

Crop Science Research in Arid Regions

homepage: <https://cropsceince.uoz.ac.ir/>

Research Article

Volume 7, Issue 4, 2025, P. 807-826

Evaluating the effect of patch distribution of *Chenopodium album* L. on wheat yield: geostatistical study

Abbas Nasiri Dehsorkhi ^a, Ahmad Ghanbari ^{*b}, Hassan Makarian ^c, Mohammad Reza Asgharipour ^b

^a Ph.D. Graduate of Agroecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

^b Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

^c Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

*Corresponding Author: drghanbari@uoz.ac.ir

Received: 30 June 2024

Accepted: 18 September 2024

DOI: 10.22034/CSRAR.2023.404953.1354

How to cite this article:

Nasiri Dehsorkhi, A., Ghanbari, A., Makarian, H. and Asgharipour, M. R., 2025. Evaluating the effect of patch distribution of *Chenopodium album* L. on wheat yield: geostatistical study. *Crop Science Research in Arid Regions*, 7(4), 807-826. <https://doi.org/10.22034/csrar.2023.404953.1354>

Abstract

Introduction: The detrimental impact of weeds and their inadequate management is a significant contributing factor to the decline in both the quality and quantity of crops. Weeds engage in competition with crops by depleting finite resources, including soil nutrients, moisture availability, and light, thereby leading to a decline in crop growth and yield. In conjunction with the non-uniformity induced by management practices in agricultural areas, weeds are also recognized as a contributing factor to the uneven distribution of crop productivity. Understanding the spatial distribution of weeds within a given field has the potential to enhance the effectiveness of weed management strategies. In light of this matter, a recent study was undertaken to assess the spatial arrangement of *Chenopodium album* and its impact on the productivity and various components of wheat yield.

Materials and Methods: This study was carried out in a field located in Mobarakeh county, within the Isfahan province, over the course of the 2019-2020 period, employing geostatistical techniques. Data on both weed (density and biomass of *Chenopodium album*) and wheat (including grain number per spike, number of spikes, 1000-grain weight, and grain yield) were gathered from 104 locations within a field, using a 2 × 2 m grid. The density and biomass of *Chenopodium album*, as well as the yield and yield components of wheat, were assessed in each sampling event using quadrats measuring 0.25 m². The cross-semivariogram was employed to elucidate the spatial correlation between two variables, namely weed population and wheat yield. The semivariograms and cross-semivariograms were computed using the GS+ and Variowin software packages, which are tools for analyzing spatial data in two dimensions (2D) (Spring Verlag, New York, USA). The estimation of Pearson correlation coefficients was conducted using the SPSS software.



©2024 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Results and Discussion: The findings indicated that the average density and biomass of *Chenopodium album* were recorded as 2.42 individuals per square meter and 16.11 grams per square meter, respectively. Additionally, the findings revealed that 74% of the sampled locations exhibited an absence of *Chenopodium album*. The analysis of the semivariogram revealed that the distribution of *Chenopodium album*'s density and biomass exhibited spatial heterogeneity within the field. The patchiness of *Chenopodium album*'s density and biomass was observed to be moderate, with values of 64.7% and 50.0% respectively. According to the fitted models, the range for weed density and biomass was 3.68 and 20.42 meters, respectively. Weed patches frequently exhibited a greater elongation along the direction of the planting rows. The findings of the study revealed that the variables of 1000-grain weight, number of spikes, grain number per spike, and grain yield exhibited a non-uniform distribution pattern. The spatial autocorrelation values for the 1000-grain weight, number of spikes, grain number per spike, and grain yield were found to be 82.1%, 57.0%, 50.0%, and 50.2%, respectively. Semivariogram analysis showed that 1000-grain weight had a strong spatial autocorrelation. High spatial dependence was observed between the maps of grain yield and yield components (1000-grain weight, number of spike, grain number per spike) of wheat. Given the positive correlation between the yield components and grain yield in wheat, it is reasonable to anticipate a spatial congruence between these variables when represented on maps. Additionally, the Pearson correlation coefficients indicate a positive and statistically significant relationship between grain yield and the 1000-grain weight (0.24*), number of spikes (0.84**), and grain number per spike (0.82**). The results of the Cross-semivariogram analysis demonstrated a statistically significant spatial association of 76.4% between weed density and reverse grain yield of wheat. The results of the cross-semivariogram showed that negative spatial correlation of 75.8% between weed biomass and grain yield in wheat. The maps revealed a strong correlation between areas characterized by high weed density and biomass, and areas exhibiting low wheat grain yield. The results of the Pearson correlation analysis revealed a statistically significant negative correlation between weed density and biomass with the grain yield of wheat. The correlation coefficients were -0.51** and -0.45**%, respectively. The findings of the study revealed that in instances where there existed a strong correlation coefficient between two variables, the cross-variogram also provided evidence of the spatial correlation between the two variables.

Conclusion: The findings from the analysis of cross-semivariograms, estimation of Pearson correlation coefficients, and comparison of the maps revealed a negative correlation between the grain yield of wheat and the presence of *Chenopodium album* in the field. In a broad sense, it can be asserted that the uneven distribution of weeds leads to an uneven distribution of crop yield and its various components within the agricultural field.

Keywords: Kriging, Patchy distribution, Range, Spatial correlation, Yield map

ارزیابی تأثیر توزیع لکه‌های علف هرز سلمه‌تره بر عملکرد گندم: مطالعه زمین‌آماري

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

۱- دانش آموخته دکتری اگروکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

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

* مسئول مکاتبه: drghanbari@uoz.ac.ir

DOI: 10.22034/CSRAR.2023.404953.1354

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۰

چکیده

علف هرز سلمه‌تره یکی از علف‌های هرز مشترک در مزارع گندم است که باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی توزیع مکانی علف هرز سلمه‌تره و تأثیر آن بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم در شرایط آب و هوایی اصفهان بود. در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸، آزمایش مزرعه‌ای در قالب شبکه دویعدی با فاصله 2×2 متر انجام شد. در هر نقطه شبکه، تعداد و زیست‌توده علف هرز سلمه‌تره و هم‌چنین عملکرد و اجزاء عملکرد گندم اندازه‌گیری و ثبت شد. توزیع مکانی دو متغیر با استفاده از تکنیک زمین‌آمار مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که علف هرز سلمه‌تره در سطح مزرعه دارای پراکنش لکه‌ای بود. وزن هزاردانه، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه نیز در سطح مزرعه دارای پراکنش لکه‌ای بود (به ترتیب همبستگی مکانی $0.82/1$ ، $0.57/0$ و $0.50/2$ درصد). نتایج نشان داد که همبستگی مکانی قوی $0.83/8$ درصدی در دامنه تأثیر $4/13$ متر بین الگوهای توزیع مکانی دو متغیر عملکرد دانه و تعداد سنبله در مترمربع وجود داشت. نتایج برازش مدل‌های کراس سمی‌واریوگرام بین زیست‌توده علف هرز سلمه‌تره با عکس عملکرد دانه گندم نشان داد که همبستگی مکانی قوی $0.75/8$ درصدی بین الگوهای توزیع دو متغیر مذکور در دامنه تأثیر $4/0.8$ متر وجود داشت. این پژوهش نشان داد که آرایش لکه‌های علف هرز سلمه‌تره باعث توزیع لکه‌های عملکرد و اجزاء عملکرد گندم در سطح مزرعه می‌شود؛ بنابراین، برای کنترل بهینه این علف هرز، باید از روش‌های مبتنی بر توزیع مکانی آن استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: توزیع لکه‌ای، دامنه تأثیر، کریجینگ، نقشه عملکرد، همبستگی مکانی

مقدمه

اجتناب‌ناپذیر می‌باشد (Makarian et al., 2012). نادیده گرفتن توزیع ناهمگون جمعیت علف‌های هرز و استفاده از میانگین تراکم علف‌های هرز به عنوان مبنایی برای مدیریت یکنواخت مزرعه کارآمد نخواهد بود و منجر به تخمینی بالاتر از پتانسیل کاهش عملکرد شده و باعث استفاده غیرضروری از علف‌کش‌ها می‌شود. زیرا در برخی نقاط مزرعه کنترل غیرضروری بوده و درحالی‌که در بخش‌های دیگر مزرعه تراکم علف‌های هرز بسیار بالاست (Makarian and Abbasdokht, 2014).

یکی از روش‌های آنالیز توزیع مکانی علف‌های هرز استفاده از روش زمین‌آمار است. در این روش با استفاده از آمار مکانی سمی‌واریوگرام‌هایی را که ساختار مکانی جمعیت‌ها را تشریح می‌کند، برازش داده می‌شود. سپس با استفاده از روش کریجینگ نقشه‌های توزیع علف‌های هرز ترسیم می‌شود تا

یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید در بخش کشاورزی علف‌های هرز هستند که به دلیل رقابت برای فضا، آب، مواد غذایی و نور با گیاهان زراعی و باغی، منجر به کاهش تولید محصولات کشاورزی می‌شوند و جزء عوامل اصلی محدودکننده تولید محصولات زراعی می‌باشند (Sharma and Singh, 2000). درک توزیع و قابلیت گسترش علف‌های هرز علاوه بر ارزش اکولوژیکی در توسعه برنامه‌های مدیریتی متناسب با مکان نیز دارای اهمیت می‌باشد. به عبارتی پویایی مکانی جمعیت گیاهچه علف‌های هرز اثرات ویژه‌ای را برای مدیریت آن جمعیت در پی دارد. به هر حال شناخت ویژگی‌های مربوط به پراکنش جوامع علف‌های هرز در سطح مزارع و عوامل تأثیرگذار بر آن، جهت طراحی برنامه‌های صحیح مدیریتی علف‌های هرز امری

دارد. هم‌چنین نتایج نشان داد که همبستگی مکانی ۵۶/۲۵ درصد تا دامنه تأثیر ۶۲ متر بین زیست‌توده علف‌های هرز با عکس عملکرد دانه گندم وجود داشت (Moradi Kalbolandi, 2020). در تحقیقی که بر روی گندم انجام شد، نتایج نشان داد آرایش لکه‌ای علف‌های هرز باعث توزیع لکه‌ای محتوای کلروفیل برگ، زیست‌توده گیاه زراعی و در نهایت عملکرد گیاه زراعی در سطح مزارع گردید (Ghiassi, 2013). در مطالعه‌ای که به منظور ارزیابی اثر پراکنش مکانی علف‌های هرز بر عملکرد دانه عدس انجام شد، نقشه توزیع مکانی عملکرد دانه عدس و تراکم علف‌های هرز نشان داد که اکثر نقاط با تراکم بالای علف‌های هرز، منطبق بر نقاط با عملکرد محصول کمتر عدس بود (Zargarian et al., 2020). همبستگی مکانی قلیل توجهی بین عملکرد برگ زعفران و تراکم کل علف‌های هرز توسط تجزیه تغییرنماهای متقاطع و ضریب همبستگی اسپیرمن در سطح مزارع و طی دو سال مشاهده شد (Makarjian and Abbasdokht, 2014). در پژوهشی که با هدف ارزیابی اثر روش‌های مختلف مدیریت علف‌های هرز و منابع کود نیتروژن بر کنترل علف‌های هرز، خصوصیات کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای و توزیع الگوی علف‌های هرز انجام شد نتایج نشان داد در سال اول آزمایش، واریوگرام متقاطع همبستگی منفی را بین عملکرد ذرت و تراکم گونه‌های تاج خروس ریشه قرمز، خرفه و اویارسلام ارغوانی نشان داد. در سال دوم نیز واریوگرام متقاطع همبستگی منفی بین ذرت - تاج خروس ریشه قرمز و ذرت - تاج ریزی سیاه را نشان داد (Arianmehr, 2020).

گندم به عنوان یکی از محصولات غذایی بسیار مهم در جهان، در بین غلات جایگاه ویژه‌ای دارد. با توجه به رشد جمعیت و کاهش فضای کشاورزی، لازم است عملکرد گندم را با روش‌های اصلاح گیاهی و مدیریت زراعی بهبود بخشید (Yan et al., 2019). ضرورت توجه به تولید گندم به‌عنوان غذای اصلی یک‌سوم از مردم جهان و به‌تبع آن افزایش روزافزون جمعیت انسانی و نیاز مبرم به تولید این محصول استراتژیک بیش از پیش آشکار است. در کشور ایران بالغ بر ۳۰ درصد از اراضی قابل کشت، زیر کشت گندم است که از این مقدار تقریباً ۶۵ درصد آن به کشت گندم دیم و ۳۵ درصد آن به کشت گندم آبی اختصاص دارد (Mahdavi et al., 2022). در ایران گندم از نظر تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول کشاورزی

جهت درون‌یابی در نقاطی که نمونه‌برداری انجام نشده مورد استفاده قرار گیرد (Colbach et al., 2000a). در پژوهشی که بر روی گندم انجام شد، برازش مدل‌های سمی‌واریوگرام نشان داد که زیست‌توده مجموع علف‌های هرز در سطح مزرعه دارای الگوی توزیع لکه‌ای بود، به‌طوری‌که همبستگی مکانی متوسط ۵۱/۴۹ درصد برای الگوهای پراکنش زیست‌توده مجموع علف‌های هرز در سطح مزرعه توسط مدل‌ها بدست آمد. هم‌چنین دامنه تأثیر ۱۷۶ متر نشان‌دهنده تغییرات گسترده زیست‌توده علف‌های هرز در سطح مزرعه در این آزمایش بود (Moradi Kalbolandi, 2020). در مطالعه‌ای که با هدف تعیین سطوح آلودگی و توزیع مکانی تاج خروس خوابیده، سلمه‌تره و تاج‌ریزی سیاه در مزرعه ذرت انجام شد، پژوهش‌گران اظهار داشتند در هر سه گونه تحت مطالعه، ساختار لکه‌ای مشاهده شد و بررسی نقشه‌های توزیع مکانی وجود لکه‌هایی با مراکز پر تراکم که به تدریج به سمت حاشیه تراکم آن‌ها کاهش می‌یافت را تأیید کرد. به‌طور کلی ساختار و موقعیت مکانی لکه‌ها با وجود مقداری جابجایی حفظ شد و احتمالاً این مکان‌ها محل ظهور علف‌های هرز سال بعد می‌باشند (Mohammadvand et al., 2008). در پژوهشی که با هدف مطالعه پویایی مکانی جمعیت‌های علف هرز یک مزرعه ذرت انجام شد، تجزیه و تحلیل سمی‌واریوگرام برای گونه‌های متداول نشان داد که دامنه تأثیر از ۳/۵ تا ۲۳۶/۵ متر بسته به گونه علف هرز و مرحله نمونه‌برداری متغیر بود. درحالی‌که ۵۱٪ تا ۸۵٪ واریانس در تراکم نیز حاصل همبستگی مکانی بود (Ashrafi et al., 2003). در پژوهشی که به منظور ارزیابی پویایی مکانی علف‌های هرز یک مزرعه با سابقه تناوبی کلزا-آیش - گندم انجام شد، پژوهش‌گران اظهار داشتند مشاهده نقشه‌های توزیع مکانی علف‌های هرز *Goldbachia laevigata* و *Chorispora tenella* بر کشیدگی لکه‌ها در امتداد ردیف‌های کاشت تأکید دارند (Bagheri et al., 2013).

علف‌های هرز به عنوان یکی از عوامل ناهمگونی عملکرد محصولات کشاورزی در سطح مزارع مطرح هستند (Moradi Kalbolandi et al., 2020). نتایج پژوهشی 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

عملکرد و اجزاء عملکرد گندم با استفاده از تکنیک زمین‌آمار در شرایط آب و هوایی اصفهان انجام گردید.

مواد و روش‌ها

پژوهش در مزرعه‌ای واقع در شهرستان مبارکه (با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۶۹۰ متر از سطح دریا) استان اصفهان در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ و با استفاده از روش زمین‌آمار انجام شد. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبروزه، 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. نمونه‌برداری از جمعیت علف هرز سلمه‌تره و هم‌چنین صفات مورد بررسی در گندم، روی شبکه علامت‌گذاری شده مربعی (گرید) به ابعاد ۲ × ۲ متر و در مجموع در ۱۰۴ نقطه در مزرعه انجام شد. نمونه‌برداری از جمعیت و زیست‌توده علف هرز با استفاده از کادرهایی به ابعاد ۰/۲۵ مترمربع (۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر) در محل تقاطع خطوط شبکه صورت گرفت. نمونه‌برداری از صفات مورد بررسی در گندم شامل تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه و عملکرد دانه نیز با استفاده از کوادرات‌های ثابت به ابعاد ۰/۲۵ مترمربع انجام گردید. محل‌های نمونه‌برداری از صفات مورد بررسی در گندم با محل‌های نمونه‌برداری از جمعیت گیاهچه‌های علف‌های هرز منطبق بود.

یکی از خصوصیات مشترک داده‌های حاصل از یک متغیر محیطی (مانند صفات مختلف گندم و علف هرز) همبستگی مکانی بین آن‌ها است بدین معنی که مشاهدات نزدیک به هم در مقایسه با داده‌هایی که با فاصله زیادی از یکدیگر واقع شده‌اند دارای شباهت و همسانی بیشتری می‌باشد. این وابستگی مکانی بین نمونه‌ها بصورت یک مدل ریاضی تحت عنوان سمی‌واریوگرام یا نیم تغییرنا (رابطه ۱) توصیف شد (Mohammadi, 2002).

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

که در آن $N(h)$: زوج نمونه‌ای است که به فاصله 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 $y(h)$

است و افزایش محصول آن روزبه‌روز مورد توجه بیشتری قرار گرفته است و از نظر اقتصادی و امنیت غذایی مردم از اهمیت بسیاری برخوردار است (Avarsegi et al., 2023). یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در کاهش کمیت و کیفیت گندم کشور، خسارت علف‌های هرز و عدم مدیریت صحیح پیشگیری و کنترل آن‌ها می‌باشد که در ایران این خسارت به صورت میانگین ۲۳ درصد گزارش شده است (Zand et al., 2008).

سلمه‌تره یکی از سمج‌ترین علف‌های هرز جهان است. این علف هرز به جهت داشتن مشخصاتی چون سرعت رشد بالا، رقابت مؤثر برای مواد غذایی، تولید بذر زیاد و جولنه‌زنی بذر آن تحت دامنه وسیعی از شرایط محیطی سبب کاهش معنی‌دار عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Christopher et al., 2007). علف هرز سلمه‌تره یکی از علف‌های هرز مشترک در مزارع گندم است که باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود. پژوهش‌گران گزارش دادند مهم‌ترین گونه‌های هرز موجود در مزرعه گندم، علف‌های هرز سلمه‌تره و هفت‌بند بودند در حالی که سایر گونه‌ها از تراکم بسیار اندکی در مزرعه برخوردار بودند (Moradi Kalbolandi, 2020). از آنجایی که گندم یک گیاه یک‌ساله می‌باشد، به نظر می‌رسد تقارن بخشی از سیکل زندگی این گیاه با علف‌های هرز یک‌ساله بهاره-تابستانه، یکی از عوامل مهم در بالا بودن تراکم این گروه از علف‌های هرز باشد (Mirsaveh, 2014). محققین در کشت مخلوط گندم و سلمه‌تره به رقابت برسر منابع یکسان اشاره نمودند که باعث هم‌پوشانی نیچ‌های اکولوژیکی دو گونه و به دنبال آن کاهش وزن خشک گندم می‌شود. در آزمایش آن‌ها حتی تراکم‌های پایین سلمه‌تره باعث کاهش معنی‌دار در وزن خشک گندم شدند (Bhaskar and Vyas, 1988).

شناخت و توصیف الگوهای توزیع مکانی رشد و عملکرد گندم و ارتباط آن با حضور علف‌های هرز در مزرعه اطلاعات مهمی را در خصوص مدیریت بهینه مزرعه بر اساس اصول اکولوژیک در اختیار مدیران قرار می‌دهد. این یافته‌ها که اغلب با روش‌های زمین‌آماري و یا سنجش از دور امکان قابل برآورد است، در پیش‌بینی لکه‌های با تراکم بالای علف هرز و دارای عملکرد کم مزرعه دارای اهمیت می‌باشند (Moradi Kalbolandi et al., 2020). در همین راستا، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی توزیع مکانی علف هرز سلمه‌تره و تأثیر آن بر

نشان‌دهنده درصد همبستگی مکانی است. برای محاسبه درصد همبستگی مکانی از رابطه ۲ استفاده شد (Cardina et al., 1996).

(۲)

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

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 شد (Jurado-Exposito et al., 2003).

واریوگرام‌های مورد مطالعه اغلب با مدل‌های کروی و نمایی سازگاری داشتند. ساختار مدل‌های مذکور به شرح زیر است (Isaaks and Srivastava, 1989).

مدل کروی سمی واریوگرام به صورت:

$$Y(h) = C_o + C_s \left\{ \left(\frac{3h}{2r} \right) - \left(\frac{h^3}{2r^3} \right) \right\} \quad h \leq r$$

$$= C_o + C_s \quad h > r$$

$$= 0 \quad h = 0$$

مدل نمایی سمی واریوگرام به صورت:

$$Y(h) = C_o + C_s \left\{ 1 - \exp\left(\frac{-h}{r}\right) \right\} \quad h \leq r$$

$$= C_o + C_s \quad h > r$$

$$= 0 \quad h = 0$$

در مدل‌های فوق:

C_o: واریانس قطعه‌ای، C_s: واریانس ساختاری، x: دامنه تأثیر، h: فاصله جداسازی (فاصله نمونه‌برداری یا اندازه شبکه) پارامترهای حاصل از برازش مدل‌های فوق برای تخمین تراکم علف هرز در نقاط نمونه‌برداری نشده استفاده شد. کریجینگ متداول‌ترین روش آماری تخمین و برآورد متغیر مکانی به عنوان یک تابع خطی از مجموع مشاهدات توزیع شده

نیز سمی واریوگرام 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 آنجایی که 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 بر حسب فاصله صورت می‌گیرد. بدین ترتیب براساس نمونه‌های موجود مقدار تجربی این معادله بدست آمده و سپس مدل بر حسب این مقادیر تجربی برازش داده می‌شود (Isaaks and Srivastava, 1989).

از پارامترهای مدل جهت تخمین تراکم علف هرز، زیست‌توده علف هرز، عملکرد گندم و سایر صفات اندازه‌گیری شده گندم در نقاط نمونه‌برداری نشده در کریجینگ استفاده شد. این پارامترها عبارت بودند از: حد آستانه (C_o+C) یا (مجلنب^۱: 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 گرفت. 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^۳ (I) یا اثر قطعه‌ای (C_o)، 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. 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 واریانس است که بوسیله فواصل بین نقاط نمونه‌برداری شده توصیف می‌شود. این مقدار هنگامی که به عنوان درصدی از حدآستانه بیان شود

³ Intercept

¹ Asymptote
² Range

سمی‌واريوگرام‌ها، برازش دادن مدل و برآورد کریجینگ با استفاده از نرم‌افزار Variowin انجام شد (Pannatier, 1997). بدین‌صورت همبستگی مکانی بین جفت متغیرهای مختلف مانند عملکرد گندم با علف هرز محاسبه شد.

خطای معیار^۱ با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد (Pourkarimi, 2017).

$$SE = \frac{SD}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

که در آن، SE: خطای استاندارد، SD: انحراف معیار^۲ و n: تعداد نمونه می‌باشد.

اعتبارسنجی مدل واریوگرام نیز با محاسبه ریشه میانگین مربع خطا^۳ (RMSE) انجام شد (رابطه ۵).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_p(h_i) - Z_o(h_i))^2}{n}} \quad (5)$$

در این معادله $Z_p(h_i)$ مقدار پیش‌بینی شده متغیر در نقطه h_i و $Z_o(h_i)$ مقدار اندازه‌گیری شده در همان نقطه و n تعداد مشاهدات می‌باشد. RMSE انحراف معیار خطای پیش‌بینی است و دارای واحدی مشابه واحد متغیر مورد بررسی می‌باشد. کوچک بودن این شاخص، معیاری برای بالا بودن دقت مدل برازش داده شده برای پیش‌بینی نقاط مجهول است، به طوری که هر چه RMSE به صفر نزدیک‌تر باشد نمایانگر خطای کمتر مدل می‌باشد (Moradi Kalbolandi, 2020).

هم‌چنین برآورد ضرایب همبستگی (پیرسون) بین صفات مورد بررسی نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) صورت گرفت.

نتایج و بحث

توزیع مکانی علف هرز سلمه‌تره

نتایج نشان داد میانگین تراکم و زیست‌توده علف هرز سلمه‌تره به ترتیب برابر با ۲/۴۲ و ۱۶/۱۱ گرم در مترمربع بود. هم‌چنین نتایج حاکی از آن بود که ۷۴ درصد نقاط نمونه‌برداری عاری از علف هرز سلمه‌تره بود (جدول ۱).

در مطالعه‌ای که با هدف بررسی همبستگی توزیع مکانی رشد و عملکرد گندم زمستانه با علف‌های هرز انجام شد، نتایج نشان داد ۴۰/۹ درصد نقاط عاری از علف هرز سلمه‌تره بود (Moradi Kalbolandi et al., 2020). در پژوهش دیگری که

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 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 (Isaaks and Srivastava, 1989; Mohammadi, 2002).

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 علف‌های هرز، بیوماس هوایی علف‌های هرز و صفات مختلف گندم با استفاده از نرم‌افزار GS+ انجام شد.

جهت توصیف همبستگی مکانی بین دو متغیر (مانند جمعیت علف هرز و عملکرد گندم) از سمی‌واريوگرام متقاطع (کراس سمی‌واريوگرام) (رابطه ۳) استفاده شد (Colbach et al., 2000b).

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

که در آن $\gamma_{AB}(h)$: کراس سمی‌واريوگرام برای مکان‌های نمونه‌برداری است که به فاصله h از یکدیگر واقع شده است. $ZB(x_i)$ و $ZA(x_i)$ به ترتیب مقدار دو متغیر (مثلاً تراکم جمعیت علف هرز و عملکرد گندم) در نقاط X و X+h 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 سمی‌واريوگرام‌ها، ابتدا داده‌ها نرمال شد. بطوری‌که پس از افزودن یک به تمامی داده‌ها از آن‌ها لگاریتم طبیعی گرفته شد. رسم کراس

³ Root Mean Square Error

¹ Standard Error

² Standard Deviation

مدیریت متناسب با مکان را در هر مزرعه مشخص نماید (Makarjian, 2008). 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.

به منظور بررسی توزیع مکانی علف‌های هرز و تأثیر آن بر زیست‌توده گندم انجام شد، نتایج نشان داد حدود ۳۷/۱۹ درصد از کل سطح مزرعه در نمونه‌برداری اول و ۱۸/۱۸ درصد در نمونه‌برداری دوم عاری از هر گونه علف هرز بود (Makarjian and Hosseini, 2011). تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز در هر مزرعه بسته به گونه علف هرز و سوابق مدیریتی مزرعه تغییر می‌کند، اما درصد نقاط فاقد علف هرز می‌تواند پتانسیل کاربرد

جدول ۱- خلاصه آماری داده‌های جمعیت و زیست‌توده علف هرز سلمه‌تره، عملکرد و اجزاء عملکرد گندم

Table 1- Statistical summary of population and biomass of *Chenopodium album*, yield and yield components of *Triticum aestivum*

علف هرز/گندم Weed/Wheat	صفات Traits	واحد Unit	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean	انحراف معیار Standard deviation	خطای استاندارد Standard error	ضریب تغییرات CV (%)	نقاط عاری از علف هرز Weed free points (%)
سلمه‌تره <i>Chenopodium album</i>	تراکم Density	Number/m ²	0	12.0	2.42	4.22	0.413	174.3	74.0
	زیست‌توده Biomass	g/m ²	0	88.0	16.11	28.09	2.754	174.3	74.0
گندم <i>Triticum aestivum</i>	وزن هزاردانه 1000-grain weight	g	25.1	35.8	31.04	3.52	0.345	11.3	-
	تعداد سنبله در مترمربع Spike number	-	270	356	323.54	22.64	2.220	6.9	-
	تعداد دانه در سنبله Grain number	-	32.3	42.9	38.3	2.37	0.232	6.1	-
	عملکرد دانه Grain yield	g/m ²	249	412	355.51	40.65	3.986	11.4	-

توزیع لکه‌ای بود، به طوری که به ترتیب همبستگی مکانی ۶۴/۷ و ۵۰/۰ درصد برای الگوهای پراکنش جمعیت و زیست‌توده این علف هرز در سطح مزرعه توسط مدل‌های سمی‌واریوگرام بدست آمد (جدول ۲).

همبستگی مکانی برای تراکم و زیست‌توده علف هرز سلمه‌تره با استفاده از تجزیه و تحلیل سمی‌واریوگرام‌ها محاسبه شد. واریوگرام‌های مورد مطالعه با مدل نمایی سازگاری داشتند. برازش مدل‌های سمی‌واریوگرام نشان داد که جمعیت و زیست‌توده علف هرز سلمه‌تره در سطح مزرعه دارای الگوی

جدول ۲- ضرایب مدل‌های برازش داده شده بر سمی‌واریوگرام‌های تجربی برای داده‌های تراکم و زیست‌توده علف هرز سلمه‌تره

Table 2- Coefficients of fitted models on empirical semivariograms for density and biomass of *Chenopodium album*

صفات Traits	مدل سمی‌واریوگرام Semi-variogram model	عرض از مبدا Nugget	مجانب Sill + Nugget	دامنه تأثیر Range (m)	همبستگی Autocorrelation (%)	کلاس مکانی Spatial class	r ²	RMSE
تراکم Density	نمایی Exponential	0.401	1.136	3.68	64.7	متوسط Moderate	0.902	4.12
زیست‌توده Biomass	نمایی Exponential	2.318	4.637	20.42	50.0	متوسط Moderate	0.620	30.47

در پژوهشی که به منظور بررسی ارتباط مکانی رشد و عملکرد گندم با علف‌های هرز انجام شد، گونه‌های هفت‌بند و سلمه‌تره که گونه‌های غالب بودند الگوی توزیع لکه‌ای قوی نشان دادند (Moradi Kalbolandi et al., 2020). نتایج بررسی تأثیر تناوب زراعی بر تنوع و پراکنش مکانی جوامع بانک بذر و گیاهچه علف‌های هرز و فون بندپایان، نشان داد سمی‌واریوگرام‌های برازش شده بر جمعیت علف هرز سلمه در مچن با مدل کروی و در جلگه رخ با مدل نمایی مطابقت داشت. دامنه تأثیر به دست آمده برای این علف هرز در مچن ۱۶/۶ متر و در جلگه رخ ۸/۱ متر بود (Fakoor Sharghi, 2013). پژوهش دیگری که به منظور بررسی رابطه مکانی بین بانک بذر، جمعیت علف هرز و الگوی پراکنش آن در طول فصل زراعی در مزرعه چغندرقد انجام گردید نتایج نشان داد همبستگی مکانی قوی برای بذر و گیاهچه‌های سلمه‌تره در تمامی مراحل نمونه‌برداری به ثبت رسید (Roham et al., 2013).

بر اساس مدل‌های برازش داده شده، دامنه تأثیر برای تراکم و زیست‌توده علف هرز سلمه‌تره به ترتیب برابر با ۳/۶۸ و ۲۰/۴۲ متر بود. دامنه تأثیر کم، نشان‌دهنده تغییرات اندک زیست‌توده و جمعیت علف هرز در سطح مزرعه در این پژوهش می‌باشد (جدول ۲). به نظر می‌رسد با توجه به اینکه بذر علف هرز سلمه‌تره مکانیسم مشخصی برای پراکنش ندارند، بنابراین بذر این علف هرز قابلیت پراکنش گسترده را نداشته و غالباً به صورت لکه‌های فشرده و کوچک در مزرعه دیده می‌شوند. مقدار دامنه تأثیر کوتاه به دست آمده در این پژوهش (جدول ۲)، مکانیسم محدودیت جابجایی بذر این علف هرز را تأیید می‌کند. در پژوهشی که به منظور ارزیابی تغییرات مکانی علف‌های هرز در مزرعه چغندرقد در مشهد انجام شد، دامنه تأثیر سلمه‌تره در نوبت اول، دوم و سوم نمونه برداری به ترتیب ۱۶/۹ متر، ۳/۵ متر و ۱۰/۳ متر گزارش گردید (Siah-Marguee et al., 2006). پژوهش‌گران گزارش دادند دامنه سلمه‌تره در طول فصل رشد از گونه‌های دیگر کمتر بود که علت آن را می‌توان به مکانیسم پراکنش بذرهای آن نسبت داد که بذرهای آن بیشتر در مجاورت بوته مادری قرار می‌گیرد (Roham, 2010). از آنجا که سلمه یک علف هرز یک‌ساله بوده و تنها مکانیسم پراکنش بذرهای آن، انتقال توسط ماشین‌آلات کشاورزی است، بذرهای آن بیشتر در مجاورت گیاه مادری قرار می‌گیرد. از این‌رو سلمه به صورت لکه‌های کوچک در سطح مزرعه دیده می‌شود. به نظر می‌رسد کوچک‌تر کردن اندازه فواصل نمونه‌برداری، فهم بهتری از پویایی مکانی و زمانی جمعیت سلمه فراهم می‌کند (Siah-Marguee et al., 2006).

جدول ۳- ضرایب مدل‌های برازش داده شده بر سمی‌واریوگرام‌های تجربی برای داده‌های عملکرد و اجزاء عملکرد گندم

صفات	مدل	عرض از	مجانب	دامنه	همبستگی	کلاس	r ²	RMSE
Traits	سمی‌واریوگرام	مبدأ	Sill +	تأثیر	Autocorrelation	مکانی		
	Semi-variogram	Nugget	Nugget	Range	(%)	Spatial		
	model			(m)		class		
وزن هزاردانه	نمایی	0.00238	0.01336	3.04	82.1	قوی	0.853	2.90
1000-grain weight	Exponential					Strong		
تعداد سنبله در مترمربع	کروی	0.00254	0.00592	14.92	57.0	متوسط	0.909	19.11
Spike number	Spherical					Moderate		
تعداد دانه در سنبله	نمایی	0.003096	0.006202	51.0	50.0	متوسط	0.249	2.38
Grain number	Exponential					Moderate		
عملکرد دانه	نمایی	0.01099	0.02208	33.55	50.2	متوسط	0.541	38.24
Grain yield	Exponential					Moderate		

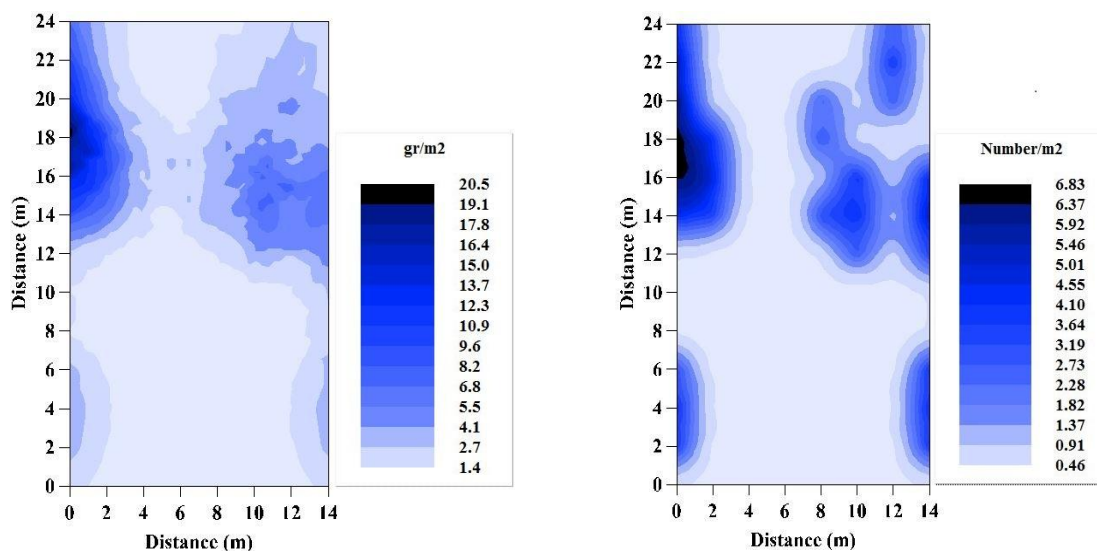
ناهمگون و تجمعی این علف هرز در این شکل‌ها به‌خوبی مشهود است. نقشه‌های درون‌یابی شده به‌وسیله کریجینگ نشان داد که

در پژوهشی که به منظور بررسی ارتباط مکانی رشد و عملکرد گندم با علف‌های هرز انجام شد، گونه‌های هفت‌بند و سلمه‌تره که گونه‌های غالب بودند الگوی توزیع لکه‌ای قوی نشان دادند (Moradi Kalbolandi et al., 2020). نتایج بررسی تأثیر تناوب زراعی بر تنوع و پراکنش مکانی جوامع بانک بذر و گیاهچه علف‌های هرز و فون بندپایان، نشان داد سمی‌واریوگرام‌های برازش شده بر جمعیت علف هرز سلمه در مچن با مدل کروی و در جلگه رخ با مدل نمایی مطابقت داشت. دامنه تأثیر به دست آمده برای این علف هرز در مچن ۱۶/۶ متر و در جلگه رخ ۸/۱ متر بود (Fakoor Sharghi, 2013). پژوهش دیگری که به منظور بررسی رابطه مکانی بین بانک بذر، جمعیت علف هرز و الگوی پراکنش آن در طول فصل زراعی در مزرعه چغندرقد انجام گردید نتایج نشان داد همبستگی مکانی قوی برای بذر و گیاهچه‌های سلمه‌تره در تمامی مراحل نمونه‌برداری به ثبت رسید (Roham et al., 2013).

بر اساس مدل‌های برازش داده شده، دامنه تأثیر برای تراکم و زیست‌توده علف هرز سلمه‌تره به ترتیب برابر با ۳/۶۸ و ۲۰/۴۲ متر بود. دامنه تأثیر کم، نشان‌دهنده تغییرات اندک زیست‌توده و جمعیت علف هرز در سطح مزرعه در این پژوهش می‌باشد (جدول ۲). به نظر می‌رسد با توجه به اینکه بذر علف هرز سلمه‌تره مکانیسم مشخصی برای پراکنش ندارند، بنابراین بذر این علف هرز قابلیت پراکنش گسترده را نداشته و غالباً به صورت لکه‌های فشرده و کوچک در مزرعه دیده می‌شوند. مقدار دامنه تأثیر کوتاه به دست آمده در این پژوهش (جدول ۲)، مکانیسم محدودیت جابجایی بذر این علف هرز را تأیید می‌کند. در پژوهشی که به منظور ارزیابی تغییرات مکانی علف‌های هرز در مزرعه چغندرقد در مشهد انجام شد، دامنه تأثیر سلمه‌تره در نوبت اول، دوم و سوم نمونه برداری به ترتیب ۱۶/۹ متر، ۳/۵ متر و ۱۰/۳ متر گزارش گردید (Siah-Marguee et al., 2006). پژوهش‌گران گزارش دادند دامنه سلمه‌تره در طول فصل رشد از گونه‌های دیگر کمتر بود که علت آن را می‌توان به مکانیسم پراکنش بذرهای آن نسبت داد که بذرهای آن بیشتر در مجاورت گیاه مادری قرار می‌گیرد (Roham, 2010). از آنجا که سلمه یک علف هرز یک‌ساله بوده و تنها مکانیسم پراکنش بذرهای آن، انتقال توسط ماشین‌آلات کشاورزی است، بذرهای آن بیشتر در مجاورت گیاه مادری قرار می‌گیرد. از این‌رو سلمه به صورت لکه‌های کوچک در سطح مزرعه دیده می‌شود. به نظر می‌رسد کوچک‌تر کردن اندازه فواصل نمونه‌برداری، فهم بهتری از پویایی مکانی و زمانی جمعیت سلمه فراهم می‌کند (Siah-Marguee et al., 2006).

نقشه‌های توزیع مکانی جمعیت و زیست‌توده علف هرز سلمه‌تره در مزرعه به‌طور مجزا ترسیم شد (شکل ۱). توزیع

کوچک‌تر نیز در مزرعه وجود دارد. نقشه‌ها حاکی از آن است که لکه‌های علف هرز سلمه‌تره غالباً به صورت بیضی شکل هستند، به طوری که دامنه این لکه‌ها در جهت تردد ادوات و ماشین‌آلات و در جهت ردیف کشت، کشیدگی بیشتری دارد (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه‌های توزیع تراکم (راست) و زیست‌توده (چپ) علف هرز سلمه‌تره در مزرعه گندم

Figure 1- Kriged maps of density (right) and biomass (left) of *Chenopodium album* in wheat field

برازش داده شده بر داده‌های عملکرد گندم همبستگی مکانی ۸۱ درصد برای توزیع عملکرد در سطح مزرعه نشان داد (Moradi Kalbolandi, 2020). در پژوهشی که بر روی گندم انجام شد، نتایج حاصل از برازش مدل‌های سمی واریوگرام و نیز ترسیم نقشه نشان داد که تغییرات وزن زیست‌توده گندم در سطح مزرعه، دارای الگوی توزیع لکه‌ای بود. به طوری که همبستگی مکانی نسبتاً قوی (۷۴/۳ درصد) برای توزیع وزن زیست‌توده گندم به دست آمد (Makarjian and Hosseini, 2011). در پژوهش دیگری که در خصوص گیاه زعفران انجام شد، نتایج نشان داد که تغییرات وزن خشک زیست‌توده زعفران در سطح مزارع، دارای الگوی توزیع لکه‌ای بود. به طوری که همبستگی مکانی قوی (۹۱/۹-۸۰/۵ درصد) و متوسط تا قوی (۹۲/۵-۵۱/۱ درصد) به ترتیب در سال اول و دوم بسته به مزرعه به دست آمد (Makarjian and Abbaskht, 2014).

نتایج نشان داد سمی واریوگرام برازش داده شده برای وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه با مدل نمایی و

بخش زیادی از مزرعه دارای تراکم لندکی از این علف هرز بود یا این‌حال، لکه‌های کوچک و بزرگی از علف هرز در سطح مزرعه به چشم می‌خورد (شکل ۱). همان‌طور که در نقشه توزیع علف هرز سلمه‌تره مشاهده می‌شود یک لکه بزرگ که بخش عمده آلودگی در مزرعه را به خود اختصاص داده و هم‌چنین چند لکه

در همین راستا، پژوهش‌گران گزارش دادند بوته‌های سلمه‌تره در مزرعه چغندر قند به صورت دو لکه تقریباً موازی هم قرار داشتند. دامنه تأثیر سلمه‌تره معادل ۶/۲ و اثر قطعه‌ای معادل ۰/۲۳۸ و دارای همبستگی مکانی قوی بود و در محدوده ای معادل ۶۵/۷۱ درصد مزرعه پراکنش یافته بود (Alimoradi, 2010).

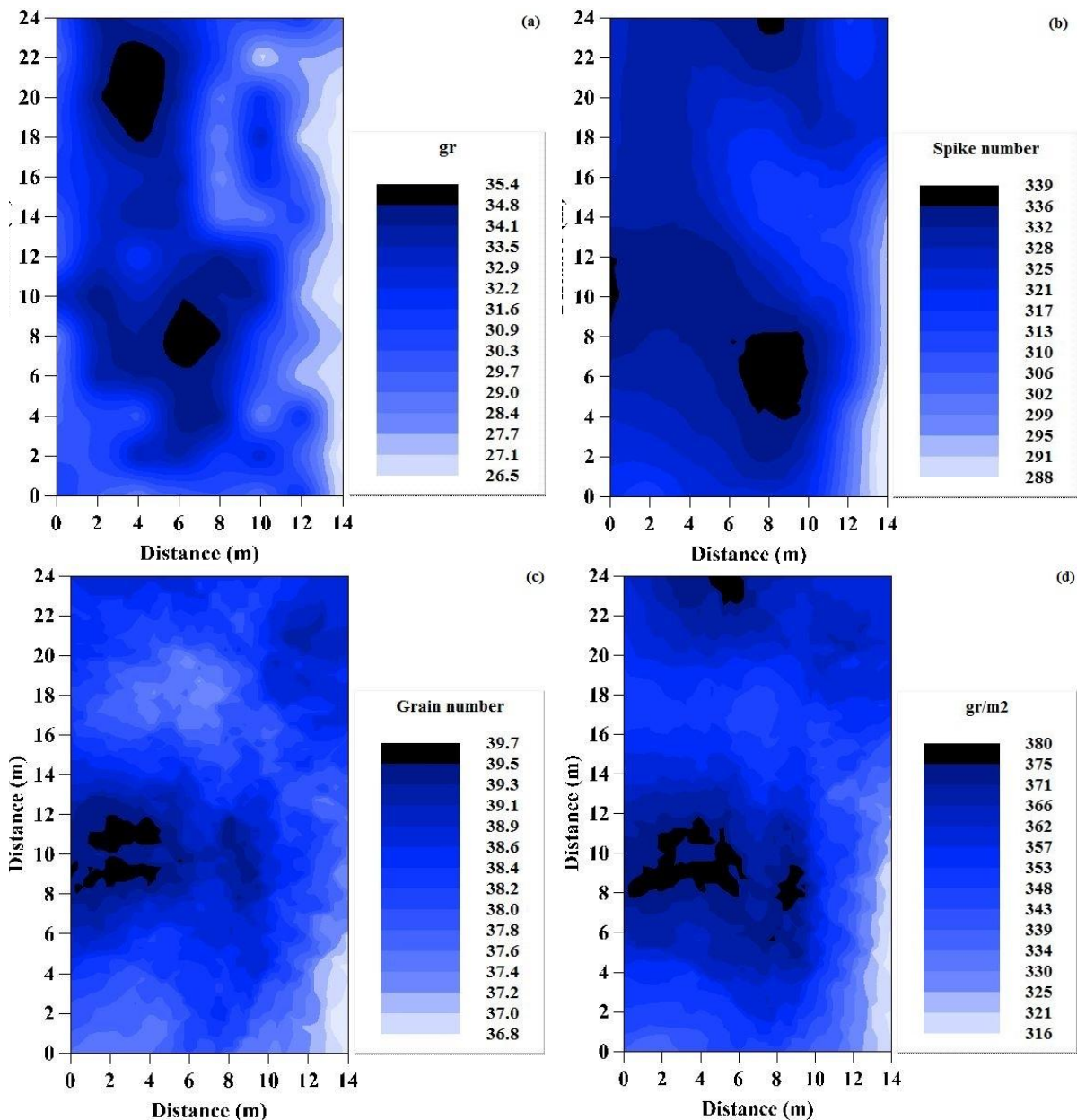
توزیع مکانی عملکرد و اجزاء عملکرد گندم

نتایج آنالیز سمی واریوگرام نشان داد که عملکرد دانه در سطح مزرعه دارای توزیع ناهمگون بود، به طوری که در بعضی نقاط عملکرد دانه بالا و در بعضی نقاط عملکرد دانه اندک بود. همبستگی مکانی متوسط ۵۰/۲ درصد نیز گویای توزیع لکه‌ای عملکرد دانه در سطح مزرعه بود. دامنه تأثیر ۳۳/۵۵ متر نیز نشان‌دهنده لکه‌های نسبتاً بزرگ بود که در سطح مزرعه وجود داشتند (جدول ۳ و شکل ۲).

در پژوهشی، نتایج نشان داد که عملکرد دانه گندم در سطح مزرعه دارای توزیع لکه‌ای بود، به طوری که مدل سمی واریوگرام

تعداد سنبله در مترمربع به ترتیب برابر با ۳/۰۴ و ۱۴/۹۲ متر بود. دامنه تأثیر برای توزیع صفت تعداد دانه در سنبله حدود ۵۱ متر به دست آمد که نشان‌دهنده وجود لکه‌های پیوسته نسبتاً بزرگ می‌باشد (جدول ۳ و شکل ۲). نقشه‌های حاصل از درون‌یابی با کریجینگ، به‌خوبی وضعیت پراکنش عملکرد و اجزاء عملکرد گندم در سطح مزرعه را نشان می‌دهد. توزیع ناهمگون عملکرد و اجزای عملکرد در این شکل‌ها به خوبی مشهود است (شکل ۲).

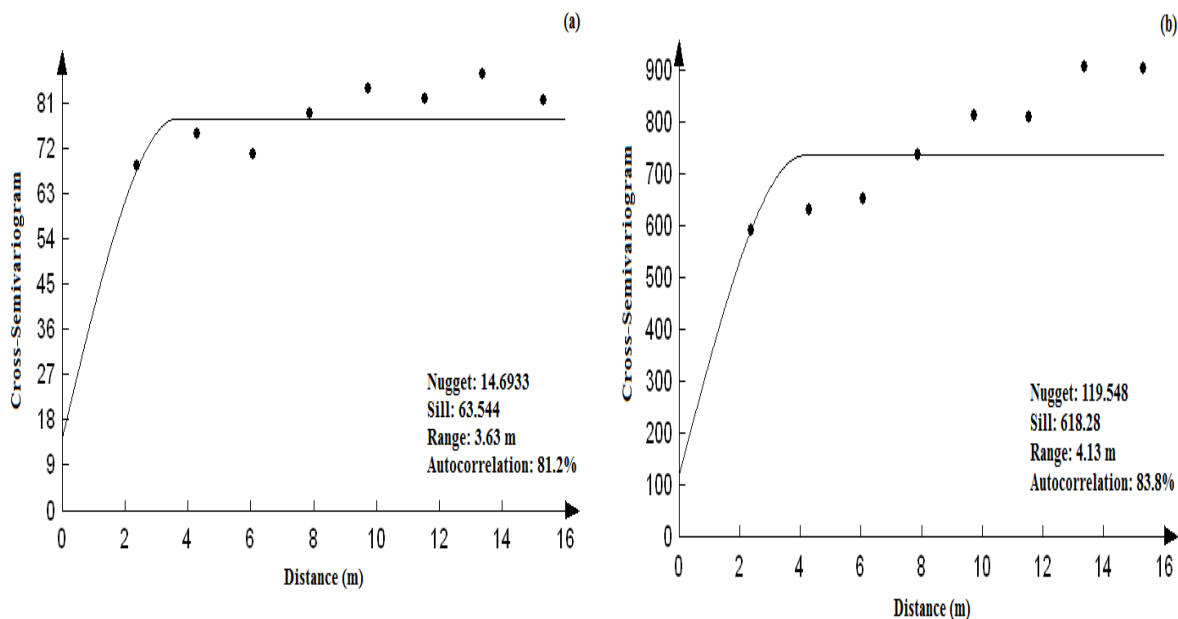
برای تعداد سنبله در مترمربع با مدل کروی مطابقت داشت (جدول ۳). اجزای سمی‌واریوگرام‌ها به‌منظور بررسی همبستگی مکانی مورد استفاده قرار گرفتند و همبستگی مکانی متوسط به میزان ۵۷/۰ و ۵۰/۰ درصد به ترتیب برای تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله مشاهده شد. عرض از مبدأ پایین‌تر وزن هزاردانه (۰/۰۲۳۸) نسبت به اجزای دیگر عملکرد، مؤید همبستگی مکانی قوی‌تر (۸۲/۱ درصد) این صفت است (جدول ۳). دامنه تأثیر به دست آمده برای وزن هزاردانه و



شکل ۲- نقشه‌های توزیع وزن هزاردانه (a)، تعداد سنبله در مترمربع (b)، تعداد دانه در سنبله (c) و عملکرد دانه (d) گندم

Figure 2- Kriged maps of 1000-grain weight (a), number of spike (b), grain number per spike (c) and grain yield (d) of wheat

که از عملکرد دلنه پایینی برخوردار بود با نقاط دارای تعداد دلنه در سنبله کم مطابقت داشت (شکل ۲). از آنجا که با افزایش تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه گندم نیز افزایش می‌یابد؛ لذا می‌توان انتظار داشت که روی نقشه‌ها نیز تشابه مکانی بین این دو متغیر وجود داشته باشد (شکل ۲).



شکل ۳- برازش مدل‌های کرووی کراس سمی‌واریوگرام بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله (a) و عملکرد دانه و تعداد سنبله در مترمربع (b)

Figure 3- Fitting cross-semivariograms models between grain yield and grain number per spike (a) and grain yield and number of spike (b)

روی عملکرد دلنه مهم‌تر به نظر می‌رسد (Navabpour and Kazemi, 2013).

نتایج برازش مدل کراس واریوگرام نشان داد که همبستگی مکانی قوی $83/8$ درصدی در دامنه تأثیر $4/13$ متر بین الگوهای توزیع مکانی دو متغیر عملکرد دانه و تعداد سنبله در مترمربع وجود داشت (شکل ۳). نقشه‌ها نشان می‌دهد که لکه‌هایی با عملکرد دانه بالا با لکه‌های دارای تعداد سنبله بیشتر از نظر مکانی مطابقت داشتند (شکل ۲). با توجه به رابطه مثبت تعداد سنبله و عملکرد دانه گندم (جدول ۴)، می‌توان گفت در هر نقطه از مزرعه که وضعیت تعداد سنبله گندم مطلوب باشد میزان عملکرد نیز افزایش نشان می‌دهد (شکل ۲). در پژوهشی، نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که تعداد سنبله در واحد سطح بیشترین تأثیر را در بین اجزای عملکرد بر عملکرد نهایی گندم داشت (Baygi et al., 2017). در پژوهشی که با هدف بررسی

همبستگی مکانی بین عملکرد دانه با اجزاء عملکرد

نتایج نشان داد که همبستگی مکانی قوی ($81/2$ درصد) تا دامنه تأثیر $3/63$ متر بین الگوهای توزیع تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه گندم در سطح مزرعه بوسیله برازش مدل کرووی کراس واریوگرام بدست آمد (شکل ۳). مقایسه نقشه‌های حاصل از درون‌یابی بوسیله کریجینگ نشان داد برخی از نقاط مزرعه

در پژوهشی، در بررسی همبستگی بین عملکرد دانه و اجزای آن نشان داده شد که بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت (Tavakoli et al., 2015). نتایج پژوهش دیگری حاکی از آن بود که تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=0/79^{**}$) نشان داد (Maleki et al., 2012). در پژوهشی که با هدف بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت تأثیر بقایای گیاهی، منابع نیتروژن و علف‌های هرز انجام شد، محققین گزارش دادند همبستگی بسیار معنی‌داری بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله مشاهده شد (Sohrabi et al., 2016). تعداد دانه در سنبله در گندم در محدوده وسیع‌تری از نظر زمانی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که هر عامل محدودکننده از شروع جوانه‌زنی تا مرحله گرده‌افشانی ممکن است موجب کاهش تعداد دانه شود؛ بنابراین تأثیر آن

نتایج حاصل از برآورد ضرایب همبستگی صفات حاکی از آن بود که وزن هزاردانه، همبستگی منفی و غیرمعنی‌داری (-0.08^{ns}) با تعداد دانه در سنبله نشان داد (جدول ۴). در همین راستا، در پژوهشی که به منظور بررسی رابطه عملکرد با اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گندم انجام شد، همبستگی بین عملکرد دانه با صفات تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه مثبت و معنی‌دار بود و رابطه بین تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه منفی و معنی‌دار بود (Neyestani et al., 2020). پژوهش‌گران گزارش دادند بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله همبستگی منفی وجود داشت که علت آن حالت جبرانی بین اجزای عملکرد بود، بدین مفهوم که با افزایش یک جزء عملکرد، اجزای دیگر عملکرد تا حدودی کاهش می‌یابند (Baygi et al., 2017). پژوهش‌گران با بررسی توانایی و تحمل رقابت ارقام گندم در حضور علف هرز خردل وحشی، گزارش دادند که وزن هزار دانه همبستگی منفی و معنی‌داری با تعداد دانه در سنبله و همبستگی مثبت و معنی‌داری با درصد کاهش وزن خشک خردل وحشی داشت (Abdollahi and MohammaddoustChamanabad, 2017). افزایش تعداد دانه در سنبله و ایجاد مخازن فتوسنتزی متعدد از یک طرف و محدودیت در تأمین مواد فتوسنتزی از طرف دیگر ممکن است از دلایل کاهش وزن دانه در اثر افزایش تعداد دانه در سنبله باشد (Askarinia et al., 2008).

اثر کم‌آبیاری و تراکم یولاف وحشی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم انجام شد، محققین گزارش دادند تعداد سنبله در واحد سطح همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد داشت. وجود همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد سنبله در واحد سطح و عملکرد، نشان‌دهنده اهمیت این عامل در تعیین میزان عملکرد می‌باشد (Barjasteh et al., 2019).

برآورد ضرایب همبستگی پیرسون نشان داد عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد سنبله در مترمربع (0.84^{**}) و تعداد دانه در سنبله (0.82^{**}) نشان داد. این در حالی بود که همبستگی بین عملکرد دانه و وزن هزاردانه در سطح احتمال پنج درصد (0.24^*) معنی‌دار گردید (جدول ۴). با توجه به همبستگی مثبت و بالایی که بین عملکرد دانه با تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله مشاهده شد، به نظر می‌رسد یکی از دلایل احتمالی کاهش عملکرد گندم در اثر تداخل با علف هرز، ناشی از کاهش در این دو جزء از اجزای عملکرد باشد. در همین راستا، در مطالعه‌ای که با هدف بررسی اثر تاریخ کاشت بر ارقام گندم در شرایط رقابت با یولاف وحشی انجام شد، محققین گزارش دادند عملکرد دانه همبستگی بالایی با تعداد دانه در سنبله (0.81^{**}) و نسبتاً خوب با وزن هزاردانه (0.59^{**}) داشت (Asadnezhad et al., 2017). نتایج پژوهش دیگری نیز نشان داد وزن هزار دانه و تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله همبستگی بسیار معنی‌داری با عملکرد دانه داشت (Maleki et al., 2011).

جدول ۴- ضرایب همبستگی پیرسون برای تراکم و زیست توده علف هرز سلمه‌تره، عملکرد و اجزاء عملکرد گندم

Table 4- Pearson correlation coefficients for density and biomass of *Chenopodium album*, yield and yield components of *Triticum aestivum*

	1	2	3	4	5	6
تراکم سلمه‌تره	1					
1- <i>Chenopodium album</i> density						
زیست توده سلمه‌تره	0.97**	1				
2- <i>Chenopodium album</i> biomass						
وزن هزاردانه	-0.35**	-0.31**	1			
3- Thousand grain weight						
تعداد سنبله در مترمربع	-0.52**	-0.43**	0.29**	1		
4- Spike number						
تعداد دانه در سنبله	-0.29**	-0.24*	-0.08 ^{ns}	0.63**	1	
5- Grain number						
عملکرد دانه	-0.51**	-0.45**	0.24*	0.84**	0.82**	1
6- Grain yield						

** و * به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و ^{ns} عدم معنی‌داری می‌باشد.

** and *, correlation is significant at the 0.01 and 0.05 level respectively and ^{ns}: Non-significant.

عملکرد گندم تحت تأثیر بقایای گیاهی، منابع نیتروژن و علف‌های هرز انجام شد، محققین اظهار داشتند عدم وجود علف هرز باعث ایجاد تعداد دانه بیشتری در سنبله (۳۲/۷) نسبت به شرایط حضور علف هرز (۲۵/۸) شد که این امر ممکن است به دلیل عدم وجود رقابت قبل از دانه‌بندی گندم باشد (Sohrabi *et al.*, 2016). نتایج برآورد ضرایب همبستگی صفات حاکی از آن بود که صفت وزن هزاردانه، همبستگی منفی و معنی‌داری با تراکم (**۰/۳۵-) و زیست‌توده (**۰/۳۱-) علف هرز سلمه‌تره نشان داد (جدول ۴). به نظر می‌رسد با افزایش تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز، تولنایی گیاه زراعی در جذب منابع مشترک (مانند مواد مغذی، رطوبت در دسترس و نور) کاهش می‌یابد، بنابراین فتوسنتز کمتر باعث می‌شود تا مواد غذایی کمتری به بذر سرازیر شده و در نتیجه وزن دانه‌ها کاهش می‌یابد. در پژوهشی که با هدف بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت تأثیر بقایای گیاهی، منابع نیتروژن و علف‌های هرز انجام شد، نتایج نشان داد اثر وجود یا عدم وجود علف هرز بر صفت وزن هزار دانه معنی‌دار بود و بیشترین (۴۱/۳ گرم) و کمترین (۳۷/۹ گرم) وزن هزار دانه به ترتیب در شرایط کنترل و عدم کنترل علف هرز مشاهده شد (Sohrabi *et al.*, 2016). اگرچه وزن هزار دانه صفتی ژنتیکی است، اما تحت تأثیر عوامل محیطی از جمله رقابت علف‌های هرز تغییر می‌کند (Abdollahi and MohammaddoustChamanabad, 2017). دلنه‌های گیاه زراعی به عنوان مخازن مواد فتوسنتزی گیاه به شمار می‌روند هرگاه تحت تنش‌های محیطی از جمله تداخل با علف هرز قرار گیرند به دلیل کاهش جذب منابع غذایی و توسعه کمتر دستگاه فتوسنتزی گیاه منابع تأمین ذخایر بذری کاهش یافته در نتیجه سبب کاهش اندازه بذر و به تبع آن وزن هزاردانه می‌گردد (Hasanvand, 2014).

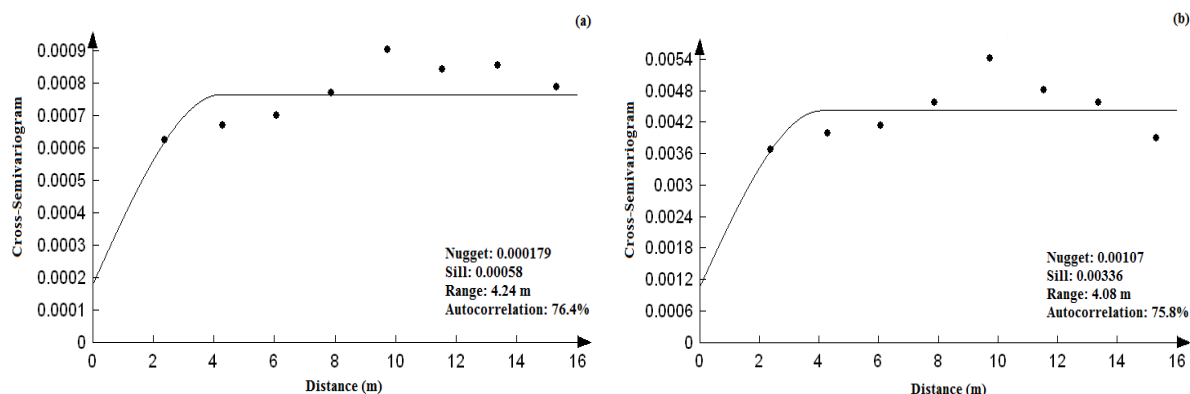
همبستگی مکانی بین تراکم و زیست‌توده علف هرز با عملکرد دانه

نتایج حاصل از برازش مدل‌های کراس سمی‌واریوگرام بین جمعیت علف هرز سلمه‌تره با عکس عملکرد دانه گندم نشان داد که همبستگی مکانی قوی ۷۶/۴ درصدی بین الگوهای توزیع دو متغیر مذکور در دامنه تأثیر ۴/۲۴ متر وجود داشت (شکل ۴) یا به عبارتی نقاط با تراکم کم علف هرز با نقاط دارای عملکرد دانه بالای گندم در سطح مزرعه، مطابقت نسبتاً بالایی نشان دادند.

نتایج همبستگی صفات نشان داد در بین اجزاء عملکرد گندم، صفت تعداد سنبله در مترمربع بیشترین همبستگی منفی را با تراکم (**۰/۵۲-) و زیست‌توده (**۰/۴۳-) علف هرز سلمه‌تره دارا بود (جدول ۴). در همین راستا، در مطالعه‌ای که بر ارقام گندم صورت گرفت، محققین اظهار داشتند که در بین اجزای عملکرد، تعداد سنبله همبستگی منفی بالاتری نسبت به بقیه صفات با وزن خشک علف‌های هرز داشت که این موضوع ممکن است نتیجه تأثیر رقابت علف‌های هرز بر کاهش توان پنجه‌زنی و یا ممانعت از باروی آن‌ها در اثر تخلیه منابع رشد بویژه آب و عناصر غذایی باشد (Mozafari *et al.*, 2018). در پژوهشی که با هدف مطالعه توانایی و تحمل رقابت ارقام گندم در حضور علف هرز خردل وحشی انجام شد، بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که قدرت رقابتی ارقام گندم با تولید پنجه‌های بیشتر و در پی آن تعداد سنبله همبستگی مثبت و معنی‌داری با درصد کاهش وزن خشک علف هرز دارد (Abdollahi and MohammaddoustChamanabad, 2017).

در مطالعه دیگری که با هدف بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت تأثیر بقایای گیاهی، منابع نیتروژن و علف‌های هرز انجام شد، محققین اظهار داشتند اختلاف بین کنترل و عدم کنترل علف هرز معنی‌دار بود و بیشترین تعداد سنبله (۲۷۰/۸) در صورت ایجاد شرایط عاری از علف هرز و کمترین تعداد سنبله در مترمربع (۲۱۰/۶) در صورت عدم کنترل علف هرز مشاهده شد (Sohrabi *et al.*, 2016).

مطابق با نتایج حاصل از برآورد ضرایب همبستگی، تعداد دانه در سنبله همبستگی منفی و معنی‌داری به میزان **۰/۲۹- و **۰/۲۴- به ترتیب با تراکم و زیست‌توده علف هرز سلمه‌تره نشان داد (جدول ۴). کاهش تعداد دانه در سنبله در اثر تداخل با علف‌های هرز را می‌توان به عقیمی گلچه‌ها، مرگ گلچه‌ها و اختلال در مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه‌ها نسبت داد. در پژوهشی که با هدف مطالعه تولنایی و تحمل رقابت ۱۸ رقم گندم در حضور علف هرز خردل وحشی انجام شد، پژوهش‌گران گزارش دادند همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد دانه در سنبله و درصد کاهش وزن خشک خردل وحشی مشاهده شد (Abdollahi and MohammaddoustChamanabad, 2017). در تحقیق دیگری که با هدف بررسی عملکرد و اجزای



شکل ۴- برازش مدل‌های کراس سیمی‌واریوگرام بین داده‌های a: عکس عملکرد دانه گندم با تراکم سلمه‌تره، b: عکس عملکرد دانه گندم با زیست‌توده سلمه‌تره

Figure 4- Fitting cross-semivariograms models between a: grain yield of wheat and density of *Chenopodium album* b: grain yield of wheat and biomass of *Chenopodium album*

ارغوانی نشان داد. در سال دوم نیز واریوگرام متقاطع همبستگی منفی بین ذرت - تاج خروس ریشه قرمز و ذرت - تاج ریزی سیاه را نشان داد (Arianmehr, 2020).

مدل‌های برازش داده شده بر کراس سیمی‌واریوگرام‌ها بین زیست‌توده علف هرز سلمه‌تره و عکس عملکرد دانه گندم (شکل ۴) و همچنین نقشه‌های ترسیم شده (شکل‌های ۱ و ۲)، نشان داد که الگوهای توزیع زیست‌توده علف هرز به مقدار قابل توجهی بر الگوهای تغییر عملکرد دانه گندم منطبق بودند. به طوری که تطابق مکانی بین این دو متغیر ۷۵/۸ درصد تا دامنه تأثیر ۴/۰۸ متر بود (شکل ۴). در همین راستا، در مطالعه‌ای که به منظور ارزیابی اثر پراکنش مکانی علف‌های هرز بر عملکرد دانه عدس انجام شد، نقشه مربوط به وزن خشک علف‌های هرز و تطبیق آن با نقشه عملکرد دانه عدس نشان داد که در نقاطی که بیشترین وزن خشک علف‌های هرز وجود داشت، کمترین عملکرد دانه عدس نیز به دست آمد (Zargarian et al., 2020). نتایج 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. همچنین نتایج نشان داد که همبستگی مکانی ۵۶/۲۵ درصد تا دامنه تأثیر ۶۲ متر بین زیست‌توده علف‌های هرز با عکس عملکرد دانه گندم وجود داشت (Moradi Kalbolandi, 2020).

با مقایسه نقشه‌های توزیع علف هرز و عملکرد دانه گندم، می‌توان اظهار داشت مناطقی که عملکرد گندم در آنجا کمتر بود غالباً منطبق بر مناطقی بود که تراکم و وزن خشک علف

در مطالعه‌ای که به منظور ارزیابی اثر پراکنش مکانی علف‌های هرز بر عملکرد دانه عدس انجام شد، نقشه توزیع مکانی عملکرد دانه عدس و تراکم علف‌های هرز نشان داد که اکثر نقاط با تراکم بالای علف‌های هرز، منطبق بر نقاط با عملکرد محصول کمتر عدس بود (Zargarian et al., 2020). در پژوهشی که بر روی گندم انجام شد، مدل‌های برازش داده شده بر کراس سیمی‌واریوگرام‌ها بین تراکم کل گونه‌های علف هرز چیره در دو مرحله نمونه‌برداری و عکس وزن زیست‌توده خشک گندم در مترمربع و نیز نقشه‌های ترسیم شده، 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. به طوری که همبستگی مکانی بین دو متغیر ذکر شده در مرحله اول و دوم نمونه‌برداری به ترتیب ۸۹ و ۸۷/۴ درصد بود. این بدان معنی است که بین تراکم علف هرز و عملکرد گیاه زراعی در سطح مزرعه یک رابطه معکوس وجود دارد (Makarian and Hosseini, 2011). همبستگی مکانی قابل توجهی بین عملکرد برگ زعفران و تراکم کل علف‌های هرز توسط تجزیه تغییرنماهای متقاطع و ضریب همبستگی اسپیرمن در سطح مزارع و طی دو سال مشاهده شد (Makarian and Abbasdokht, 2014). در پژوهشی که با هدف ارزیابی اثر روش‌های مختلف مدیریت علف‌های هرز و منابع کود نیتروژن بر کنترل علف‌های هرز، خصوصیات کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای و توزیع الگوی علف‌های هرز انجام شد نتایج نشان داد در سال اول آزمایش، واریوگرام متقاطع همبستگی منفی را بین عملکرد ذرت و تراکم گونه‌های تاج خروس ریشه قرمز، خرفه و اوپارسلام

هیچ همبستگی معنی‌دار مثبت یا منفی بین عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم با تراکم علف‌های هرز مشاهده نشد. برعکس، بین وزن خشک علف‌های هرز با عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبله در واحد سطح و عملکرد دانه همبستگی منفی بسیار بالایی وجود داشت (Mozafari et al., 2018). در مطالعه دیگری، محاسبه ضرایب همبستگی اسپیرمن نشان داد که بین تراکم کل علف‌های هرز در پایان فصل رشد و وزن برگ زعفران، همبستگی منفی 0.078 تا -0.52 درصد وجود داشت (Makarjian, 2008).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد بخش‌های وسیعی از مزرعه فاقد علف هرز سلمه‌تره بود؛ بنابراین پتانسیل کاربرد لکه‌ای علف‌کش در این مزرعه وجود دارد. برآزش مدل‌های سمی‌واریوگرام نشان داد که جمعیت و زیست‌توده علف هرز سلمه‌تره در سطح مزرعه دارای الگوی توزیع لکه‌ای بود. لکه‌های علف هرز سلمه‌تره عمدتاً در امتداد حرکت ادوات، ردیف‌های کاشت و حرکت آب کشیدگی داشتند که نشان‌دهنده جابجایی بذور این علف هرز توسط عوامل مذکور است. با آگاهی از الگوی جهت‌دار لکه‌ها و هم‌چنین مدیریت مناسب مزرعه، می‌توان در کنترل علف‌های هرز در سال‌های زراعی آینده، به صورت مناسب‌تری عمل کرد. نتایج آنالیز سمی‌واریوگرام نشان داد که عملکرد دانه گندم در سطح مزرعه دارای توزیع ناهمگون بود، به طوری که در بعضی نقاط عملکرد دانه بالا و در بعضی نقاط عملکرد دانه اندک بود. نتایج کراس سمی‌واریوگرام، برآورد ضرایب همبستگی پیرسون و هم‌چنین مقایسه نقشه‌ها، بیانگر رابطه معکوس عملکرد دانه گندم با علف هرز سلمه‌تره در مزرعه بود. در مجموع، می‌توان اظهار داشت که آرایش لکه‌ای علف‌های هرز باعث توزیع لکه‌ای وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله و در نهایت عملکرد دانه گندم در سطح مزرعه می‌گردد.

هرز در آنجا بیشترین میزان را دارا بود (شکل‌های ۱ و ۲). این نتیجه بیانگر وجود یک رابطه معکوس بین تراکم و زیست‌توده علف هرز با عملکرد گندم در سطح مزرعه بود. در همین راستا، نتایج پژوهشی نشان داد جمعیت و زیست‌توده علف‌های هرز با عملکرد بیولوژیک گندم همبستگی مکانی منفی $0.75/89$ و $0.62/50$ درصدی و با عملکرد دانه گندم همبستگی مکانی منفی $0.91/9$ و $0.56/25$ درصدی نشان داد (Moradi Kalbolandi et al., 2020). در بررسی پراکنش مکانی علف‌های هرز در مزرعه گندم، نتایج نشان داد آرایش لکه‌ای علف‌های هرز باعث توزیع لکه‌ای محتوای کلروفیل برگ، زیست‌توده گیاه زراعی و در نهایت عملکرد گیاه زراعی در سطح مزارع گردید (Ghiassi, 2013). نتایج مطالعه دیگری نشان داد وجود لکه‌های با عملکرد پایین برگ زعفران روی نقشه‌ها، با نقاط دارای تراکم بالای علف‌های هرز در نقاط مشابه، روی نقشه‌های علف‌های هرز تا حدودی منطبق بود (Makarjian, 2008). تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز به بدلیل داشتن الگوی توزیع غیر یکنواخت و لکه‌ای بودن از طریق رقابت بیشتر بر سر منابع مورد نیاز با گندم در محل لکه‌ها می‌تواند ساختار ناهمگونی را برای رشد و عملکرد گندم رقم بزند (Moradi Kalbolandi, 2020).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد زمانی که ضریب همبستگی بالایی بین دو متغیر وجود داشت، کراس سمی‌واریوگرام مربوطه نیز بیانگر همبستگی مکانی بین دو متغیر بود. برآورد ضرایب همبستگی پیرسون نشان داد تراکم و زیست‌توده علف هرز سلمه‌تره، همبستگی منفی و معنی‌داری به ترتیب به میزان 0.51^{**} و 0.45^{**} با عملکرد دانه گندم دارا بودند (جدول ۴). در پژوهشی که با هدف مطالعه تولنایی و تحمل رقابت ارقام گندم در حضور علف هرز خردل وحشی انجام شد، پژوهش‌گران گزارش دادند رابطه مثبت و معنی‌داری بین درصد افت وزن خشک خردل وحشی و عملکرد دانه ($r=0.62$) وجود داشت (Abdollahi and MohammaddoustChamanabad, 2017). در پژوهش دیگری، ضرایب همبستگی نشان داد که

References

- Abdollahi, F. and MohammaddoustChamanabad, H.R., 2017. Competitive ability and tolerance of 18 wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to wild mustard (*Sinapis arvensis* L.). *Journal of Plant Protection*, 30(4), pp.629-638. [In Persian]. <https://doi.org/10.22067/jpp.v30i4.50675>

- Alimoradi, L., 2010. Weed community structure in response to crop rotation and soil microclimatic conditions. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian].
- Arianmehr, M., 2020. Spatial distribution of weed patches in corn (*Zea mays* L.) with agronomical, mechanical and chemical managements: an approach to precision agriculture. PhD Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian].
- Asadnezhad, M., Farzaneh, M. and Meskarbashee, M., 2017. Planting date effect on yield and yield component of three wheat cultivars in competitive with wild oat. *The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture)*, 40(1), pp.55-68. [In Persian]. <https://doi.org/10.22055/ppd.2016.12431>
- Ashrafi, A., Banayan, M. and Rashed Mohasel, M.H., 2003. Spatial dynamics of weed populations in a corn field using geostatistics. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 1(2), pp.139-154. [In Persian].
- Askarina, P., Saeidi, G. and Rezai, A., 2008. Assessment genotype*environment interaction in ten wheat cultivars with regression and path coefficient analysis. *Crop Production*, 1(1), pp.64-81. [In Persian]. <https://dor.org/20.1001.1.2008739.1387.1.1.5.6>
- Avarsegi, H., Khodarahmi, M., Diyanat, M., Majidi Heravan, E. and Soughi, H.A., 2023. Grouping bread wheat cultivars based on agronomic characteristics using multivariate statistical methods. *Journal of Crop Breeding*, 14(44), pp.239-252. [In Persian]. <https://doi.org/10.52547/jcb.14.44.239>
- Bagheri, A., Rashed Mohasel, M.H., Rezvani Moghadam, P., Nasiri Mahallati, M. and Nik Parast, Y., 2013. Spatial dynamic of weeds in a field with canola-fallow-wheat crop rotation history. *Weed Research Journal*, 5(2), pp.121-136. [In Persian].
- Barjasteh, A.R., Nezami, A., Khazaei, H.R. and Zand, E., 2019. Effects of deficit irrigation and wild oat (*Avena ludoviciana*) density on yield and yield components of wheat. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 17(1), pp.1-14. [In Persian]. <https://doi.org/10.22067/gsc.v17i1.57485>
- Baygi, Z., Saifzadeh, S., Shirani Rad, A.H., Valadabadi, S.A. and Jafarinejad, A., 2017. Seed yield and yield component of some spring wheat varieties as affected by different sowing dates in Neishabour. *Journal of Crop Ecophysiology*, 11(4), pp.905-922. [In Persian].
- Bhaskar, A. and Vyas, K.G., 1988. Studies on competition between wheat and *Chenopodium album* L. *Weed Research*, 28, pp.53-58.
- Cardina, J., Sparrow, D.H. and McCoy, E.L., 1996. Spatial relationships between seed bank and seedling populations of common lambsquarters (*Chenopodium album*) and annual grasses. *Weed Science*, 44, pp.298-308.
- Christopher, L.S., Shoup, D.E. and Al-Khatib, K., 2007. Response of common lambsquarters (*Chenopodium album*) to glyphosate as affected by growth stage. *Weed Science*, 55, pp.147-151. <https://doi.org/10.1614/WS-06-130.1>
- Colbach, N., Forcella, F. and Johnson, G.A., 2000a. Spatial and temporal stability of weed populations over five years. *Weed Science*, 48, pp.366-377. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0366:satsow\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0366:satsow]2.0.co;2)

- Colbach, N., Forcella, F. and Jonson, G.A., 2000b. Spatial and temporal stability of weed factors on the weed flora in crops in the Gadalyvir. *Valley*, 30, pp.375-382.
- Fakoor Sharghi, A.R., 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].
- Hasanvand, F., 2014. Investigation of competition between wheat (*Triticum aestivum* L.) and Hoary cress (*Cardaria draba* L.) under different levels of nitrogen. M. Sc. Thesis, University of Birjand. [In Persian].
- Isaaks, E.H. and Srivastava, R.M., 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press. New York.561p.
- 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, pp.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)
- Mahdavi, A.M., Babaeian Jelodar, N., Farshadfar, E. and Bagheri, N., 2022. Study of grain yield stability of bread wheat genotypes using nonparametric method and GGE biplot. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(2), pp.287-298. [In Persian]. <https://doi.org/10.22077/escs.2020.3527.1871>
- Makarian, 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), pp.107-124. [In Persian]. <https://dor.org/20.1001.1.23222050.1393.21.2.6.8>
- Makarian, H. and Hosseini, R.S., 2011. Spatial distribution of weeds and its effect on wheat (*Triticum aestivum* L.) biomass. *Crop Production*, 3(4), pp.31-47. [In Persian]. <https://dor.org/20.1001.1.2008739.1389.3.4.3.4>
- Makarian, 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].
- Makarian, H., Abbasdokht, H., Ghiassi, Z. and Rouhani, A., 2012. Effects of patchy and conventional herbicide application on spatial variability of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) weeds population. *Weed Research Journal*, 4(1), pp.1-15. [In Persian].
- Maleki, A., Bazdar, A., Lotfi, Y. and Tahmasebi, A., 2011. The effect of biofertilizer, azotobacter, and different levels of nitrogen application on yield and yield components of three bread wheat varieties. *Journal of Crop and Weed Ecophysiology*, 4(16), pp.121-132. [In Persian].
- Maleki, A., Seyedan, P. and Tahmasbi, A., 2012. Response of three bread wheat cultivars to different levels of seeding rates in Ilam region. *Journal of Crop Ecophysiology*, 6(1): pp.1-12. [In Persian].
- Mirsaveh, S.R., 2014. Effect of different cultivation methods on the spatial relationship of weeds seed bank and seedling populations. M.Sc. Thesis, Shahrood University. [In Persian].

- 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, pp.83-92. <https://dor.org/20.1001.1.16807073.2002.4.1.7.7>
- Mohammadvand, E., Rashed Mohassel, M.H., Nasiri Mahallati, M. and Pourtousi, N., 2008. Study on infestation levels and spatial distributions of *Amaranthus blitoides*, *Chenopodium album* and *Solanum nigrum* in corn field. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6(2), pp.419-432. [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, H.R., 2020. Spatial dependence of growth and yield of winter wheat and weeds using geostatistical and remote sensing methods. *Journal of Plant Protection*, 34(2), pp.259-271. [In Persian]. <https://doi.org/10.22067/jpp.v34i2.85286>
- Mozafari, S.M., Mohamaddoust, H.R. and Nikkheh, H.R., 2018. Ranking the wheat cultivars based on competitive ability with weeds. *Journal of Plant Protection*, 32(2), pp.289-297. [In Persian]. <https://doi.org/10.22067/jpp.v32i2.67996>
- Navabpour, S. and Kazemi, G., 2013. Study the relations between grain yield and related traits in wheat by path analysis. *Crop Production*, 6(1), pp.191-203. [In Persian]. <https://dor.org/20.1001.1.2008739.1392.6.1.11.7>
- Neyestani, E., Makarian, H., Ameri, A.A. and Haydari, M., 2020. Evaluation of yield relationship with yield components in different dry land wheat genotypes. *Journal of Plant Ecophysiology*, 12(40), pp.82-90. [In Persian].
- Pannatier, Y., 1997. Variowin Software for Spatial Data Analysis in 2D. Springer Verlag, New York, U.S.A.
- Pourkarimi, F., 2017. Weeds demography in wheat fields under low and high input agricultural systems. M. Sc. Thesis, Shahed University. [In Persian].
- Roham, R., 2010. The study of seed bank of soil relation with weeds population in during of growth season in sugar beet (*Beta vulgaris*). M. Sc. Thesis, Lorestan University. [In Persian].
- Roham, R., Akbari, N., Abdollahian Noghabi, M., Eisvand, H.R. and Yaghubi, M., 2013. Spatial relationships between weed seed bank and population and their distribution models in sugar beet crop (*Beta vulgaris*). *Journal of Sugar Beet*, 28(2), pp.171-187. [In Persian].
- Sharma, S.D. and Singh, M., 2000. Optimizing foliar activity of glyphosate on *Bidens frondosa* and *Panicum maximum* with different adjuvant types. *Weed Research*, 40, pp.523-533.
- Siah-Marguee, A., Rashed-Mohassel, M.H., Nasiri-Mahallati, M., Banayan-Awal, M. and Rahimiyan-Mashhadi, H., 2006. Evaluation of spatial variation of weeds and their response to imposed managements in a sugar beet field in Mashhad. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 10(3), pp.361-374. [In Persian].

- Sohrabi, S.S., Fateh, E., Aynehband, A. and Rahnama, A., 2016. Assessment of yield and yield components of wheat under effect of residue, weed control and nitrogen sources. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 26(3), pp.115-130. [In Persian].
- Tavakoli, A.R., Mahdavi-Moghadam, M. and Salemi, H.R., 2015. Effects of supplemental irrigation and nitrogen fertilizer on correlation coefficient and drought tolerance indices of rainfed bread wheat. *Crop Production*, 7(4), pp.143-159. [In Persian]. <https://dor.org/20.1001.1.2008739.1393.7.4.8.7>
- Yan, S., Wu, Y., Fan, J., Zhang, F., Qiang, S., Zheng, J. and Zou, H., 2019. Effects of water and fertilizer management on grain filling characteristics, grain weight and productivity of drip-fertigated winter wheat. *Agricultural Water Management*, 213, pp.983-995. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.12.019>
- Zand, E., Baghestani, M.A., Mousavi, S.K., Oveisi, M., Ebrahimi, M., Rastgoo, M. and Labbafi Hoseinabadi, M.R., 2008. Weed Management Guide. Jahade Daneshgahi of Mashhad Press. [In Persian].
- Zargarian, N., Bagheri, A.R., Nosrati, I. and Mondani, F., 2020. Evaluation of the effect of spatial distribution of weeds on seed yield of lentil (*Lens culinaris* L.) in rainfed conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 22(2), pp.140-151. [In Persian]. <https://doi.org/10.29252/abj.22.2.140>