



Comparison the Effectiveness of Grid Sampling Methods and Quadrature Shape in Estimating the Spatial Distribution of Weed Populations in Corn Fields under Different Irrigation Systems

Mahdi Ghafari¹ | Mostafa Oveisi^{2✉} | Hasan Alizadeh³

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: mahdi.ghafari@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: moveisi@ut.ac.ir
3. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: malizade@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: March 13, 2024

Received in revised form:

April 29, 2024

Accepted: May 09, 2024

Published online: December 21, 2024

Keywords:

Distribution pattern,
field grid,
geostatistics,
patch infestation

ABSTRACT

In order to increase the accuracy and efficiency of weed management, in addition to the composition and density of species, it is important to know the spatial distribution and distribution of weeds in the field. In order to investigate the effectiveness of grid sampling methods in estimating the spatial distribution of weed populations in corn fields under drip, furrow, and sprinkler irrigation systems, a research was conducted in 2020 year in three corn (*Zea mays* L.) fields. The fields were gridded with two methods of 5 m × 5 m and 5 m × 10 m. At the intersection of the lines, using square (100×100 cm) and rectangular (80×125 cm) squares perpendicular to the planting lines, data on the density and diversity of weed seedlings were recorded by species and at the four-leaf stage of corn. Weeds *Amaranthus blitoides*, *A. retroflexus*, *Setaria verticillata*, and *Convolvulus arvensis* were the dominant species in the studied fields. In general, the spatial distribution maps confirmed the distribution of weed patches and the effect of the irrigation system on the appearance of patches, which was affected by the biological characteristics and wetting pattern of the field soil. The variogram of the studied species showed that in the furrow irrigation system, the range of influence of the species increased compared to other irrigation systems, so that the highest range of influence was related to *S. verticillata* and the lowest range of influence was related to *A. retroflexus*. The distribution range of the studied species was smaller in the drip irrigation system. The output maps showed a higher number of dense patches of weed species in the sprinkler irrigation system, possibly due to the uniform wetting pattern of the field. In this irrigation system, *C. arvensis* perennial species had the highest influence range and *A. retroflexus* species had the lowest influence range. Sampling methods of the studied species showed differences in the estimation of spatial distribution maps. The rectangular grid sampling method of 5 m × 10 m mainly showed the size of the weed patches to be slightly larger than the square grid method of 5 m × 5 m, but if we have limited manpower and time in sampling, using this method, while saving time, can have acceptable results in estimating the weed population of corn fields with a small error.

Cite this article: Ghafari, M., Oveisi, M., & Alizadeh, H. (2024). Comparison the effectiveness of grid sampling methods and quadrature shape in estimating the spatial distribution of weed populations in corn fields under different irrigation systems. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 55(4), 95-115. Doi: 10.22059/ijfcs.2024.373877.655070.





مقایسه کارایی روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی و شکل کوادرات در برآورد توزیع مکانی جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت تحت سیستم‌های آبیاری مختلف

مهدی غفاری^۱، مصطفی اویسی^۲، حسن علیزاده^۳

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: mahdi.ghafari@ut.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: moveisi@ut.ac.ir
۳. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: malizade@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱

جهت افزایش دقت و کارایی مدیریت علف‌های هرز، علاوه بر ترکیب و تراکم گونه‌ها، اطلاع از توزیع مکانی و نحوه پراکنش علف‌های هرز در سطح مزرعه نیز حائز اهمیت می‌باشد. به منظور بررسی کارایی روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی در برآورد توزیع مکانی جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت تحت سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، نشتی و بارانی، پژوهشی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در سه مزرعه ذرت (*Zea mays L.*) انجام شد. مزارع با دو روش ۵ متر × ۵ متر و ۵ متر × ۱۰ متر شبکه‌بندی شدند. در محل تلاقی خطوط با استفاده از کوادرات‌های مربع (۱۰۰×۱۰۰ سانتی‌متر) و مستطیل (۸۰×۱۲۵ سانتی‌متر) به‌صورت عمود بر خطوط کاشت، داده‌های مربوط به تنوع و تراکم گیاهچه‌های علف‌های هرز به تفکیک گونه و در مرحله چهاربرگی ذرت ثبت شد. علف‌های هرز *Convolvulus arvensis* و *Setaria verticillata* *Amaranthus retroflexus* *Amaranthus blitoides* گونه‌های غالب مزارع مورد مطالعه بودند. به‌طور کلی، نقشه‌های توزیع مکانی، توزیع لکه‌ای علف‌های هرز و اثرگذاری سیستم آبیاری بر چگونگی ظهور لکه‌ها را تأیید نمود که متأثر از خصوصیات بیولوژیکی و الگوی خیس شدن خاک مزرعه بود. واریوگرام گونه‌های مورد مطالعه نشان داد که در سیستم آبیاری نشتی دامنه تأثیر گونه‌ها در مقایسه با سایر سیستم‌های آبیاری افزایش یافت؛ به‌طوری‌که بیشترین دامنه تأثیر مربوط به گونه باریک‌برگ *S. verticillata* و کمترین دامنه تأثیر مربوط به گونه *A. retroflexus* بود. دامنه توزیع عمده گونه‌های مورد مطالعه در سیستم آبیاری قطره‌ای کوچک‌تر بود. نقشه‌های خروجی، تعداد بیشتر لکه‌های پرتراکم گونه‌های علف‌های هرز را در سیستم آبیاری بارانی نشان دادند که احتمالاً ناشی از الگوی خیس شدن یکپارچه مزرعه باشد. در این سیستم آبیاری بیشترین دامنه تأثیر مربوط به گونه چندساله *C. arvensis* و کمترین دامنه تأثیر متعلق به گونه *A. retroflexus* بود. روش‌های نمونه‌برداری از گونه‌های مورد مطالعه، در برآورد نقشه‌های توزیع مکانی اختلاف نشان دادند. روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر عمدتاً اندازه لکه‌های علف‌هرز را کمی بزرگ‌تر از روش شبکه‌بندی مربع ۵ متر × ۵ متر نشان داد؛ اما در صورتی که محدودیت نیروی انسانی و زمان در اجرای نمونه‌برداری وجود داشته باشد استفاده از این روش، ضمن صرفه‌جویی در وقت می‌تواند با اندکی خطا نتایج قابل قبولی را در برآورد جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت داشته باشد.

کلیدواژه‌ها:

الگوی پراکنش،
آلودگی لکه‌ای،
ژئواستاتیک،
شبکه‌بندی زمین.

استناد: غفاری، م.، اویسی، م.، و علیزاده، ح. (۱۴۰۳). مقایسه کارایی روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی و شکل کوادرات در برآورد توزیع مکانی جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت تحت سیستم‌های آبیاری مختلف. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۹۵-۹۵ (۴)، ۱۱۵-۹۵.

Doi: 10.22059/ijfcs.2024.373877.655070



۱. مقدمه

یکی از دلایل ناکارآمد بودن مدیریت علف‌های هرز، پراکنش لکه‌ای علف‌های هرز در مزرعه است که نمونه‌برداری، مدل‌کردن و مدیریت علف‌های هرز را دچار مشکل می‌کند (Cardina *et al.*, 1995). علف‌های هرز در قسمت‌هایی از مزرعه که شرایط لکه‌ای برای سبز شدن آنها فراهم است تجمع می‌یابند؛ یا به عبارت دیگر علف‌های هرز پراکنش یکنواخت و یا تصادفی ندارند بلکه در مقیاس‌های مختلف دارای توزیع لکه‌ای هستند (Clay *et al.*, 2006) که این امر تحت تأثیر اثرات متقابل بیولوژی علف هرز، شرایط محیطی و عملیات مدیریتی (همچون نوع سیستم آبیاری) می‌باشد (Goudy *et al.*, 2001). الگوی پراکنش و توزیع مکانی، متغیر مهمی در روابط متقابل بین گیاهان است و رقابت بین گونه‌ها و بقای آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به عبارت دیگر، الگوی پراکنش، بر سازگاری گونه‌ها در محیط و پویایی جمعیت گونه‌های مختلف در بلندمدت تأثیرگذار است. بنابراین از مفهوم توزیع مکانی می‌توان برای شناسایی و درک پویایی جمعیت علف‌هرز و افزایش کارایی مدیریت در کنترل علف‌هرز استفاده کرد. آگاهی از پویایی مکانی علف‌های هرز و کنترل مکانی علف‌های هرز، هزینه‌ها را کاهش می‌دهد. اهمیت توزیع مکانی در نمونه‌برداری جمعیت‌های علف‌هرز، مدل‌کردن پویایی جمعیت و مدیریت بلندمدت، توجه‌ها را به سمت توسعه روش‌هایی برای توصیف و آنالیز توزیع مکانی علف‌های هرز جلب کرده است (Swanton & Murphy, 1996). روش‌های زمین‌آمار (Geostatistics) می‌توانند در توصیف تغییرات، تهیه نقشه، گسترش روش‌های نمونه‌برداری و مسائل اکولوژیکی به کار روند (Cardina *et al.*, 1995).

به منظور انجام پروژه‌های مزرعه‌ای در مطالعات علف‌های هرز، مواردی همچون ترکیب گونه‌ای، تراکم، فراوانی و میزان پوشش حائز اهمیت بوده و دارابودن داده‌های دقیق از وضعیت جمعیت گیاهی به منظور برنامه‌ریزی و ارزیابی مطلوب این پروژه‌ها ضرورت دارد. این درحالی است که ارزیابی و شمارش کامل گونه‌های گیاهی حتی در یک مکان نسبتاً کوچک هم کار دشواری است؛ از این‌رو، درصد پوشش، فراوانی و تراکم گونه‌های گیاهی را می‌توان از طریق بکارگیری روش نمونه‌برداری مناسب برآورد کرد (Barbour *et al.*, 1987). برنامه‌های مدیریت علف‌های هرز در گام اول شامل تشخیص علف‌های هرز می‌باشد که با نمونه‌برداری آغاز می‌شود. با بهره‌گیری از تکنیک‌های درون‌یابی و با استفاده از داده‌های ثبت‌شده بر اساس روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی یکنواخت می‌توان وضعیت واقعی علف‌های هرز را در مزرعه تعیین و نقشه مربوط به اندازه و تراکم گونه‌های مختلف علف‌های هرز موجود در محل مورد مطالعه را تهیه کرد (Ghafari, 2020). در این روش، نمونه‌برداری داده‌ها بر اساس یک سیستم شبکه‌بندی یکنواخت ثبت می‌شوند. در محل تلاقی خطوط با استفاده از یک کوادرات، داده‌های مربوط به تراکم و تنوع علف‌های هرز ثبت می‌شود. در روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی ممکن است ثبت داده‌ها بر مبنای تراکم هر گونه علف‌هرز به تفکیک، ثبت تراکم بر مبنای گروه علف‌های هرز (به‌طور مثال تراکم علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ) و یا ثبت تنوع گونه‌ای علف‌های هرز باشد؛ به این روش‌های ثبت به‌ترتیب به‌عنوان روش‌های کمی، نیمه‌کمی و کیفی اشاره می‌شود. روش ثبت تراکم علف‌های هرز به تفکیک گونه در صورت تراکم بالای علف‌های هرز نیازمند صرف زمان زیادی است، اما اطلاعات ارزشمندی را برای محقق فراهم می‌کند. از جمله مزایای روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی یکنواخت می‌توان به عدم نیاز به ابزار خاص و آگاهی از اطلاعات قبلی در مورد جمعیت‌های علف‌هرز در مزرعه اشاره کرد. این موارد سبب شده تا افراد با مهارت و تجربه کم هم بتوانند این روش را اجرا کنند. از جمله معایب این روش می‌توان به نامشخص بودن ابعاد شبکه‌بندی مطلوب اشاره کرد؛ چرا که ابعاد شبکه‌بندی به عواملی همچون نیروی انسانی، هزینه مورد نیاز و اندازه لکه‌های علف‌های هرز بستگی دارد. اگر اندازه لکه‌های علف‌های هرز کوچک و ابعاد شبکه‌بندی بزرگ باشد، نمونه‌برداری نمی‌تواند برآورد دقیقی از علف‌های هرز مزرعه داشته باشد (Clay & Johnson, 2000). محققان اعلام کردند ابعاد شبکه‌بندی مزرعه تأثیر بیشتری در برآورد دقیق وضعیت علف‌های هرز در مقایسه با ابعاد واحدهای نمونه‌برداری در روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی منظم داشت. به عبارت دیگر، ابعاد شبکه‌بندی مزرعه نقش تعیین‌کننده‌تری در برآورد واقعی وضعیت علف‌های هرز مزرعه دارد (Cousens *et al.*, 2002).

اگر هدف از دیده‌بانی مزرعه کاربرد علف‌کش باشد، عرض بوم‌سمپاشی می‌تواند مقیاس درستی برای تعیین ابعاد شبکه‌بندی مزرعه باشد. در صورت وسعت زیاد مزرعه، شبکه‌بندی با این ابعاد سبب ایجاد نقاط نمونه‌برداری زیادی شده و مواردی همچون زمان، هزینه و مدیریت ثبت داده‌ها موانع مهمی برای نمونه‌برداری‌هایی در این سطح می‌باشند. به منظور کاهش تعداد نقاط و

افزایش سرعت نمونه برداری، افزایش ابعاد شبکه بندی مزرعه می تواند راهگشا باشد. به عبارت دیگر انجام نمونه برداری در زمان کوتاه نیازمند به کار بردن شبکه بندی با ابعاد بزرگ می باشد. در این شرایط ممکن است لکه های علف های هرز و یا علف های هرز مهاجم را به واسطه کوچک بودن سطح لکه و یا تراکم کم گونه مهاجم از دست داد، چرا که شبکه بندی مزرعه در ابعاد بزرگ نتوانسته است این موارد را در برگیرد. برای رفع این مشکل می توان مساحت کوچک و قابل قبولی از مزرعه که پوشش مناسبی از علف های هرز داشته را به عنوان نماینده پوشش گیاهی مزرعه انتخاب و عمل شبکه بندی را با ابعاد مناسب در آن اعمال نمود. محققان بایستی نحوه اجرای نمونه برداری گیاهی را متناسب با دقت مورد نظر، محدودیت زمان و نیروی انسانی طراحی کنند (Clay & Johnson, 2000). نظر به اینکه گونه های مختلف علف هرز توزیع یکنواختی در مزرعه نداشته و نحوه پراکنش و ظهور علف های هرز در مزرعه بسته به نوع گونه می تواند متفاوت باشد، لذا یک روش مشخص نمونه برداری نمی تواند ارزیابی مناسبی از تمامی گونه های علف هرز داشته باشد. از این رو، این مطالعه با هدف، انتخاب روش مناسب نمونه برداری شبکه بندی به منظور برآورد ساختار مکانی جمعیت علف های هرز مزارع ذرت تحت سیستم های آبیاری بارانی، قطره ای و نشتی انجام شد.

۲. روش شناسی پژوهش

به منظور مقایسه کارایی دو روش نمونه برداری شبکه بندی ۵ متر × ۵ متر و ۱۰ متر × ۵ متر در برآورد الگوی پراکنش و توزیع جمعیت علف های هرز در مزارع ذرت تحت سیستم های آبیاری قطره ای، نشتی و بارانی، پژوهشی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در سه مزرعه ذرت با مساحت بیش از پنج هکتار انجام شد (جدول ۱). مزارع با هماهنگی مراکز خدمات کشاورزی شهرستان ساوه (استان مرکزی) و از مزارع کشاورزان پیشرو انتخاب شد که اطلاعات مربوط به خصوصیات خاک و شرایط اقلیمی منطقه به شرح جداول ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است. برای اجرای آزمایش مزارعی انتخاب شدند که بوته های ذرت در مرحله ۶-۴ برگی (۲۵-۲۲ روز پس از کشت) بوده و به منظور مدیریت علف های هرز، هنوز عملیاتی در آنها اجرا نشده بود.

جدول ۱. مشخصات مزارع ذرت منتخب در شهرستان ساوه.

Study location	Farm area (ha)	Type of irrigation system	Geographical location	Sowing date	Cultivar	Sampling date	Soil texture	pH	Organic carbon (%)
Gozal dareh	10	Drip	35°18'09.7"N 49°22'52.2"E	2 June 2020	Producer	24 June 2020	Silty Clay Loam	6.8	1.1
Dasht louin	7	Furrow	35°08'27.5"N 49°58'47.1"E	13 June 2020	704 Moghan	5 July 2020	Sandy Clay Loam	7.2	0.8
Towhidlu	6	Sprinkler	35°06'15.8"N 49°36'50.3"E	17 June 2020	Gazda	10 July 2020	Clay Loam	7.5	1.2

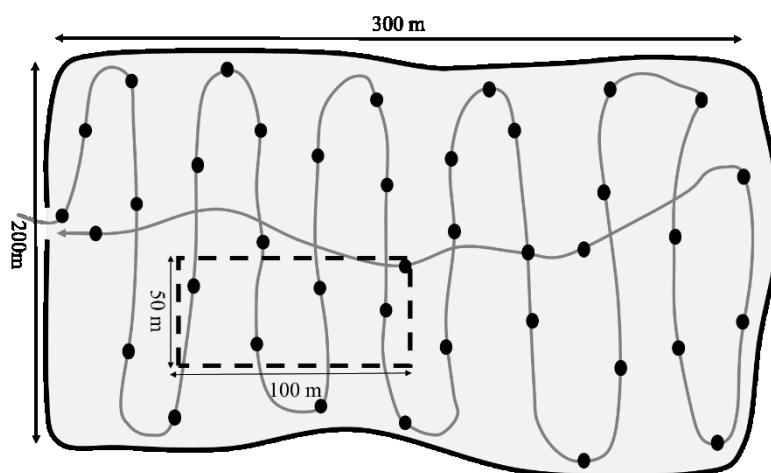
جدول ۲. میانگین پارامترهای اقلیمی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸.

Month	Min Temp (°C)	Max Temp (°C)	Daily Temp (°C)	Rain (mm)
January	-9.6	8.8	-0.4	47.43
February	-14.8	15.8	0.5	97.11
March	-2.4	20.4	9.0	67.2
April	-0.6	23.4	11.4	107.7
May	6.4	34.8	20.6	14.2
June	10	35.8	22.9	0
July	15.8	38.8	27.3	0.9
August	11.8	37	24.4	4
September	6.8	34.6	20.7	0
October	0.6	27.8	14.2	8.4
November	-1.6	24.6	11.5	106.7
December	-8.2	11.6	1.7	65.6
Total	1.2	26.1	13.7	519.2

جدول ۳. میانگین پنج ساله پارامترهای اقلیمی منطقه مورد مطالعه (۱۳۹۵-۱۳۹۹).

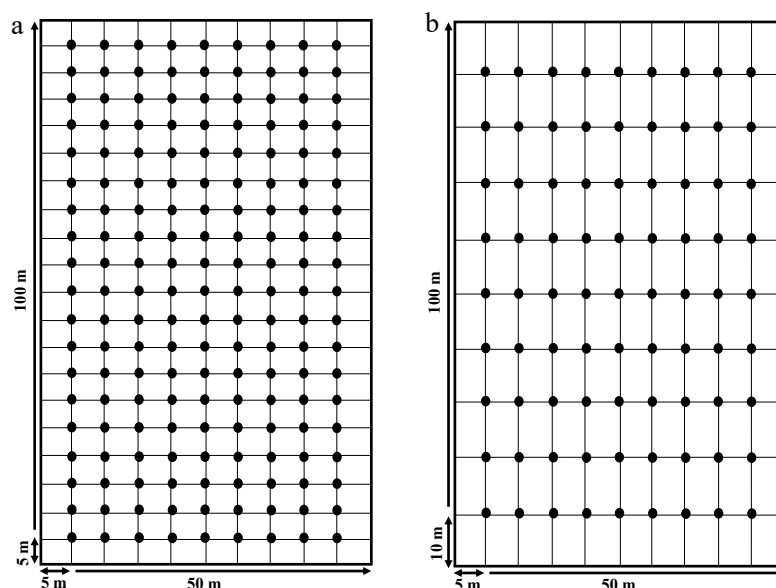
Month	Min Temp (°c)	Max Temp (°c)	Daily Temp (°c)	Rain (mm)
January	-11.0	12.6	0.8	48.3
February	-10.6	14.0	1.7	59.6
March	-2.0	20.6	9.3	63.4
April	-1.9	24.0	11.0	88.1
May	3.0	32.5	17.7	37.7
June	9.7	36.8	23.3	3.0
July	15.7	38.7	27.2	4.7
August	12.7	37.3	25.0	1.1
September	9.1	34.9	22.0	0.0
October	2.6	29.4	16.0	25.4
November	-3.0	20.0	8.5	57.8
December	-6.0	15.5	4.8	45.0
Total	1.5	26.3	13.9	434.1

به‌منظور انجام آزمایش و اعمال روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی در مزارع منتخب، ابتدا با استفاده از روش ماریج (Nkoa et al., 2015) عمل دیده‌بانی و شناسایی گیاهچه‌های گونه‌های علف‌هرز موجود در هر مزرعه در یک بازه زمانی مشخص (حداکثر ۱۲۰ دقیقه) انجام شد (شکل ۱) و قطعه‌ای به مساحت ۰/۵ هکتار (۱۰۰ متر × ۵۰ متر) که پوشش مناسبی از علف‌های هرز را داشته و به‌عبارت دیگر نماینده واقعی مزرعه از لحاظ غنای گونه‌ای و پراکنش علف‌های هرز بود، انتخاب شد (Clay & Johnson, 2000).



شکل ۱. شماتیک روش نمونه‌گیری ماریج برای به‌دست‌آوردن اطلاعات اولیه قبل از شروع مطالعه (Nkoa et al., 2015).

به‌منظور شبکه‌بندی مزرعه و جلوگیری از هرگونه تخریب احتمالی در مزارع کشاورزان، میخ‌های چوبی به ارتفاع ۱/۵ متر و پرچم‌های رنگی (آبی و قرمز به‌صورت یک در میان با فاصله پنج متر در طول مزرعه و مشکی به فاصله پنج متر در عرض مزرعه) در اطراف قطعه زمین مورد مطالعه نصب و نقاط نمونه‌برداری با توجه به آن‌ها تعیین شد. مزارع مورد بررسی با دو روش شبکه‌بندی به‌صورت مربع (پنج متر × پنج متر) و مستطیل (۱۰ متر × پنج متر) مورد بررسی قرار گرفتند (شکل ۲). در محل تلاقی خطوط نیز با استفاده از کوادرات‌های مربع (۱۰۰ × ۱۰۰ سانتی‌متر) و مستطیل (۸۰ × ۱۲۵ سانتی‌متر) به‌صورت عمود بر خطوط کاشت، مساحتی معادل یک متر مربع مورد بررسی قرار گرفت و داده‌های مربوط به تنوع و تراکم علف‌های هرز به تفکیک گونه در مرحله چهارم برگ‌گیری ذرت و پیش از کاربرد علف‌کش طی یک مرحله ثبت شد (Colbach et al., 2000).



شکل ۲. شماتیک روش نمونه برداری شبکه بندی.
a. (5m×5m, 171 points) b. (5m×10m, 81 points).

ساختار مکانی جوامع علف هرز را می توان توسط آماره های کلاسیک و مکانی توصیف نمود (Cardina *et al.*, 1995). همبستگی مکانی بین دو نمونه به صورت یک مدل ریاضی تحت عنوان سمی واریانس در قالب رابطه یک توصیف شد.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad \text{رابطه ۱.}$$

در رابطه بالا، $N(h)$ زوج نمونه ای که به فاصله h از یکدیگر واقع هستند، $Z(x_i)$ تراکم علف هرز در موقعیت x_i ، $Z(x_i+h)$ تراکم علف هرز در نقطه x که در فاصله h از نقطه x_i قرار گرفته است و $\gamma(h)$ سمی واریانس می باشد. سمی واریوگرام تنوع مکانی را به عنوان تابعی از فاصله بین نقاط ژئوگرافیکی توصیف می کند (Mohammadi, 2002).

سمی واریوگرام شامل حد آستانه (C_0+C_s) ، دامنه تأثیر (A_0) و اثر قطعه ای (C_0) می باشد. حد آستانه حدی است که واریوگرام به مقدار ثابتی می رسد. دامنه تأثیر فاصله ای است که در ماورای آن نمونه ها بر هم تأثیر نخواهند داشت. اثر قطعه ای، میزان همبستگی مکانی را نشان می دهد، به عبارت دیگر هرچه اثر قطعه ای کاهش بیشتری یابد از احتمال توزیع تصادفی کاسته شده و همبستگی نمونه ها تشدید خواهد شد (Siayahmargoei *et al.*, 2006). پارامترهای حاصل از برازش این مدل ها برای تخمین تراکم علف هرز بر اساس داده های حاصل از نمونه های موجود استفاده شد. کریجینگ (Kriging) متداول ترین روش آماری تخمین و برآورد متغیر مکانی و به عنوان یک تابع خطی از مجموعه مشاهدات توزیع شده واقع در همسایگی نقطه ای که می خواهیم تخمین بزینم شناخته می شود (Ashrafi *et al.*, 2008). مدل های آماری کریجینگ عبارتند از مدل کروی (Spherical)، دایره ای (Circular)، خطی (Linear)، نمایی (Exponential) و حذفی گاوس (Gaussian) که متداول ترین مدل ها، مدل کروی، خطی و نمایی هستند. خلاصه آماری (میانگین، انحراف معیار، واریانس نمونه، حداقل، حداکثر، چولگی و کشیدگی) و همچنین محاسبات مربوط به واریوگرام توسط نرم افزار $Gs+$ صورت گرفت. به منظور بررسی الگوی پراکنش و توزیع علف های هرز در مزرعه و دستیابی به تخمین علف های هرز در نقاط مختلف مزارع تحت سیستم های آبیاری مختلف، پس از انتقال کلیه داده های روش های شبکه بندی به نرم افزار، نقشه الگوی پراکنش جمعیت گیاهچه های علف های هرز ترسیم شد. نقاط بین نقاط بررسی شده در روش شبکه بندی، به کمک روش کریجینگ تخمین و محاسبه و بدین ترتیب نقشه پراکنش علف های هرز در مزارع بررسی شد.

۳. نتایج پژوهش و بحث

ترکیب علف‌های هرز موجود در مزارع ذرت مورد مطالعه شامل ۲۸ گونه بود. کمترین تعداد گونه علف‌های هرز مربوط به مزرعه دارای سیستم آبیاری قطره‌ای با ۱۲ گونه و بیشترین غنای گونه‌ای مربوط به مزرعه دارای سیستم آبیاری بارانی با ۱۷ گونه بود. گونه‌های یک‌ساله *Convolvulus arvensis* L. چهار گونه غالب در مزارع ذرت مورد مطالعه بودند. واریوگرام گونه‌های مذکور با مدل‌های کروی، نمایی، خطی و گاوسی مطابقت داشت.

۳-۱. همبستگی مکانی گونه‌های علف‌های هرز در سیستم آبیاری قطره‌ای

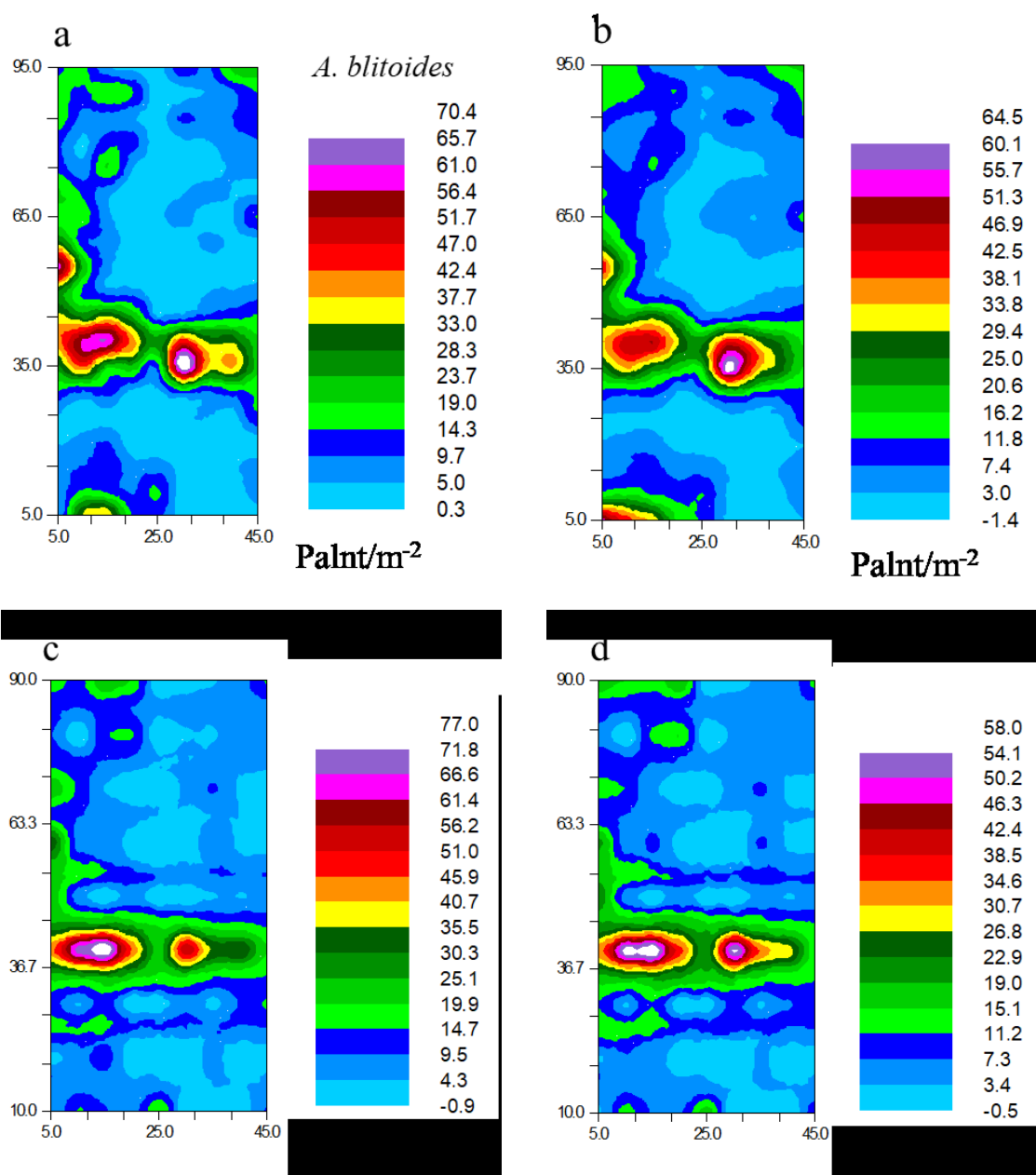
همبستگی مکانی گونه‌های غالب علف‌های هرز در سیستم آبیاری قطره‌ای در جدول ۲ آورده شده است. در این سیستم آبیاری مدل گاوسی بهترین برازش را برای گونه *A. blitoides* در روش‌های مختلف نمونه‌برداری دارا بود؛ به طوری که در روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی مربع ۵ متر \times ۵ متر با کودرات مربع شکل بهترین برازش را نشان داد. در این روش نمونه‌برداری، دامنه تأثیر گونه مذکور ۱۹/۳۶ متر بود؛ در حالی که کودرات مستطیل‌شکل در این روش شبکه‌بندی ضمن کاهش دقت برازش مدل ($R^2 = 0/87$) سبب کاهش برآورد دامنه تأثیر (۱۶/۳۷ متر) این گونه شد. در روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر \times ۵ متر، علی‌رغم همبستگی مکانی بالا و اثر قطعه‌ای پایین، دقت برازش مدل نسبت به روش شبکه‌بندی مربع ۵ متر \times ۵ متر کاهش یافت؛ اما در این روش نمونه‌برداری هم مدل با کادر مربع شکل برازش بهتری داشت و دامنه تأثیر گونه *A. blitoides* را ۱۶/۷۸ متر و بیشتر از کودرات مستطیل‌شکل نشان داد (جدول ۴). دامنه تأثیر در حقیقت الگوی پراکنش علف‌های هرز را نشان می‌دهد. دامنه زیاد نمایانگر این است که بذور یا اندام‌های رویشی تولید مثلی قادر به گسترش مسافت‌های زیادی هستند و این پراکنش به وسیله تجهیزات شخم، ماشین‌های برداشت، کولتیواتور و ... امکان‌پذیر است (Ashrafi et al., 2008). همچنین عملیات زراعی همچون نوع سیستم آبیاری که روی الگوی خیس شدن خاک مزرعه مؤثر است، می‌تواند چگونگی ظهور علف‌های هرز را تحت تأثیر قرار دهد.

جدول ۴. اجزای واریوگرام مربوط به گونه‌های غالب علف‌های هرز ذرت تحت سیستم آبیاری قطره‌ای.

Grid Sampling Method	Quadrat type	Weed species	Model	Co	(Co+C)	Ao	R2	RSS	(Co/Co+C) $\times 100$	Spatial correlation
5 m \times 5m	Square	<i>Amaranthus blitoides</i>	Gaussian	113	304.6	19.36	0.92	1474	37.09	Medium
		<i>Amaranthus retroflexus</i>	Exponential	2.95	5.91	15.95	0.40	2.55	49.91	Medium
		<i>Setaria verticillata</i>	Exponential	4.53	9.06	145.68	0.45	5.13	50	Medium
		<i>Convolvulus arvensis</i>	Spherical	7.21	25.13	15.81	0.78	15.4	28.69	Medium
	Rectangle	<i>Amaranthus blitoides</i>	Gaussian	81.4	228.7	16.73	0.87	1299	35.59	Medium
		<i>Amaranthus retroflexus</i>	Exponential	0.57	3.61	9.84	0.09	1.15	15.78	High
		<i>Setaria verticillata</i>	Exponential	4.16	8.32	165.15	0.39	4.97	50	Medium
		<i>Convolvulus arvensis</i>	Spherical	8.31	24.58	17.4	0.80	14.3	33.80	Medium
5 m \times 10m	Square	<i>Amaranthus blitoides</i>	Gaussian	0.1	275.5	16.78	0.81	9304	0.03	High
		<i>Amaranthus retroflexus</i>	Exponential	6.48	12.97	54.67	0.28	17.6	49.96	Medium
		<i>Setaria verticillata</i>	Exponential	8.53	17.12	171.93	0.27	31	49.82	Medium
		<i>Convolvulus arvensis</i>	Spherical	2.44	25.27	16.28	0.80	35	9.65	High
	Rectangle	<i>Amaranthus blitoides</i>	Gaussian	0.1	185.5	15.9	0.80	4201	0.05	High
		<i>Amaranthus retroflexus</i>	Exponential	1.27	12.27	7.8	0.03	7.88	10.35	High
		<i>Setaria verticillata</i>	Exponential	8.27	16.6	187.92	0.23	32.3	49.81	Medium
		<i>Convolvulus arvensis</i>	Spherical	5.11	24.71	17	0.91	10.9	20.67	High

Co: اثر قطعه‌ای، (Co+C): حد آستانه، Ao: دامنه تأثیر، RSS: مجموع مربعات باقیمانده، $100 \times (C_0/C_0+C)$: درصد اثر قطعه‌ای.

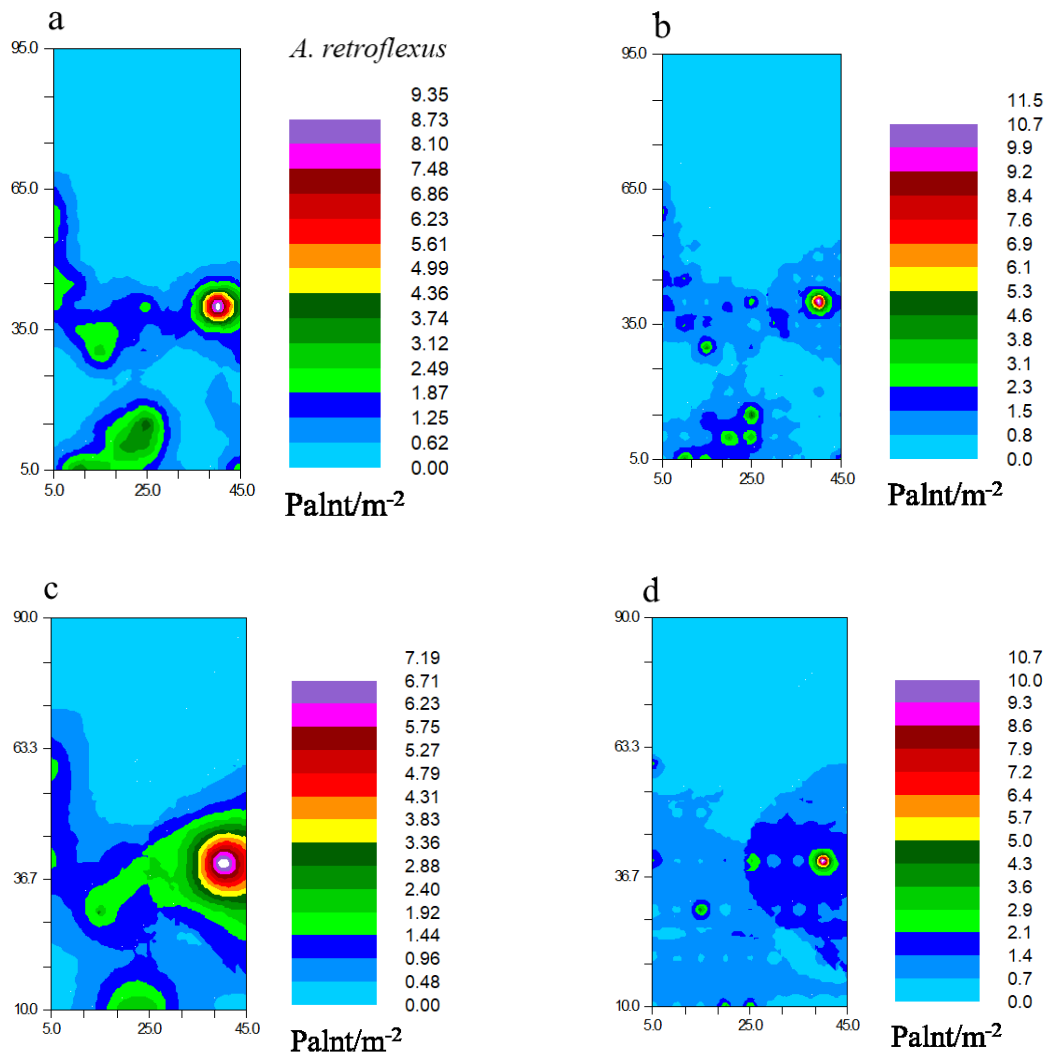
نقشه‌های مربوط به روش‌های مختلف نمونه‌برداری ظهور لکه گونه *A. blitoides* را به صورت کشیده در عرض و بخش میانی قطعه مورد مطالعه نشان داد. استفاده از کودرات مستطیل، لکه‌های گونه مذکور را در هر دو روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی به صورت کوچک‌تر در نقشه‌ها نشان داد؛ به طوری که قطر لکه علف‌هرز را در طول مزرعه تحت سیستم آبیاری قطره‌ای در مقایسه با کودرات مربع کمتر برآورد کرد. همچنین در روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر \times ۵ متر، کادر مستطیل‌شکل تراکم گونه مذکور را کمتر از تراکم واقعی برآورد نمود که این امر ناشی از الگوی خیس شدن خاک در این سیستم آبیاری است، چرا که کادر مربع طول بیشتری از خطوط کاشت را در پوشش می‌دهد (شکل ۳ b و d).



شکل ۳. توزیع و تراکم گونه *Amaranthus blitoides* S. Watson در روش‌های مختلف نمونه‌برداری تحت سیستم آبیاری قطره‌ای.

a: Square grid sampling methods 5m×5m with square quadrate, b: Square grid sampling methods 5m×5m with rectangle quadrate, c: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with square quadrate, d: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with rectangle quadrate.

به‌طور کلی، مدل‌ها برازش مطلوبی را برای گونه‌های *A. retroflexus* و *S. verticillata* در روش‌های مختلف نمونه‌برداری نشان ندادند؛ اما مدل‌هایی در روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی مربع ۵ متر × ۵ متر با کوادرات مربع شکل به ترتیب با $R^2 = 0/40$ و $R^2 = 0/45$ بهترین برازش را برای گونه‌های مذکور داشتند. دامنه تأثیر در گونه *A. retroflexus* در روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی مربع ۵ متر × ۵ متر با کوادرات مربع‌شکل، به‌واسطه تیپ رشدی ایستاده این گونه در مقایسه با گونه *A. blitoides* که تیپ رشدی خوابیده دارد، کمتر (۱۵/۹۵ متر) بود (جدول ۴). با توجه به نقشه‌های خروجی مشاهده شد که استفاده از کوادرات مستطیل‌شکل در روش آبیاری قطره‌ای لکه‌های گونه مذکور را کمتر از میزان واقعی نشان داد (شکل ۴ b و d).

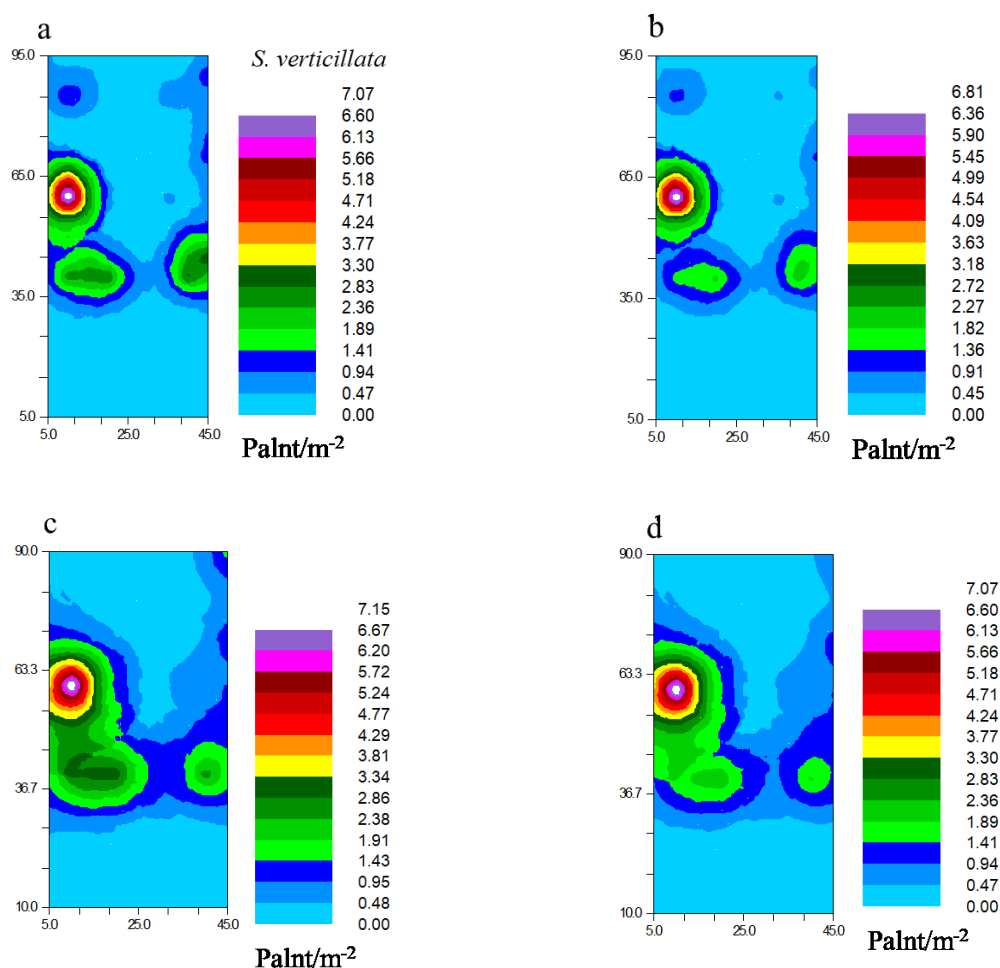


شکل ۴. توزیع و تراکم گونه *A. retroflexus* L. در روش‌های مختلف نمونه‌برداری تحت سیستم آبیاری قطره‌ای.

a: Square grid sampling methods 5m×5m with square quadrat, b: Square grid sampling methods 5m×5m with rectangle quadrat, c: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with square quadrat, d: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with rectangle quadrat.

در روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر با کوادرات مربع‌شکل، لکه‌های گونه *A. retroflexus* را در مقایسه با روش شبکه‌بندی مربع ۵ متر × ۵ متر با کوادرات مربع، بزرگ‌تر نشان داد (شکل ۴ a و c). لازم به ذکر است که دقت برازش مدل نیز در این روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی برای گونه مذکور پایین‌تر ($R^2=0/28$) بود (جدول ۴).

نقشه‌های خروجی در گونه باریک‌برگ *S. verticillata* نشان داد که روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر در هر دو شکل کوادرات نمونه‌برداری، اندازه لکه گونه مذکور را بزرگ‌تر از روش شبکه‌بندی معیار (۵ متر × ۵ متر) برآورد کرد. درحالی‌که در روش شبکه‌بندی ۵ متر × ۵ متر، کوادرات مستطیل‌شکل از لحاظ شکل و اندازه لکه تفاوتی با کوادرات مربع شکل نشان نداد؛ اما تراکم گیاهچه‌های این گونه را اندکی کمتر برآورد نمود (شکل ۵ a و b).



شکل ۵. توزیع و تراکم گونه *Setaria verticillata* P.Beauv در روش‌های مختلف نمونه‌برداری تحت سیستم آبیاری قطره‌ای.

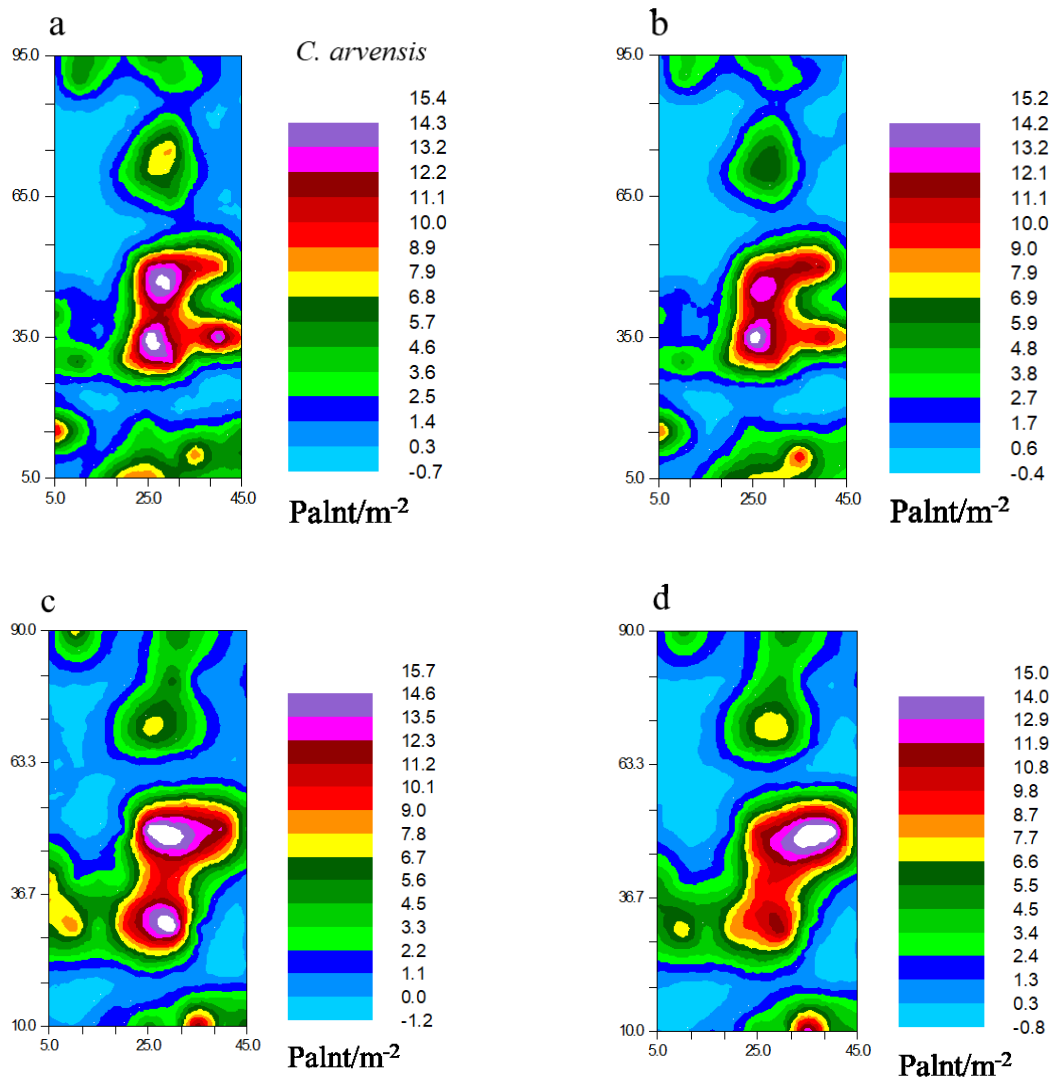
a: Square grid sampling methods 5m×5m with square quadrates, b: Square grid sampling methods 5m×5m with rectangle quadrates, c: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with square quadrates, d: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with rectangle quadrates.

دامنه تأثیر در گونه *S. verticillata* بالا بود؛ به طوری که در روش شبکه‌بندی ۵ متر × ۵ متر با کوادرات مربع و مستطیل به ترتیب ۱۴۵/۶۸ متر و ۱۶۵/۱۵ متر برآورد شد (جدول ۴). محققان در مطالعه خود در مزرعه چغندر قند اظهار داشتند که دامنه تأثیر گونه‌های باریک‌برگ بیشتر بوده و به عبارت دیگر قطر لکه‌های گونه‌های باریک‌برگ بزرگ‌تر است (Roham *et al.*, 2012). در مطالعه دیگری اعلام شد که گونه‌های باریک‌برگ بیشترین دامنه تأثیر را دارا بودند. آنها اظهار داشتند بذرهایی که سازگاری بیشتری برای پراکنش دارند، قطعاً لکه‌های گستره‌تری هم خواهند داشت (Siyahmargoei *et al.*, 2006).

محققان اظهار داشتند که اجرای عملیات‌های زراعی در مزرعه همچون جهت ترافیک ماشین‌آلات کشاورزی، جهت ردیف‌های آبیاری و باد نقش مهمی را در افزایش دامنه کشیدگی لکه علف‌های هرز در جهت ردیف زراعی را دارند (Siyahmargoei *et al.*, 2006). گیاهچه‌های علف‌های هرز غالباً به صورت لکه‌هایی با اندازه و تراکم متفاوت دیده می‌شوند (Schuster *et al.*, 2007). به طوری که همواره بخشی از مزرعه زیر حد آستانه خسارت اقتصادی قرار داشته و و بخش‌های دیگر آن بالای آستانه اقتصادی می‌باشد (Cardina *et al.*, 1995)؛ اما این مسئله در عملیات کشاورزی عمدتاً مورد بی‌اعتنایی قرار گرفته و اتخاذ تصمیمات به منظور مبارزه با علف‌های هرز اغلب بر اساس میانگین فشار علف‌هرز بوده و به طور یکنواختی در سراسر مزرعه انجام می‌شود (Loghavi & Mackvandi, 2008).

دقت برازش مدل کروی در گونه چندساله *C. arvensis* در دو روش شبکه‌بندی با کوادرات‌های مربع و مستطیل شکل، تفاوت چندانی را نشان نداد (جدول ۴). نقشه‌های خروجی نشان داد که کوادرات مربع و مستطیل شکل در هر روش شبکه‌بندی از نظر برآورد اندازه و

شکل لکه علف‌هرز با یکدیگر تفاوتی نداشتند؛ اما روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر اندازه لکه‌های این گونه را در مقایسه با روش شبکه‌بندی مربع ۵ متر × ۵ متر، بزرگ‌تر نشان داد (شکل ۶).



شکل ۶. توزیع و تراکم گونه *Convolvulus arvensis* L. در روش‌های مختلف نمونه‌برداری تحت سیستم آبیاری قطره‌ای.

a: Square grid sampling methods 5m×5m with square quadrat, b: Square grid sampling methods 5m×5m with rectangle quadrat, c: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with square quadrat, d: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with rectangle quadrat.

در بین روش‌های نمونه‌برداری، روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر با کوادرات مربع و مستطیل، اثر قطعه‌ای پایینی داشته و همبستگی مکانی بالایی را برای گونه *C. arvensis* نشان دادند (جدول ۴). محققان گزارش کردند که هر چه اثر قطعه‌ای کوچک‌تر باشد، از تصادفی بودن توزیع علف‌های هرز کاسته شده و همبستگی مکانی قوی‌تری ایجاد می‌شود (Ashrafi et al., 2008).

۲-۳. همبستگی مکانی گونه‌های علف‌های هرز در سیستم آبیاری نشتی

همبستگی مکانی گونه‌های غالب علف‌های هرز در سیستم آبیاری نشتی در جدول ۳ آورده شده است. دقت برازش مدل نمای برای گونه *A. blitoides* در روش شبکه‌بندی ۵ متر × ۵ متر با کوادرات مربع ($R^2 = 0.70$) نسبت به سایر روش‌های نمونه‌برداری بالاتر بود و همبستگی مکانی متوسط مشاهده شد. دامنه تأثیر گونه مذکور در این روش نمونه‌برداری، ۸۰/۶۵ متر در مزرعه ذرت تحت سیستم

آبیاری نشتی برآورد شد (جدول ۵). احتمالاً الگوی خیس شدن خاک در سیستم آبیاری نشتی و خصوصیات بیولوژیکی گونه سبب بروز لکه‌های بزرگ در مزرعه شده است.

جدول ۵. اجزای واریوگرام مربوط به گونه‌های غالب علف‌های هرز ذرت تحت سیستم آبیاری نشتی.

Grid Sampling Method	Quadrat type	Weed species	Model	C ₀	(C ₀ +C)	A ₀	R ²	RSS	(C ₀ /C ₀ +C) × 100	Spatial correlation
5 m × 5m	Square	<i>Amaranthus blitoides</i>	Exponential	627	1677	80.65	0.70	62964	37.38	Medium
		<i>Amaranthus retroflexus</i>	Exponential	1.2	2.92	80.36	0.74	0.132	41.09	Medium
		<i>Setaria verticillata</i>	Spherical	0.03	0.09	101	0.86	1.968	33.33	Medium
		<i>Convolvulus arvensis</i>	Spherical	4.64	10.47	96.41	0.87	1.64	44.31	Medium
	Rectangle	<i>Amaranthus blitoides</i>	Exponential	48	1353	9.84	0.09	231397	3.54	High
		<i>Amaranthus retroflexus</i>	Exponential	1.02	2.89	76.33	0.82	0.103	35.29	Medium
		<i>Setaria verticillata</i>	Spherical	0.04	0.11	101	0.89	1.924	36.36	Medium
		<i>Convolvulus arvensis</i>	Gaussian	7.34	14.69	88.45	0.82	3.57	49.96	Medium
5 m × 10m	Square	<i>Amaranthus blitoides</i>	Exponential	1085	4248	91	0.69	372124	25.54	Medium
		<i>Amaranthus retroflexus</i>	Exponential	0.05	1.64	7.26	0.17	0.147	3.04	High
		<i>Setaria verticillata</i>	Exponential	0.02	0.12	273	0.62	4.701	16.66	High
		<i>Convolvulus arvensis</i>	Exponential	8.45	21.73	193.2	0.43	28.7	11.24	High
	Rectangle	<i>Amaranthus blitoides</i>	Exponential	1944	5000	91	0.57	583382	38.88	Medium
		<i>Amaranthus retroflexus</i>	Exponential	1.02	3.27	91	0.85	0.074	31.19	Medium
		<i>Setaria verticillata</i>	Gaussian	0.04	0.12	54.59	0.86	6.444	33.33	Medium
		<i>Convolvulus arvensis</i>	Exponential	11.76	30.37	196.9	0.46	55	38.72	Medium

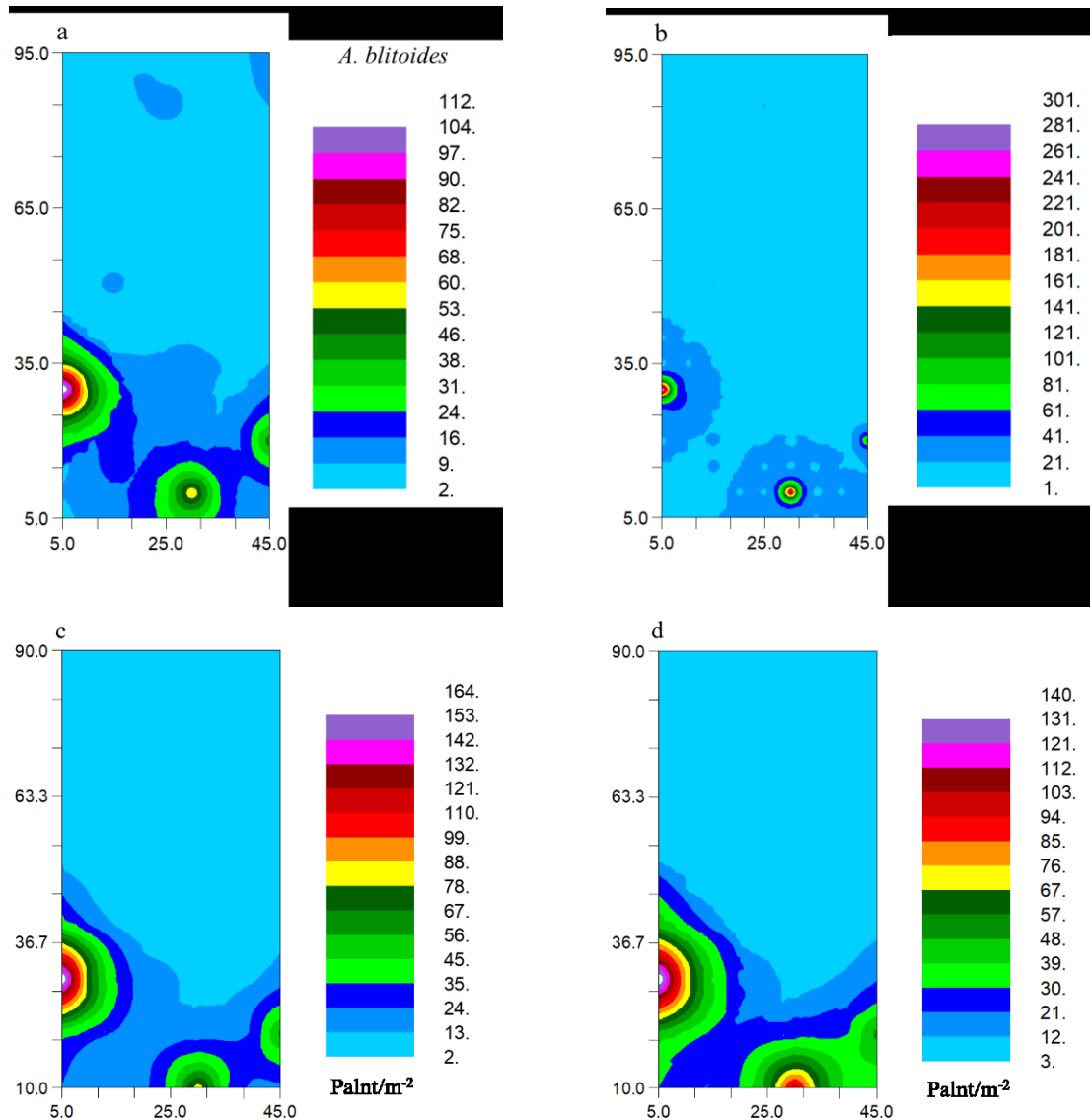
C₀: اثر قطعه‌ای، (C₀+C): حد آستانه، A₀: دامنه تأثیر، RSS: مجموع مربعات باقیمانده، 100 × (C₀/C₀+C): درصد اثر قطعه‌ای.

روش‌های مختلف نمونه‌برداری، ظهور لکه‌های گونه مذکور را در بخش پایینی و حاشیه مزرعه نشان دادند. با توجه به خروجی نقشه‌ها مشاهده شد که روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر اندازه لکه گونه *A. blitoides* را بزرگ‌تر و تراکم بوته این گونه را بیشتر از تراکم روش شبکه‌بندی معیار برآورد نمود (شکل ۷).

دقت برازش مدل نمایی برای گونه *A. retroflexus* در هر دو روش شبکه‌بندی مربع ۵ متر × ۵ متر و مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر با استفاده از کوادرات مستطیل شکل به ترتیب با $R^2 = 0/82$ و $R^2 = 0/85$ بالا بود و دامنه تأثیر گونه مذکور را به ترتیب ۸۰/۳۶ متر و ۹۱ متر برآورد کرده و همبستگی مکانی متوسط نشان دادند (جدول ۵). نقشه‌های خروجی هم نشان داد که اندازه لکه علف‌هرز در نمونه‌برداری با کوادرات مستطیل شکل، اندکی بزرگ‌تر از کوادرات مربع شکل مشاهده شد. با توجه به نقشه‌های می‌توان گفت هنگامی که از روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی با ابعاد بزرگ‌تر (۱۰ متر × ۵ متر) استفاده شد، کوادرات مستطیل شکل توانست دقت بیشتری را در برآورد گونه *A. retroflexus* داشته باشد (شکل ۸).

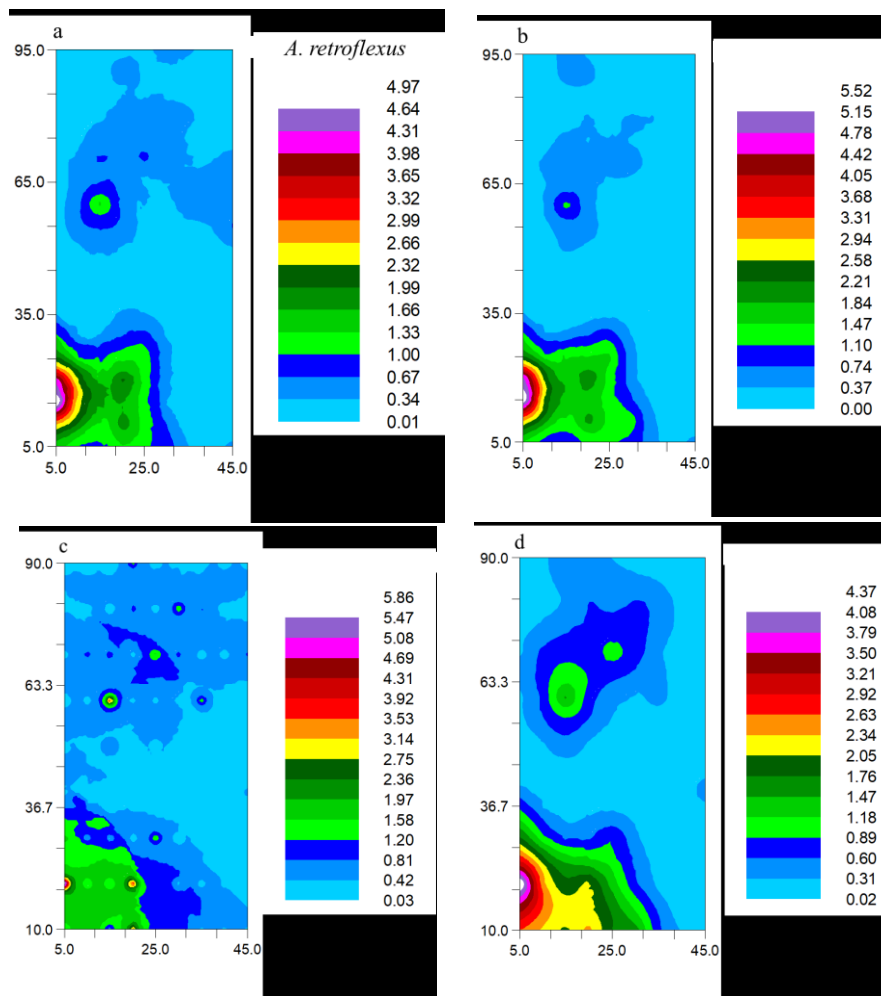
واریوگرام گونه باریک‌برگ *S. verticillata* در روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی مربع ۵ متر × ۵ متر در هر دو شکل کوادرات با مدل کروی و در روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر با کوادرات مربع شکل با مدل نمایی و کوادرات مستطیل شکل با مدل گاوسی مطابقت داشت. مدل کروی از نظر دقت برازش در روش شبکه‌بندی مربع ۵ متر × ۵ متر با هر دو شکل کوادرات مربع و مستطیل (به ترتیب $R^2 = 0/86$ و $R^2 = 0/89$) اختلاف چندانی نداشت؛ در حالی که در روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر با

کوادرات نمونه‌برداری مستطیل شکل ($R^2=0/۸۶$)، دقت برازش مدل بالاتر از کوادرات نمونه‌برداری مربع شکل ($R^2=0/۶۲$) بود. کوادرات مستطیل و مربع شکل در روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی مربع ۵×۵ متر دامنه تأثیر این گونه را یکسان (۱۰۱ متر) برآورد کرده و ضمن داشتن اثر قطعه‌ای پایین، همبستگی مکانی متوسط نشان دادند. روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰×۵ متر نیز ضمن داشتن اثر قطعه‌ای پایین، همبستگی مکانی متوسط نشان داد، اما دامنه تأثیر گونه *S. verticillata* را کمتر ($۵۴/۵۹$ متر) برآورد نمود (شکل ۹). نقشه‌های خروجی نیز منطبق با نتایج ارائه شده بود. محققان اعلام کردند که گونه‌های باریک‌برگ به‌صورت لکه‌های بزرگ در مزرعه ظهور می‌یابند (Gholami Golafshan et al., 2009).



شکل ۷. توزیع و تراکم گونه *Amaranthus blitoides* S. Watson در روش‌های مختلف نمونه‌برداری تحت سیستم آبیاری نشتی.

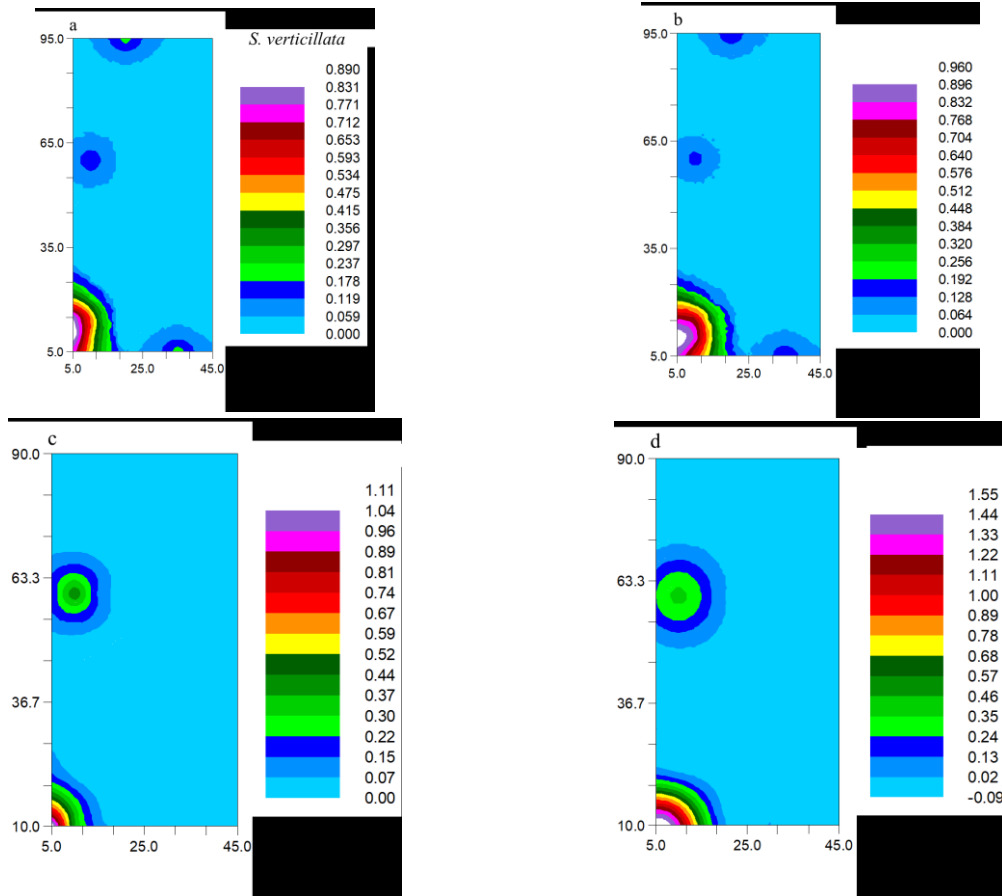
a: Square grid sampling methods $5m \times 5m$ with square quadrat, b: Square grid sampling methods $5m \times 5m$ with rectangle quadrat, c: Rectangular grid sampling, along the field $5m \times 10m$ with square quadrat, d: Rectangular grid sampling, along the field $5m \times 10m$ with rectangle quadrat.



شکل ۸. توزیع و تراکم گونه *Amaranthus retroflexus* L. در روش‌های مختلف نمونه‌برداری تحت سیستم آبیاری نشتی.

a: Square grid sampling methods 5m×5m with square quadrate, b: Square grid sampling methods 5m×5m with rectangle quadrate, c: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with square quadrate, d: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with rectangle quadrate.

در روش شبکه‌بندی مربع ۵ متر × ۵ متر با کوادرات نمونه‌برداری مربع‌شکل مدل کروی ($R^2 = 0/87$) و در نمونه‌برداری با کوادرات مستطیل‌شکل مدل گاوسی ($R^2 = 0/82$) دقت برآزش بالاتری را در مقایسه با روش شبکه‌بندی مستطیل‌شکل ۱۰ متر × ۵ متر در گونه چندساله *C. arvensis* نشان دادند. اندازه لکه‌های این گونه با توجه به این که ظهور بوته‌ها هم ناشی از تکثیر جنسی و هم غیر جنسی است و همچنین به دلیل الگوی خیس شدن سطح مزرعه در روش آبیاری نشتی، بزرگ بود؛ به طوری که در روش شبکه‌بندی مربع ۵ متر × ۵ متر با کوادرات نمونه‌برداری مربع‌شکل ۹۶/۴۱ متر و با کوادرات نمونه‌برداری مستطیل‌شکل ۸۸/۴۵ متر برآورد شد (جدول ۵). با توجه به نقشه‌های خروجی نیز مشاهده شد که هر دو کوادرات مربع و مستطیل‌شکل در روش شبکه‌بندی مربع ۵ متر × ۵ متر از لحاظ شکل لکه با یکدیگر تفاوتی چندانی نداشتند؛ اما کوادرات مستطیل‌شکل اندازه لکه‌های پرتراکم را بزرگ‌تر از کوادرات مربع‌شکل برآورد نمود. روش شبکه‌بندی مستطیل‌شکل در هر دو شکل کوادرات نمونه‌برداری، تراکم گیاهچه‌های این گونه را بیشتر از روش شبکه‌بندی معیار برآورد نمود (شکل ۱۰).

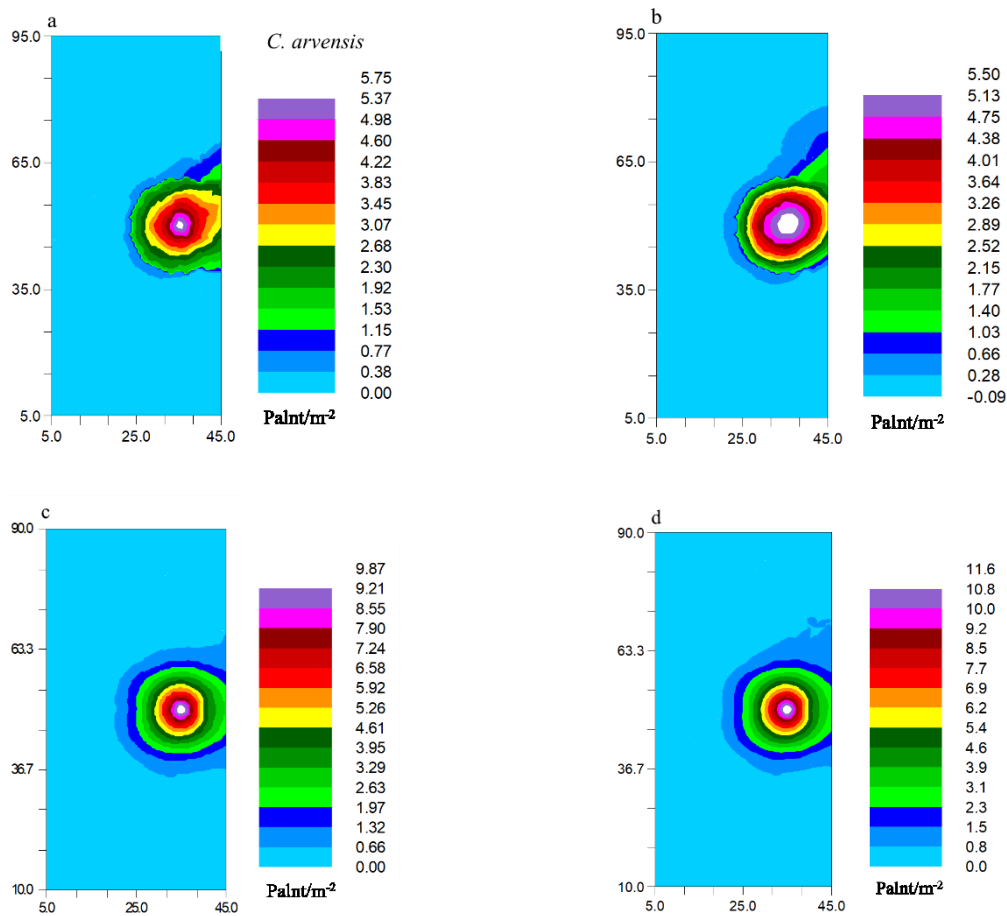


شکل ۹. توزیع و تراکم گونه *Setaria verticillata* P. Beauv در روش‌های مختلف نمونه‌برداری تحت سیستم آبیاری نشتی.

a: Square grid sampling methods 5m×5m with square quadrate, b: Square grid sampling methods 5m×5m with rectangle quadrate, c: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with square quadrate, d: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with rectangle quadrate.

۳-۳. همبستگی مکانی گونه‌های علف‌های هرز در سیستم آبیاری بارانی

همبستگی مکانی گونه‌های غالب علف‌های هرز در سیستم آبیاری بارانی در جدول ۴ آورده شده است. دقت برازش مدل نمایی برای گونه *A. blitoides* در روش شبکه‌بندی ۵ متر × ۵ متر با کوادرات مربع و مستطیل به ترتیب $R^2 = 0/92$ و $R^2 = 0/90$ نسبت به روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی ۱۰ متر × ۵ متر بالاتر بود. دامنه تأثیر گونه مذکور در روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی ۵ متر × ۵ متر با کوادرات مربع و مستطیل به ترتیب ۲۱/۱۹ و ۲۰/۱۶ متر در مزرعه ذرت تحت سیستم آبیاری بارانی برآورد گردید و همبستگی مکانی بالایی مشاهده شد (جدول ۶). نقشه‌های خروجی نشان داد، از لحاظ شکل کلی لکه‌ها اختلاف چندانی بین کوادرات نمونه‌برداری مربع و مستطیل در هر دو روش شبکه‌بندی ۵ متر × ۵ متر و ۱۰ متر × ۵ متر وجود نداشت، اما کوادرات مستطیل شکل، اندازه لکه‌های پرتراکم را کمتر از کوادرات مربع شکل برآورد نمود. در این روش آبیاری، لکه‌های گونه *A. blitoides* به صورت متراکم و با تعداد زیاد در مزرعه ذرت مشاهده گردید که احتمالاً ناشی از الگوی خیس شدن سراسری خاک باشد که سبب شده لکه‌های پرتراکم به صورت مجزا در بخش‌های مختلف مزرعه دیده شود (شکل ۱۱).



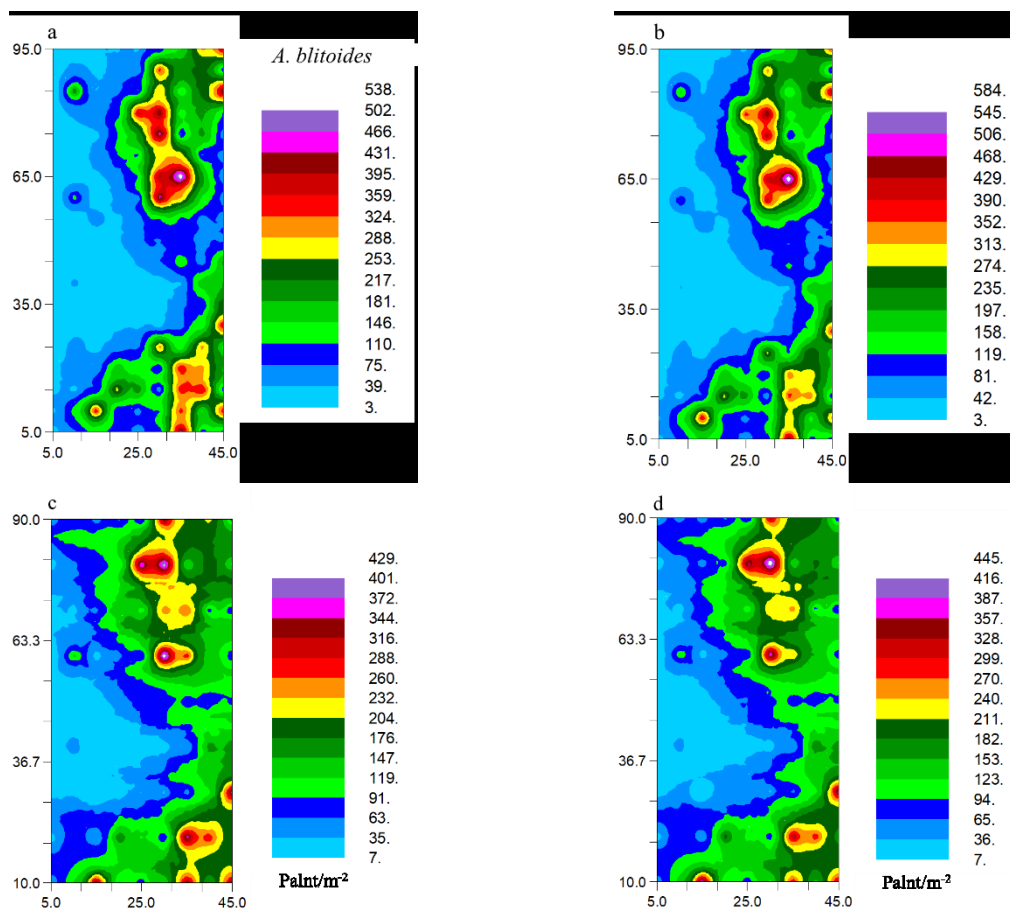
شکل ۱۰. توزیع و تراکم گونه *Convolvulus arvensis* L. در روش‌های مختلف نمونه‌برداری تحت سیستم آبیاری نشتی.

a: Square grid sampling methods 5m×5m with square quadrat, b: Square grid sampling methods 5m×5m with rectangle quadrat, c: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with square quadrat, d: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with rectangle quadrat.

جدول ۶. اجزای واریوگرام مربوط به گونه‌های غالب علف‌های هرز ذرت تحت سیستم آبیاری بارانی.

Grid Sampling Method	Quadrat type	Weed species	Model	C _o	(C _o +C)	A _o	R ²	RSS	(C _o /C _o +C) 100×	Spatial correlation
5 m × 5m	Square	<i>Amaranthus blitoides</i>	Exponential	1390	19060	20.19	0.92	3974541	7.29	High
		<i>Amaranthus retroflexus</i>	Gaussian	2370	7163	15.88	0.97	291074	33.08	Medium
		<i>Setaria verticillata</i>	Linear	118.08	177.76	46.69	0.84	494	66.42	Low
	Rectangle	<i>Convolvulus arvensis</i>	Exponential	0.32	2.31	11.82	0.20	0.407	13.85	High
		<i>Amaranthus blitoides</i>	Exponential	1330	18310	20.16	0.90	4760645	7.26	High
		<i>Amaranthus retroflexus</i>	Gaussian	2030	6907	16.28	0.97	233391	29.39	Medium
5 m × 10m	Square	<i>Setaria verticillata</i>	Linear	118.43	169.15	46.69	0.78	521	70.01	Low
		<i>Convolvulus arvensis</i>	Exponential	1.92	4.11	94.43	0.72	0.187	46.71	Medium
		<i>Amaranthus blitoides</i>	Exponential	1710	18030	17.07	0.56	2.821	9.48	High
	Rectangle	<i>Amaranthus retroflexus</i>	Gaussian	2590	9037	14.84	0.77	5204170	28.65	Medium
		<i>Setaria verticillata</i>	Linear	65.99	87.45	41.69	0.71	119	75.46	Very low
		<i>Convolvulus arvensis</i>	Exponential	0.04	1.20	3.9	0.002	0.184	3.33	High
Rectangle	<i>Amaranthus blitoides</i>	Exponential	1430	16910	17.37	0.56	2.732	8.45	High	
	<i>Amaranthus retroflexus</i>	Spherical	1010	8694	17.73	0.79	4818480	11.61	High	
	<i>Setaria verticillata</i>	Linear	58.20	80.18	41.70	0.72	127	72.58	Low	
		<i>Convolvulus arvensis</i>	Exponential	9.60	72.44	7.92	0.13	396	13.25	High

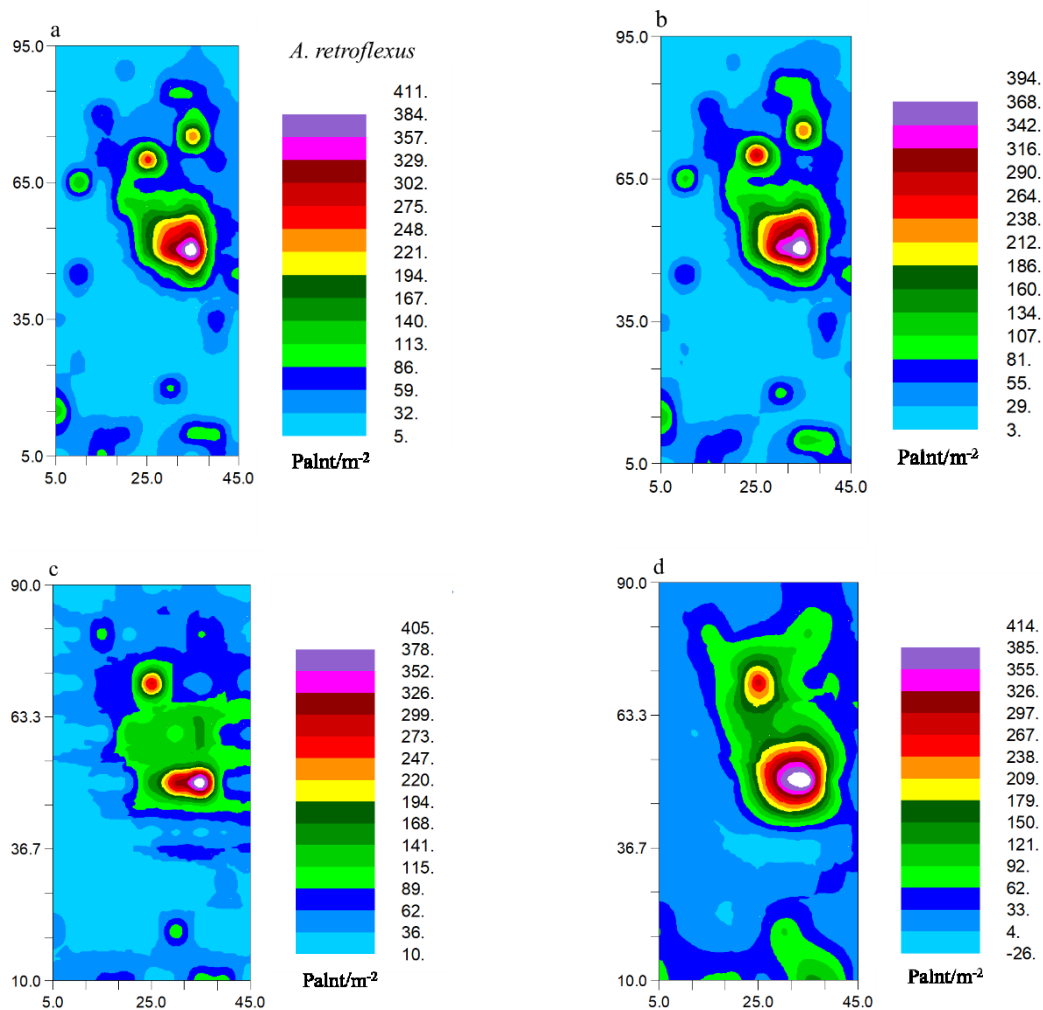
C_o: اثر قطعه‌ای، (C_o+C): حد آستانه، A_o: دامنه تأثیر، RSS: مجموع مربعات باقیمانده، 100 × (C_o/C_o+C): درصد اثر قطعه‌ای.



شکل ۱۱. توزیع و تراکم گونه *Amaranthus blitoides* S. Watson در روش‌های مختلف نمونه‌برداری تحت سیستم آبیاری بارانی.

a: Square grid sampling methods 5m×5m with square quadrat, b: Square grid sampling methods 5m×5m with rectangle quadrat, c: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with square quadrat, d: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with rectangle quadrat.

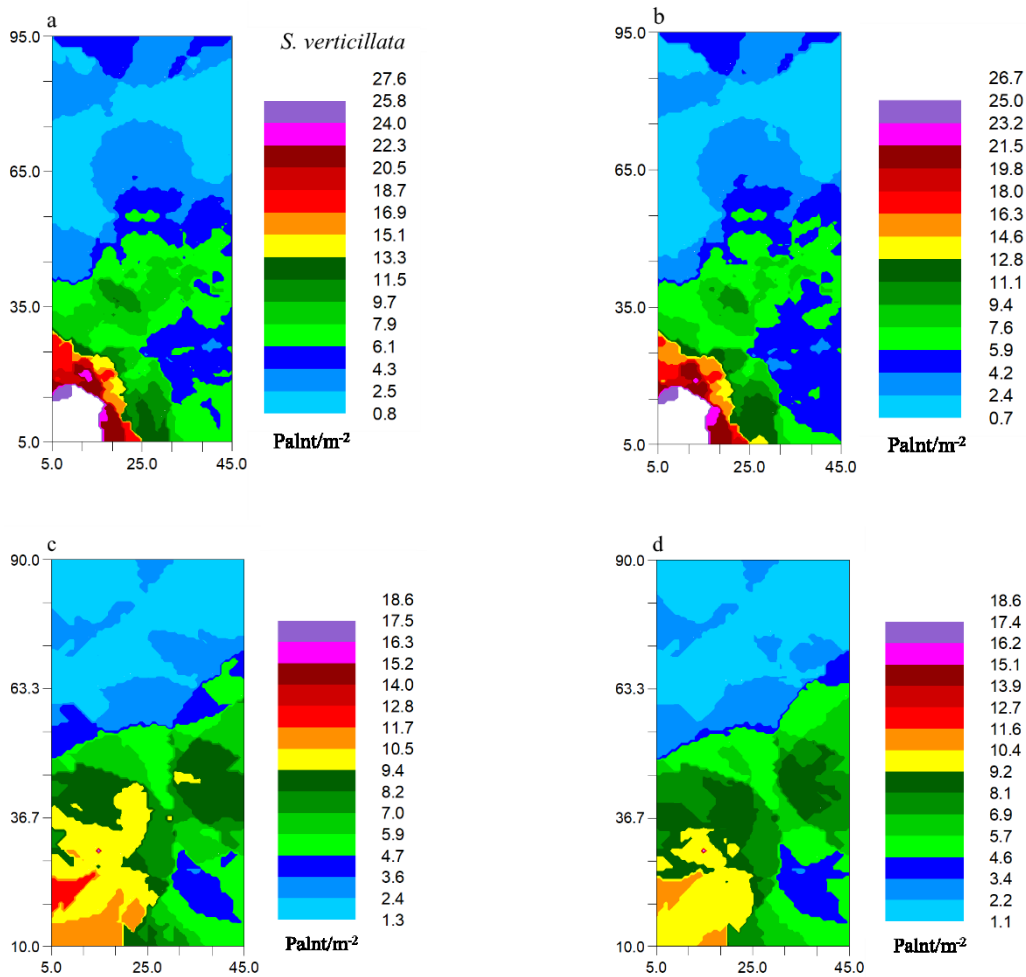
دقت برازش مدل گاوسی برای گونه *A. retroflexus* در روش شبکه‌بندی ۵ متر × ۵ متر با کوادرات مربع و مستطیل با $R^2 = 0.97$ نسبت به روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی ۱۰ متر × ۵ متر بالاتر بود. دامنه تأثیر گونه مذکور در روش شبکه‌بندی ۵ متر × ۵ متر با کوادرات مربع ۱۵/۸۸ متر بود؛ درحالی که در کوادرات مستطیل شکل اندازه لکه علف‌هرز کمی بزرگ‌تر و ۱۶/۲۸ متر برآورد گردید و همبستگی مکانی متوسط در آنها مشاهده شد. روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر با کوادرات مستطیل شکل علاوه بر برآورد بزرگ‌تر لکه علف‌هرز، بیشترین دامنه تأثیر را دارا بود و همبستگی مکانی بالایی را نشان داد (جدول ۶). نقشه‌های خروجی نشان داد که در روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی ۵ متر × ۵ متر گونه *A. retroflexus* نیز به‌صورت لکه‌های متراکم و مجزا در مزرعه ذرت تحت سیستم آبیاری بارانی مشاهده شدند (شکل ۱۲ a و b). در روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی ۱۰ متر × ۵ متر تعداد لکه‌های پرتراکم این گونه کمتر بود (شکل ۱۲ c و d).



شکل ۱۲. توزیع و تراکم گونه *Amaranthus retroflexus* L. در روش‌های مختلف نمونه‌برداری تحت سیستم آبیاری بارانی.

a: Square grid sampling methods 5m×5m with square quadrat, b: Square grid sampling methods 5m×5m with rectangle quadrat, c: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with square quadrat, d: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with rectangle quadrat.

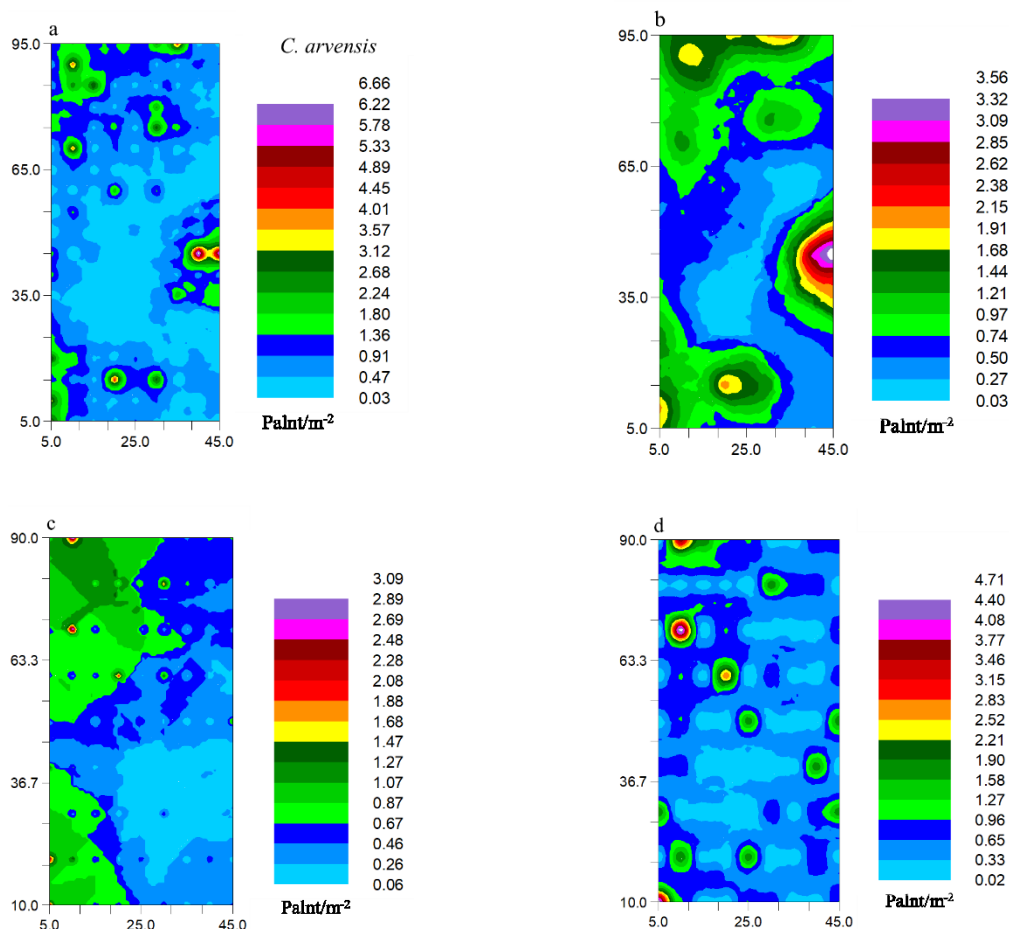
دقت برازش مدل خطی در گونه باریک‌برگ *S. verticillata* در روش شبکه‌بندی مربع ۵ متر × ۵ متر با کوادرات نمونه‌برداری مربع و مستطیل شکل به ترتیب $R^2 = 0/84$ و $R^2 = 0/78$ بود. دامنه تأثیر این گونه در این روش شبکه‌بندی در هر دو شکل کوادرات نمونه‌برداری ۴۶/۶۹ متر برآورد شد. باتوجه به اینکه همبستگی مکانی در همه روش‌های نمونه‌برداری ضعیف بود (جدول ۶)؛ از این رو، نقشه‌های خروجی نیز اندازه و شکل لکه‌های علف‌هرز را به خوبی نمایش ندادند. با این حال لکه‌های با تراکم بالای این گونه در گوشه پایینی قطعه مورد مطالعه مشاهده شد که به تدریج به بخش میانی مزرعه توسعه یافته بود. در این گونه نیز روش شبکه‌بندی ۱۰ متر × ۵ متر اندازه لکه علف‌هرز را در مزرعه ذرت بزرگ‌تر نشان داد؛ اما از لحاظ تراکم گیاهچه، تعداد کمتری از بوته را در لکه‌ها در مقایسه با روش شبکه‌بندی ۵ متر × ۵ متر برآورد نمود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳. توزیع و تراکم گونه *Setaria verticillata* P.Beauv در روش‌های مختلف نمونه‌برداری تحت سیستم آبیاری بارانی.

a: Square grid sampling methods 5m×5m with square quadrat, b: Square grid sampling methods 5m×5m with rectangle quadrat, c: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with square quadrat, d: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with rectangle quadrat.

واریوگرام گونه چندساله *C. arvensis* در هر دو روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی ۵ متر × ۵ متر و ۱۰ متر × ۵ متر در هر دو شکل کوادرات، با مدل نمایی مطابقت داشت. بالاترین دقت برازش مدل نمایی برای گونه مذکور در روش شبکه‌بندی ۵ متر × ۵ متر با کوادرات نمونه‌برداری مستطیل شکل ($R^2 = 0.72$) با همبستگی مکانی متوسط مشاهده شد. دامنه تأثیر گونه *C. arvensis* در این روش نمونه‌برداری ۹۴/۴۳ متر بود که احتمالاً متأثر از خصوصیات بیولوژیکی همچون قابلیت تکثیر جنسی و غیر جنسی و همچنین الگوی خیس شدن سراسری خاک مزرعه در سیستم آبیاری بارانی باشد (جدول ۶). نقشه خروجی نشان داد که ظهور لکه‌های گونه مذکور در بخش میانی قطعه مورد مطالعه اندک بود و در بخش‌های حاشیه مزرعه لکه‌های پرتراکم این گونه مشاهده شد (شکل ۱۴ b). سایر روش‌های نمونه‌برداری، لکه‌های علف‌هرز را کوچک‌تر و به‌صورت مجزا در سطح مزرعه نشان دادند (شکل ۱۴).



شکل ۱۴. توزیع و تراکم گونه *Convolvulus arvensis* L. در روش‌های مختلف نمونه‌برداری تحت سیستم آبیاری بارانی.

a: Square grid sampling methods 5m×5m with square quadrat, b: Square grid sampling methods 5m×5m with rectangle quadrat, c: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with square quadrat, d: Rectangular grid sampling, along the field 5m×10m with rectangle quadrat.

۴. نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نقشه‌های توزیع مکانی، توزیع لکه‌های علف‌های هرز و اثرگذاری سیستم آبیاری بر چگونگی ظهور لکه‌ها را تأیید نمود که متأثر از خصوصیات بیولوژیکی و الگوی خیس شدن خاک مزرعه بود. واریوگرام گونه‌های مورد مطالعه نشان داد که در سیستم آبیاری نشتی دامنه تأثیر گونه‌ها در مقایسه با سایر سیستم‌های آبیاری افزایش یافت؛ به‌طوری که بیشترین دامنه تأثیر مربوط به گونه باریک برگ *S. verticillata* و کمترین دامنه تأثیر مربوط به گونه *A. retroflexus* بود. دامنه تأثیر عمده گونه‌های مورد مطالعه در سیستم آبیاری قطره‌ای کوچک‌تر بود که احتمالاً ناشی از الگوی خیس شدن محدود خاک در این سیستم آبیاری باشد. نقشه‌های خروجی، تعداد بیشتر لکه‌های پرتراکم گونه‌های علف‌های هرز را در سیستم آبیاری بارانی نشان دادند که احتمالاً ناشی از الگوی خیس شدن یکپارچه مزرعه باشد. در این سیستم آبیاری بیشترین دامنه تأثیر مربوط به گونه چندساله *C. arvensis* و کمترین دامنه تأثیر را گونه *A. retroflexus* دارا بود. روش‌های نمونه‌برداری از گونه‌های مورد مطالعه، در برآورد نقشه‌های توزیع مکانی اختلاف نشان دادند. روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر عمدتاً اندازه لکه‌های علف‌هرز را کمی بزرگ‌تر از روش شبکه‌بندی مربع ۵ متر × ۵ متر نشان داد؛ اما در صورتی که محدودیت نیروی انسانی و زمان در اجرای نمونه‌برداری داشته باشیم استفاده از این روش، ضمن صرفه‌جویی در وقت می‌تواند با اندکی خطا نتایج قابل قبولی را در برآورد جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت داشته باشد. همچنین، اگرچه کوادرات مربع و مستطیل شکل در هر دو روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی در برآورد شکل کلی

لکه‌ها اختلاف چندانی نشان ندادند، اما به‌طور کلی کوادرات نمونه‌برداری مستطیل‌شکل، اندازه لکه‌های پرتراکم را در گونه‌های مورد مطالعه بزرگ‌تر برآورد نمود. نتایج این مطالعه نشان داد که آگاهی از توزیع مکانی علف‌های هرز می‌تواند به بهبود تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و افزایش درک ما از دینامیک جمعیت علف‌های هرز در مزارع تحت سیستم‌های آبیاری مختلف کمک نماید.

۵. منابع

- Ashrafi, A., Bannayan Aval, M., & Rashed Mohassel, M.H. (2008). Spatial dynamics of weed population in a corn field using geostatistics analysis. *Journal of Field Crops Research*, 1(2), 139-154. (In Persian).
- Barbour, M.G., Burk, J.H., & Pitts, W.D. (1987). Terrestrial plant ecology. Chapter 9: Method of sampling the plant community. Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings Publishing Co.
- Cardina, J., Sparrow, D.H., & McCoy, E.L. (1995). Analysis of spatial distribution of common lambsquarters (*Chenopodium album*) in no till soybean (*Glycine max*). *Weed Science*, 43, 258-268.
- Clay, S.A., Kreutner, B., Clay, D.E., Reese, C., Kleinjan, J., & Forcella, F. (2006). Spatial distribution, temporal stability, and yield loss estimates for annual grasses and common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) in a corn /soybean production field over nine years. *Weed Science*, 54, 380-390.
- Clay, S., & Johnson, G. (2000). The site-specific management guidelines, scouting for weeds. Published by the Potash and Phosphate Institute (PPI), Coordinated by South Dakota State University (SDSU).
- Colbach, N., Dessaint, F., & Forcella, F. (2000). Evaluating field-scale sampling methods for the estimation of mean plant densities of weeds. *Weed Research*, 40, 411-430.
- Cousens, R.D., Brown, R.W., McBratney, A.B., & Moerkkerk, M. (2002). Sampling strategy is important for producing weed maps: A case study using kriging. *Weed Science*, 50, 542-546.
- Ghafari, M. (2020). Sampling methods in field-scale weed studies. *Javaneh Science Journal*, 16(5), 14-22. (In Persian).
- Gholami Golafshan, M., Vazan, S., Paknejad, F., Oveisi, M., & Elyasi, S. (2009). Spatial relationships between weed seedbank and seedling and their population distribution models in corn. *Weed Research Journal*, 1(1), 65-76. (In Persian).
- Goudy, H.J., Bennett, R.A., Brown, R.B., & Tardif, F.J. (2001). Evaluation of site-specific weed management using a direction sprayer. *Weed Science*, 49, 359-36.
- Loghavi, M., & Mackvandi, B.B. (2008). Development of a target oriented weed control system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 63, 112-118.
- Mohammadi, J. (2002). Spatial variability of soil fertility, wheat yield and weed density in a one hectare field in Shahrekord. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 4, 83-92.
- Nkoa, R., Owen, M.D.K., & Swanton, C.J. (2015). Weed abundance, distribution, diversity, and community analyses. *Weed Science*, 63(1), 64-90.
- Roham, R., Akbari, N., Abdollahian Noghahi, M., Eysivand, H.R., & Yaghoobi, M. (2012). Spatial relationships between weed seed bank and population and their distribution models in sugar beet crop (*Beta vulgaris*). *Journal of Sugar Beet*, 28(2), 171-187. (In Persian).
- Schuster, I., Nordmeyer, H., & Rath, R.T. (2007). Comparison of vision-based and manual weed mapping in sugar beet. *Biosystems Engineering*, 98, 17-25.
- Siyahmargoei, A., Rashed Mohassel, M.H., Nassiri Mahalati, M., Bannayan Aval, M., & Rahimian Mashhadi, H. (2006). Evaluation of local changes and weeds response to current cultural practice in a sugar beet field in Mashhad. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 3, 361-373. (In Persian).
- Swanton, C.J., & Murphy, S.D. (1996). Weed science beyond the weeds: The role of integrated weed management (IWM) in agroecosystem health. *Weed Science*, 44, 437-445.