دیگری نشان داد که تراکم علف‌های هرز با عکس عملکرد گندم دارای همبستگی ۹۱/۹۰ درصد بود. این بدان معنی است که بین تراکم علف هرز و عملکرد گیاه زراعی در سطح مزرعه یک رابطه معکوس وجود دارد (مرادی کل بلندی ۲۰۲۰).

علف‌های هرز به عنوان یکی از عوامل ناهمگونی عملکرد محصولات کشاورزی در سطح مزارع مطرح هستند (مرادی کل بلندی و همکاران ۲۰۲۰). نتایج پژوهشی نشان داد بین وزن خشک زیست‌توده کل علف‌های هرز و عکس وزن زیست‌توده و عکس عملکرد گندم به ترتیب همبستگی متوسط (۵۴/۰۵ درصد) و همبستگی قوی (۷۴/۱۵ درصد) مشاهده گردید (قیاسی ۲۰۱۳). نتایج

نتیجه‌گیری

برازش مدل‌های سمی‌واریوگرام نشان داد که پراکنش علف هرز دم‌روباهی کشیده به صورت نرمال و یا تصادفی نبود بلکه دارای توزیع لکه‌ای یا تجمعی بود. هم‌چنین نتایج نشان داد که ویژگی‌های خاک در سطح مزرعه از مکانی به مکان دیگر تغییر می‌کرد و به صورت لکه‌هایی با ابعاد و اشکال مختلف در نقشه‌ها دیده شدند. کمترین و بیشترین ضریب تغییرات صفات مورد مطالعه خاک، به ترتیب مربوط به pH و محتوای سیلت بود. نتایج کراس سمی‌واریوگرام حاکی از آن بود علف هرز دم‌روباهی کشیده همبستگی مکانی قوی با نیتروژن و رس خاک و همبستگی مکانی متوسط با شن خاک نشان داد، درحالی‌که علف هرز مذکور در نقاطی از مزرعه با مقادیر پایینی از فسفر، پتاسیم، pH و سیلت خاک تراکم بالاتری داشت. نتایج کراس سمی‌واریوگرام و هم‌چنین نقشه‌های توزیع عملکرد دانه گندم و خصوصیات خاک نشان داد عملکرد دانه دارای همبستگی مکانی قوی با صفات نیتروژن، فسفر، پتاسیم، pH و سیلت خاک بود. این در حالی بود که در نقاطی از مزرعه که محتوای شن و EC

بالاتری داشت غالباً عملکرد دانه روی نقشه کاهش نشان داد. کراس سمی‌واریوگرام برازش داده شده بر داده‌های عملکرد دانه و جمعیت علف هرز دم‌روباهی کشیده نشان داد که بین الگوهای توزیع این متغیرها شباهت‌هایی وجود داشت و بین آن‌ها همبستگی مکانی متوسطی مشاهده شد؛ به عبارت دیگر، عملکرد پایین‌تر گندم غالباً در نقاطی از مزرعه مشاهده شد که تراکم بالایی از علف هرز دم‌روباهی کشیده در آن نواحی وجود داشت. در مجموع، نتایج حاکی از آن بود که ویژگی‌های خاک و هم‌چنین جمعیت علف هرز در سطح مزرعه از مکانی به مکان دیگر تغییر می‌کند که این تغییرات می‌تواند توزیع لکه‌ای و غیریکنواخت عملکرد در سطح مزرعه را به همراه داشته باشد.

سپاسگزاری

از آزمایشگاه دانشگاه زابل جهت همکاری در اجرای پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

- Afshar H, Salehi MH, Mohammadi J and Mehnatkesh A. 2009. Spatial variability of soil properties and irrigated wheat yield in a quantitative suitability map, a case study: Shahr-e-Kian area, Chaharmahalva-Bakhtiari Province. *Journal of Water and Soil*, 23(1): 161-172. <https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.1548> (In Persian).
- Aghaeipour N, Zavareh M, Pirdashti H, Asadi H and Bahmanyar MA. 2019. Evaluation of spatial variability of some soil chemical and physical properties in Foumanat Plain paddies using geostatistical Method. *Applied Research in Field Crops*, 31(4): 50-71. doi: 10.22092/AJ.2018.116019.1206 (In Persian).
- Alimoradi L. 2010. Weed community structure in response to crop rotation and soil microclimatic conditions. Ph.D. Dissertation, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
- Avarsegi H, Khodarahmi M, Diyanat M, Majidi Heravan E and Soughi HA. 2023. Grouping bread wheat cultivars based on agronomic characteristics using multivariate statistical methods. *Journal of Crop Breeding*, 14(44): 239-252. doi: 10.52547/jcb.14.44.239 (In Persian).
- Ayoubi Sh, Mohammad Zamani S and Khormali F. 2010. Wheat yield prediction through soil properties using principle component analysis. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 1: 51-57. doi: 20.1001.1.2008479.1388.40.1.7.9 (In Persian).
- Bahmani M, Mohammadi J, Esfandiarpour Boroujeni I, Motaghian HR and Saeidi K. 2019. Assessment of the spatial variability of some soil characteristics and yield of *Rosa damasceneae* Mill (case study: Bardsir City, Kerman Province). *Journal of Water and Soil*, 33(1): 163-179. <https://doi.org/10.22067/jsw.v33i1.75236> (In Persian).

- Bayazidi S. 2015. The study of spatial variability and mapping of different forms of Potassium and Iron in some soils of Urmia plain. MSc Thesis, Urmia University. (In Persian).
- Bijanzadeh E, Mokarram M and Naderi R. 2014. Applying spatial geostatistical analysis models for evaluating variability of soil properties in eastern Shiraz, Iran. *Iran Agricultural Research*, 33(2): 35-46. doi: 10.22099/IAR.2015.2868
- Cardina J, Sparrow DH and McCoy EL. 1996. Spatial relationships between seed bank and seedling populations of common lambsquarters (*Chenopodium album*) and annual grasses. *Weed Science*, 44: 298-308. <https://doi.org/10.1017/S0043174500093929>
- Colbach N, Forcella F and Jonson GA. 2000. Spatial and temporal stability of weed factors on the weed flora in crops in the Gadalyvir. Valley, 30: 375-382.
- Cook SE and Bramley RGV. 2000. Coping with variability in agricultural production: implications for soil testing and fertilizer management. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31: 1531-1551. <https://doi.org/10.1080/00103620009370524>
- Cui B, Huang W, Song X, Ye H and Dong Y. 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.
- Edalat M and Kazemeini SA. 2013. Estimating cardinal temperatures of tumble mustard (*Sisymbrium altissimum*) and slender foxtail (*Alopecurus myosuroides*) seed germinations. 5th Iranian Weed Science Congress, Tehran. (In Persian).
- Fakoor Sharghi AR. 2013. The effect of crop rotation on diversity and spatial distribution of weeds seed bank and seedling communities and arthropods fauna. M.Sc Thesis, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology. (In Persian).
- Ghiassi Z. 2013. Effects of patchy and conventional herbicide application on spatial variability of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) weeds population. M. Sc. Thesis, Shahrood University of Technology. (In Persian).
- Gholami Golafshan M, Vazan S, Paknejad F, Oveisi M and Elyasi Sh. 2009. Spatial relationships between weed seedbank and seedling and their population distribution models in corn. *Weed Research Journal*, 1(1): 65-76. (In Persian).
- Holm L, Doll J, Holm E, Pancho JV and Herberger JP. 1997. *World Weeds: Natural Histories and Distribution*, New York, USA, John Wiley and Sons.
- Isaaks EH and Srivastava RM. 1989. *An introduction to applied geostatistics*. Oxford University Press. New York. 561p.
- Jiang P and Thelen KD. 2004. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a north-central corn-soybean cropping system. *Agronomy Journal*, 96(1): 252-258. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0252>
- Jurado-Exposito M, Lopez-Granados F, Garcia-Torres L, Garcia-Ferrer A, Sanches de La Orden M and Atenciano S. 2003. Multi-species weed spatial variability and sitespecific management maps in cultivated sunflower. *Weed Science*, 51: 319-328. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2003\)051\[0319:MWSVAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2003)051[0319:MWSVAS]2.0.CO;2)
- Jurado-Expósito M, López-Granados F, González-Andújar JL and Garcia-Torres L. 2004. Spatial and temporal analysis of *Convolvulus arvensis* L. populations over four growing seasons. *European Journal of Agronomy*, 21(3): 287-296. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2003.10.001>
- Karami A and Afzalnia S. 2018. Relationship between spatial variability pattern of wheat yield and soil properties. *Asian Soil Research Journal*, 1(1): 1-14. <https://doi.org/10.9734/asrj/2018/v1i1626>
- Keyvani N. 2015. The role of aspect on spatial variability of soil physical and chemical properties, peach quality and quantity in Saman region, Shahrekord. MSc Thesis, Shahrekord University. (In Persian).
- Khazaie E. 2016. The evaluation of spatial variability nitrogen, phosphorus and potassium in agroindustrial land of Sharif Abad – Qazvin by Geostatic and GIS. MSc Thesis, Shahed University. (In Persian).

- Kiyani M. 2015. The study of the spatial relationship of some soil properties with the quantitative, qualitative and vegetative properties of Valencia orange in Kazerun, Fars province. MSc Thesis, Shahrekord University. (In Persian).
- Liebman M. 1989. Effects of nitrogen fertilizer, irrigation and crop genotype on canopy relations and yields on a intercrop/weed mixture. *Field Crops Research*, 22: 83-100. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(89\)90060-9](https://doi.org/10.1016/0378-4290(89)90060-9)
- Lipiec J and Usowicz B. 2018. Spatial relationships among cereal yields and selected soil physical and chemical properties. *Science of the Total Environment*, 633(2018) 1579-1590. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.277>
- Lucas RE and Davis JF. 1961. Relationships between pH values of organic soils and availabilities of 12 plant nutrients. *Soil Science* 92(3):177-182. doi: 10.1097/00010694-196109000-00005
- Makarjian H. 2008. Investigation of spatial and temporal dynamic of weed seed bank and seedling populations and its effect on saffron (*crocus sativus* L.) leaf dry weight under different weed management conditions. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
- Makarjian H and Hosseini RS. 2011. Spatial distribution of weeds and its effect on wheat (*Triticum aestivum* L.) biomass. *Crop Production*, 3(4): 31-47. dor: 20.1001.1.2008739.1389.3.4.3.4 (In Persian).
- Makarjian H and Abbasdokht H. 2014. Effects of different weed management methods on spatial and temporal dynamic of weed populations and saffron above ground biomass. *Journal of Plant Production Research*, 21(2): 107-124. dor: 20.1001.1.23222050.1393.21.2.6.8 (In Persian).
- Mashayekhi P and Marjovvi AR. 2023. Spatial distribution of some soil physico-chemical properties in agricultural soils of Isfahan province. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 54(2): 389-405. doi: 10.22059/IJSWR.2023.352609.669414 (In Persian).
- Metcalf H, Milne AE, Webster R, Lark RM, Murdoch AJ and Storkey J. 2016. Designing a sampling scheme to reveal correlations between weeds and soil properties at multiple spatial scales. *Weed Research*, 56(1): 1-13. <https://doi.org/10.1111/wre.12184>
- Metcalf H, Milne AE, Murdoch AJ and Storkey J. 2017. Does variable soil pH have an effect on the within-field distribution of *A. myosuroides*. *Aspects of Applied Biology*, 134: 145-150.
- Metcalf H, Milne AE, Webster R, Lark RM, Murdoch AJ, Kanelo L and Storkey J. 2018. Defining the habitat niche of *Alopecurus myosuroides* at the field scale. *Weed Research*, 58(3): 165-176. doi: 10.1111/wre.12300
- Metcalf H, Milne AE, Coleman K, Murdoch AJ and Storkey J. 2019. Modelling the effect of spatially variable soil properties on the distribution of weeds. *Ecological Modelling*, 396: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.11.002>
- Miller MP, Singer MJ and Nielsen DR. 1988. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills. *Soil Science Society of America Journal*, 52(4): 1133-1141. <https://doi.org/10.2136/sssaj1988.03615995005200040045x>
- Mohammadi J. 2002. Spatial variability of soil fertility, wheat yield and weed density in a one hectare field in Shahre Kord. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 4: 83-92. dor: 20.1001.1.16807073.2002.4.1.7.7
- Mohammadi Z. 2019. Effect of survey scale on estimation power of predicting models for spacial variation of soil properties. M.Sc. Thesis, University of Mohaghegh Ardabili. (In Persian).
- Moradi Kalbolandi M. 2020. The study of effective factors on the heterogeneity of spatial distribution of winter wheat yield using geostatistic and remote sensing methods. MS.c. Thesis in Agroecology, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology. (In Persian).

- Moradi Kalbolandi M, Makarian H, Baradaran Firouz Abadi M and Asghari HR. 2020. Spatial dependence of growth and yield of winter wheat and weeds using geostatistical and remote sensing methods. *Journal of Plant Protection*, 34(2): 259-271. doi: 10.22067/JPP.V34I2.85286 (In Persian).
- Murdoch AJ, Flint C, Pilgrim RA, de la Warr PN, Camp J, Knight B, Lutman P, Magri B, Miller P, Robinson T, Sandford S and 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.
- Nassiri Mahallati M, Koocheki A and Jahani M. 2016. Estimating within field variability of wheat yield using spatial variables: an approach to precision agriculture. *Journal of Agroecology*, 8(3): 329-345. doi: 10.22067/JAG.V8I3.34502 (In Persian).
- Nordmeyer H and Dunker M. 1999. Variable weed densities and soil properties in a weed mapping concept for patchy weed control. In: *Proceedings Second European Conference on Precision Agriculture*, Odense Congress Centre, Denmark, 11-15 July. Sheffield Academic Press, 453-462.
- Paz JO, Batchelor WD, Tylka GL and Hartzler RG. 2001. A modeling approach to quantifying the effects of spatial soybean yield limiting factors. *Transactions of the ASAE*, 44(5): 1329-1334. doi: 10.13031/2013.6423
- Raza MAS, Zaheer MS, Saleem MF, Khan IH, Ahmad S, Aslam MU and Iqbal R. 2020. Drought ameliorating effect of exogenous applied cytokinin in wheat. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 57(3): 725-733. doi: 10.21162/PAKJAS/20.8183
- Shakarami M. 2020. Evaluation of the effect of dual-purpose sulfonylurea herbicides on weed dynamics of wheat field in Khorramabad climate. MSc Thesis, Lorestan University. (In Persian).
- Vaezi AR, Babaei F, Taheri M and Abbasi M. 2017. Spatial variability of wheat grain yield and soil properties in semi-arid rainfed croplands in south of Zanzan province. *Water and Soil Science*, 27(3): 65-78. (In Persian).
- Vizantinopoulos S and Katranis N. 1998. Management of blackgrass (*Alopecurus myosuroides*) in winter wheat in Greece. *Weed Technology*, 12: 484-490. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00044195>
- Walter AM, Christensen S and Simmelsgaard SE. 2002. Spatial correlation between weed species densities and soil properties. *Weed Research*, 42(1): 26-38. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2002.00259.x>
- Webster R and Oliver MA. 2001. *Geostatistics for Environmental Scientists*. John Wiley and Sons Ltd., Chichester, UK.