Iranian Journal of Weed Science
Vol 19, No 2, 2024 (45-66)
DOI: 10.22034/ijws.2024.364547.1444

مجله دانش علف‌های هرز
دوره ۱۹، شمارهٔ ۲، ۱۴۰۲ (ص ۴۵-۶۶)

Comparison of the effectiveness of grid sampling methods in estimating the weed population of corn fields under different irrigation systems

Mahdi Ghafari[1], Mostafa Oveisi [2*], Hasan Alizadeh[3]

1, 2, 3. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.
(Received: December 31, 2023- Accepted: April 26, 2024)

ABSTRACT

The first and most important step in weed management planning is to know the weed population. The proper sampling method is necessary to get a real and accurate knowledge of weed contamination in the fields. To investigate the effectiveness of grid sampling methods in estimating the weed population of corn fields under drip, furrow and sprinkler irrigation systems, a research was conducted in 2020 in six corn (*Zea mays* L.) fields. The fields were gridded with nine methods (three square methods, a rectangle along the field and a rectangle across the field each in three sizes). 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. The results showed that in weed species such as *A. belitoides*, which had a wide distribution range, in drip and furrow irrigation systems, the square quadrat showed a more accurate estimate, and in the rain irrigation system, the rectangular quadrat showed a more accurate estimate. This was affected by the different wetting patterns of the soil in different irrigation methods, which somehow affected the emergence of weeds in the field. In other weed species, such as *A. retroflexus*, which had a more limited distribution range, the square quadrat in all three irrigation systems estimated weed density with less error than the rectangular quadrat. Examining the accuracy of grid sampling methods in weed population estimation showed that rectangular grid methods by increasing the grid dimensions along the length or width of the land had a more accurate estimate of species diversity and population density, as well as the density of single weed species compared to square grid methods with larger dimensions. By using these networking methods, along with the appropriate estimation of species diversity and weed population density, the status of weed species in the field can be investigated by reducing the sampling points with greater ease and less human effort.

Keywords: Drip irrigation, furrow irrigation, rectangular quadrate, sprinkler irrigation, square quadrate.

مقایسه کارایی روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی در برآورد جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت تحت سیستم‌های آبیاری مختلف

مهدی غفاری[۱]، مصطفی اویسی* [۲]، حسن علیزاده[۳]

[۳،۲،۱] به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۷)

چکیده

اولین و مهمترین مرحله در برنامه‌ریزی مدیریت علف‌های هرز، شناخت جمعیت علف‌های هرز است که با نمونه‌برداری آغاز می‌شود. روش نمونه‌برداری مناسب برای درک واقعی و دقیق از آلودگی علف هرز در مزارع ضروری است. به منظور بررسی کارایی روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی در برآورد جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت تحت سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، بارانی و نشتی، پژوهشی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در شش مزرعه ذرت (*Zea mays* L.) انجام شد. مزارع با نه روش (سه روش مربعی، مستطیل در طول مزرعه و مستطیل در عرض مزرعه و هر کدام در سه اندازه)، شبکه‌بندی شدند. در محل تلاقی خطوط با استفاده از کادرهای مربع و مستطیل‌شکل یک متر مربعی به‌صورت عمود بر خطوط کاشت، داده‌های مربوط به غنای گونه‌ای و تراکم گیاهچه‌های علف‌های هرز به تفکیک گونه و در مرحله چهار برگی ذرت ثبت شدند. نتایج نشان داد که در گونه‌های علف‌هرزی همچون *Amaranthus blitoides* که دامنه پراکنش گسترده است، در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و نشتی، کوآدرات مربع و در سیستم آبیاری بارانی کوآدرات مستطیل برآورد دقیق‌تری را نشان داد. این امر متأثر از الگوی خیس‌شدن متفاوت خاک در روش‌های مختلف آبیاری بود که به‌نوعی ظهور علف‌های هرز نیز در مزرعه تابع آن است. در سایر گونه‌های علف‌هرز همچون *Amaranthus retroflexus* که دامنه پراکنش محدودتر بود، کوآدرات مربع در هر سه سیستم آبیاری، برآورد تراکم علف‌هرز را با خطای کمتری در مقایسه با کوآدرات مستطیل انجام داد. با بررسی دقت روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی در برآورد جمعیت علف‌های هرز مشاهده شد که روش‌های شبکه‌بندی مستطیل با افزایش ابعاد شبکه‌بندی در طول یا عرض مزرعه برآورد دقیق‌تری از غنای گونه‌ای، تراکم جمعیت و همچنین تراکم تک‌گونه‌های علف‌هرز در مقایسه با روش‌های شبکه‌بندی مربعی با ابعاد بزرگ‌تر داشتند. با استفاده از این روش‌های شبکه‌بندی، می‌توان به‌واسطه کاهش نقاط نمونه‌برداری با سهولت بیشتر و صرف نیروی انسانی کمتر، وضعیت گونه‌های علف‌های هرز را در مزرعه مورد بررسی قرار داد.

کلمات کلیدی: آبیاری بارانی، آبیاری قطره‌ای، آبیاری نشتی، کادر مربع، کادر مستطیل.

* Corresponding author: moveisi@ut.ac.ir

مقدمه

مدیریت کلان علف‌های هرز جهت حصول حداکثر تولید گیاه زراعی ذرت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ به‌طوری‌که تعیین فلور و پراکنش علف‌های هرز از اطلاعات پایه در این جهت به شمار می‌روند (Puricelli *et al*., 2015). آلودگی علف‌های هرز در یک مزرعه را می‌توان با سه خصوصیت توصیف کرد: ۱) تنوع گونه‌های علف‌هرز موجود، ۲) تراکم هر گونه و ۳) نحوه توزیع گونه‌ها در مزرعه (Hartzler, 2000). امروزه جهت افزایش دقت و کارایی مدیریت علف‌های هرز، علاوه‌بر ترکیب و تراکم گونه‌ها اطلاع از توزیع مکانی و نحوه پراکنش علف‌های هرز در سطح مزرعه نیز مؤثر به نظر می‌رسد. مطالعات انجام شده در ارتباط با توزیع مکانی نشان داده‌اند که گیاهچه‌های علف‌های هرز غالباً به صورت لکه‌هایی با اندازه و تراکم متفاوت دیده می‌شوند (Schuster *et al*., 2007). لکه‌ای - بودن علف‌های هرز تحت‌تاثیر اثرات متقابل بیولـوژی علف‌های هرز، شرایط محیطی و عملیات کشاورزی قرار دارد (Lutman *et al*., 2002؛ Cousens & Croft, 2000؛ Goudy *et al*., 2001؛ Christensen *et al*., 1999). از آنجایی که ظهور علف‌های هرز در مزرعه متأثر از وضعیت بانک بذر خاک و دسترسی به منابعی همچون نور، مواد غذایی و آب است؛ نوع سیستم آبیاری، از جمله عملیات زراعی است که می‌تواند نقش مؤثری در نحوه ظهور و توزیع گونه‌های مختلف علف‌هرز داشته باشد. همه این موارد مؤید این مطلب است که رویکرد ما در مزارع مختلف و شرایطی مدیریتی متفاوت به منظور ارزیابی وضعیت واقعی علف‌های هرز، نمی‌تواند یکسان باشد و تحت شرایط مختلف، بایستی استراتژی‌های متفاوتی را به منظور نمونه‌برداری و برآورد دقیق از علف‌های هرز داشته باشیم (Ghafari, 2020).

یکی از مواردی که بایستی در اجرای روش نمونه‌برداری مناسب مورد توجه قرار گیرد، مشخصات نمونه یا کادر نمونه‌برداری است. خصوصیات مهم یک کادر نمونه‌برداری مناسب عبارت است از (Nkoa *et al*., 2015): ۱) قالب و اندازه کادر بایستی متناسب با نوع آزمایش، و در کل مطالعه ثابت باشد. ۲) محاسبه ویژگی‌ها و شناسایی گونه‌های علف‌های هرز بایستی به سادگی با کادر نمونه‌برداری مورد استفاده مهیا شود. ۳) دقت بالای نمونه، که میزان دقت بر اساس عکس واریانس ارزیابی کادر نمونه‌برداری تعیین می‌شود. اندازه، شکل، تعداد و نحوه استفاده از کادر نمونه‌برداری به صفات مورد بررسی و نحوه پراکنش علف‌های هرز در مزرعه بستگی دارد (Ghafari, 2020؛ Barbour *et al*., 1987؛ Jamaica & Plaza, 2014؛ Greg-Smith, 1964). در مطالعه‌ای سه سایز کادر نمونه‌برداری به ابعاد ۰/۲۵، ۱ و ۲/۲۵ متر مربع به منظور بررسی فراوانی، تراکم و درصد پوشش علف‌های هرز مورد مقایسه قرار گرفت. به منظور بررسی فراوانی، بزرگ‌ترین سایز کادر (۲/۲۵ متر مربع) برآورد مناسب‌تری را از فراوانی علف‌هرز در قطعه مورد بررسی نشان داد. اما در صفات تراکم و درصد پوشش زمین، کادر یک متر مربعی برآوردی معادل مقدار واقعی تراکم و درصد پوشش داشت (Booth *et al*., 2010).

وضعیت علف‌های هرز در سال‌های گذشته و یا دیده‌بانی مزرعه بر اساس روش مناسب نمونه‌برداری، مبنای تصمیم‌گیری و مدیریت علف‌های هرز مزرعه است (Kooler & Lanini, 2010). ازآنجایی‌که نحوه پراکنش واحدهای نمونه‌برداری در روش‌های مختلف ارزیابی علف‌های هرز متفاوت بوده و نحوه توزیع و پراکنش علف‌های هرز نیز در مزرعه یکنواخت نمی‌باشد، ازاین‌رو روش‌های مختلف ممکن است برآوردهای متفاوتی از وضعیت گونه‌های علف‌هرز داشته باشند. بر این اساس روشی که کمترین خطا را در مقایسه با روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی معیار که به‌عنوان وضعیت واقعی گونه موردنظر در مزرعه است، داشته باشد، به‌عنوان روش نمونه‌برداری مناسب برای گونه مذکور اتخاذ می‌شود (Gholami Golafshan & yasari, 2012). در روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی، داده‌ها بر اساس یک سیستم شبکه‌بندی یکنواخت ثبت می‌شوند. در محل تلاقی خطوط با استفاده از یک کوآدرات، داده‌های مربوط به تراکم و تنوع علف‌های هرز ثبت می‌شود. محققان گزارش کردند ابعاد شبکه‌بندی مزرعه تأثیر بیشتری در برآورد دقیق وضعیت علف‌های هرز در مقایسه با ابعاد واحدهای نمونه‌برداری در روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی منظم داشت (Goudy *et al*., 2001; Cousens *et al*., 2002). در این روش نمونه‌برداری ممکن است ثبت داده‌ها بر مبنای تراکم هرگونه، ثبت تراکم بر مبنای گروه علف‌های هرز و یا غنای گونه‌ای باشد. روش ثبت تراکم علف‌های هرز به تفکیک گونه، در صورت تراکم بالای علف‌های هرز اگرچه نیازمند صرف زمان زیادی است، اما اطلاعات ارزشمندی را برای محقق فراهم می‌کند. به‌منظور کاهش تعداد نقاط و افزایش سرعت نمونه‌برداری، افزایش ابعاد شبکه‌بندی مزرعه می‌تواند راهگشا باشد. در این شرایط نیز ممکن است لکه‌های علف‌های هرز و یا علف‌های هرز مهاجم را به‌واسطه کوچک‌بودن سطح لکه و یا تراکم کم گونه مهاجم از دست داد که برای رفع این مشکل، می‌توان مساحت کوچک و قابل‌قبولی از مزرعه که پوشش مناسبی از علف‌های هرز داشته را به‌عنوان نماینده جمعیت علف‌های هرز مزرعه انتخاب و عمل شبکه‌بندی را با ابعاد مناسب در آن اعمال کرد (Clay & Johnson, 2000).

با توجه به اینکه ظهور علف‌های هرز به صورت لکه‌ای و متأثر از نوع گونه و عملیات مدیریتی مزرعه است؛ به منظور بررسی امکان برآورد دقیق جمعیت گونه‌های علف‌های هرز این مطالعه با هدف ۱) بررسی شکل کوآدرات نمونه‌برداری بر دقت برآورد تنوع و تراکم گونه‌های علف‌هرز و ۲) کارایی روش‌های شبکه‌بندی مربعی، مستطیل در طول مزرعه و مستطیل در عرض مزرعه هر یک در سه اندازه، تحت سه سیستم آبیاری قطره‌ای، نشتی و بارانی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه کارایی روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی در برآورد جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت تحت سیستم‌های آبیاری مختلف، پژوهشی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در شش مزرعه ذرت انجام شد (جدول ۱). مزارع با مساحت بیش از پنج هکتار و دارای سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، نشتی و بارانی بودند. مزارع با هماهنگی مراکز خدمات کشاورزی شهرستان ساوه (استان مرکزی) و از مزارع کشاورزان پیشرو انتخاب شد. اطلاعاتی همچون نام مالک، نام

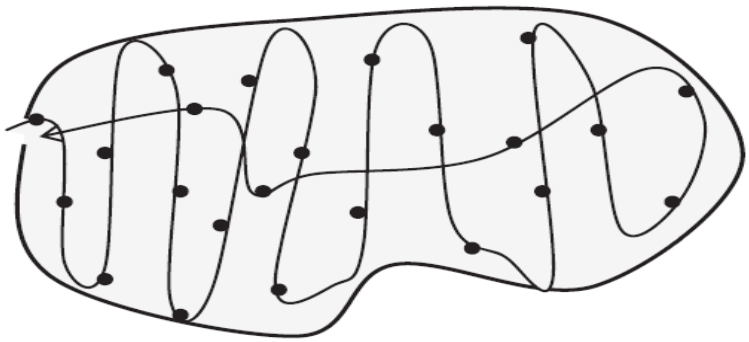
منطقه، مساحت مزرعه، سیستم خاک‌ورزی، تناوب زراعی، تاریخ کاشت، علف‌کش‌های مورد استفاده، نوع سیستم آبیاری و غیره در قالب یک پرسشنامه برای مزارع ثبت شد. برای اجرای آزمایش مزارعی انتخاب شدند که بوته‌های ذرت در مرحله چهار برگی (۲۵-۲۲ روز پس از کشت) بوده و هنوز علف‌کش در آن‌ها استفاده نشده بود.

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

جدول ۱- مشخصات مزارع ذرت منتخب در شهرستان ساوه.

Table 1. Characteristics of selected corn fields in Saveh city.

Study location	Farm area (ha)	Type of irrigation system	Geographical location	Planting date	Cultivars name	Sampling date
Gozal dareh	10	Drip	35°18'09.7"N 49°22'52.2"E	June 2020	Producer	June 2020
Gozal dareh	12	Drip	35°18'34.0"N 49°24'45.9"E	June 2020	Basin	June 2020
Dasht louin	7	Furrow	35°08'27.5"N 49°58'47.1"E	June 2020	704 Moghan	July 2020
Dasht louin	8	Furrow	35°08'09.2"N 49°59'05.5"E	June 2020	704 Moghan	July 2020
Towhidlu	6	Sprinkler	35°06'15.8"N 49°36'50.3"E	June 2020	Gazda	July 2020
Dasht louin	9	Sprinkler	35°03'20.4"N 49°59'11.5"E	June 2020	704 Moghan	July 2020



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

Figure 1. Schematic illustration of the timed meander sampling method for obtaining initial information prior to the commencement of the study.

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 نه روش شبکه‌بندی به‌صورت مربع و مستطیل مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۲). در محل تلاقی خطوط نیز با استفاده از کوآدرات‌های مربع (۱۰۰×۱۰۰ سانتی‌متر) و مستطیل (۱۲۵×۸۰ سانتی‌متر) به‌صورت عمود بر خطوط کاشت، مساحتی معادل یک متر مربع مورد بررسی قرار گرفت و داده‌های مربوط به غنای گونه‌ای (تعداد گونه علف‌هرز) و تراکم علف‌های هرز به تفکیک گونه در مرحله چهار برگی ذرت و پیش از کاربرد علف‌کش طی یک مرحله ثبت شد (Colbach *et al.*, 2000). بدین‌ترتیب دقت ابعاد مختلف و چگونگی شبکه‌بندی مزرعه و شکل کوآدرات در برآورد وضعیت واقعی گونه‌های علف‌های هرز مزارع ذرت تحت سه سیستم آبیاری قطره‌ای، نشتی و بارانی مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۲).

روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی مربعی با ابعاد ۵ متر × ۵ متر (۱۷۱ نقطه) با استفاده از کادر مربع (۱۰۰×۱۰۰ سانتی‌متر) به‌عنوان روش معیار یا شاهد هر مزرعه (نمایان‌گر وضعیت واقعی جمعیت علف‌های هرز) در نظر گرفته شد (Booth *et al.*, 2010; Clay & Johnson, 2000). دقت سایر روش‌ها در برآورد میانگین تراکم و تنوع علف‌های هرز هر مزرعه نسبت به روش معیار با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه و مورد مقایسه قرار گرفت. هر چه مقادیر برآورد شده به سمت صفر میل کند، نشان‌دهنده دقت بالاتری می‌باشد. مقادیر بالاتر (مثبت) و کمتر (منفی) از صفر به‌ترتیب نشان‌دهنده برآورد کمتر و بیشتر از مقدار واقعی می‌باشد.

رابطه ۱:
$$Accuracy = (1 - \left(\frac{\bar{y}_e}{\bar{y}}\right))$$

رابطه ۲:
$$Accuracy = (1 - \left(\frac{y_e}{y}\right))$$

در روابط بالا، Accuracy: دقت آزمایش، $\bar{y}_e$: میانگین تراکم علف‌های هرز به‌دست‌آمده از روش‌های مختلف نمونه‌برداری شبکه‌بندی و $\bar{y}$: میانگین واقعی تراکم علف‌های هرز به‌دست‌آمده از روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی معیار، y_e: تنوع گونه‌ای به‌دست‌آمده از روش‌های مختلف نمونه‌برداری شبکه‌بندی و y: تنوع گونه‌ای به‌دست‌آمده از روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی معیار می‌باشد. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزار JMP 17 استفاده شد. دقت روش‌های مختلف شبکه‌بندی با استفاده از روش آنالیز مدل مخلوط[1] مورد بررسی قرار گرفت. در این روش متغیر مزارع به‌عنوان اثر تصادفی[2] و سایر منابع تغییر شامل سیستم آبیاری (Irr type)، نوع کوآدرات (Q type) و نوع روش شبکه‌بندی (G type) و اثرات متقابل آن‌ها به‌عنوان اثرات ثابت[3] در نظر گرفته شد. تفاوت بین روش‌های نمونه‌برداری در برآورد جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت با استفاده از خطای معیار[4] نشان داده شد.

[1] Mixed Model Analysis
[2] Random effect
[3] Fixed effects
[4] Standard error

نتایج و بحث

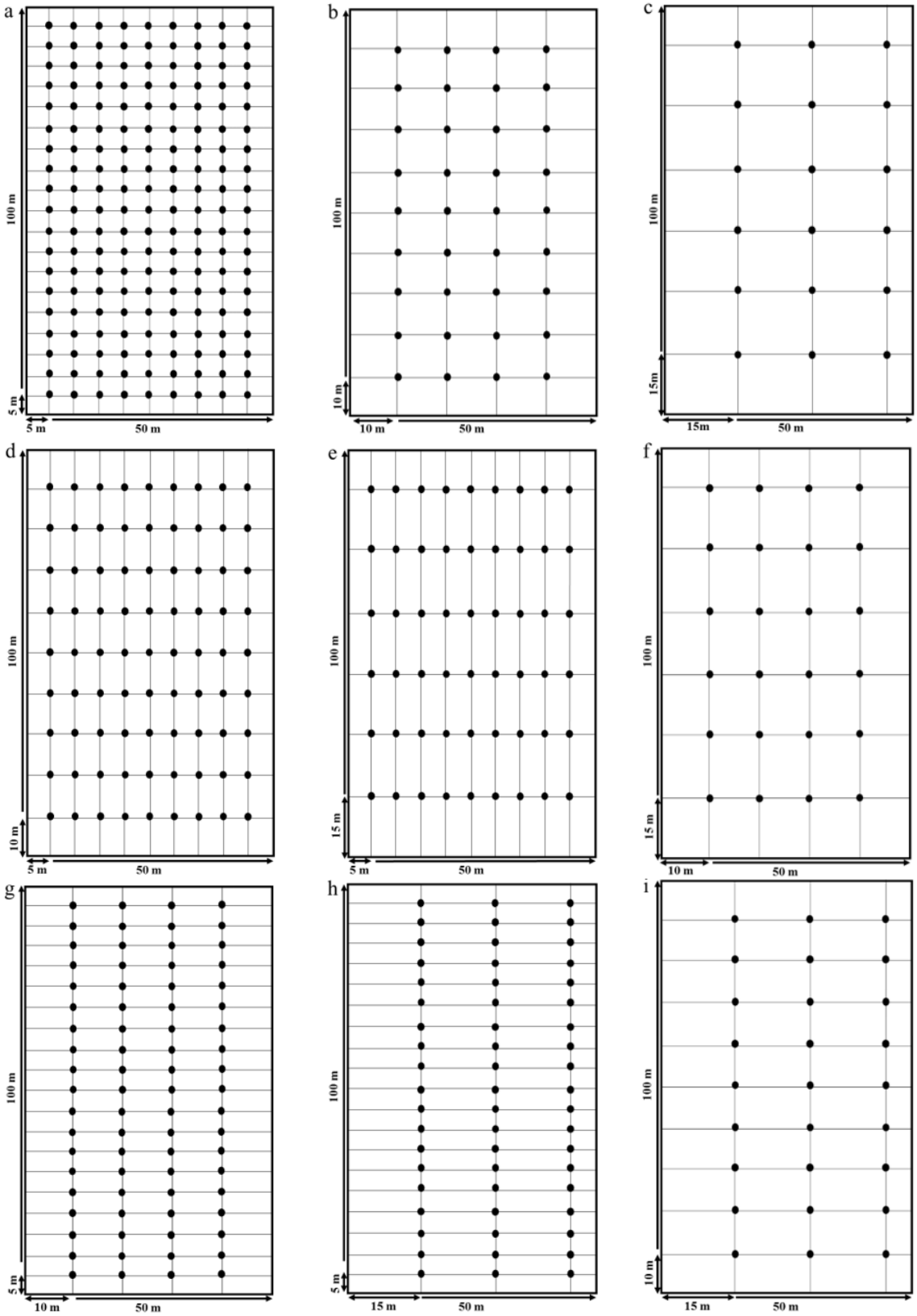
ترکیب علف‌های هرز موجود در مزارع ذرت مورد مطالعه شامل ۲۸ گونه بود. کمترین تنوع گونه‌ای مربوط به مزارع سیستم آبیاری قطره‌ای با ۱۲ گونه و بیشترین تنوع گونه‌ای مربوط به مزارع سیستم آبیاری بارانی با ۱۷ گونه بود. در بین گونه‌های موجود در مزارع، هشت گونه *Amaranthus blitoides* S. Watson، *Amaranthus retroflexus* L.، *Chenopodium album* L.، *Setaria verticillata* P.Beauv.، *Convolvulus arvensis* L.، *Salsola kali* L.، *Malva neglecta* Wallr. و *Portulaca oleracea* L. در هر سه سیستم آبیاری مشاهده شدند (جدول ۳).

جدول ۲- نوع و اندازه روش‌های شبکه‌بندی.

Table 2. Type and size of grid sampling methods.

Type of grid sampling	Size of grid sampling methods		
Square	5m × 5m (171 point)	10m × 10m (36 point)	15m × 15m (18 point)
Rectangle, along the field	5m × 10m (81 point)	5m × 15m (54 point)	10m × 15m (24 point)
Rectangle, across the field	10m × 5m (76 point)	15m × 5m (57 point)	15m × 10m (27 point)

از بین هشت گونه مشاهده‌شده در هر سه سیستم آبیاری، چهار گونه *A.belitoides*، *A. retrofelexus*، *C. album* و *S. verticillata* در تمامی مزارع ذرت مورد مطالعه مشاهده شدند و به‌ترتیب ۷۴، ۹۷، ۶۲، ۳۵، ۸۹ و ۴۳ درصد از میانگین کل تراکم جمعیت علف‌های هرز را در مزارع ۶-۱ به خود اختصاص دادند. مقادیر برآورد شده توسط روش شبکه‌بندی معیار (روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی مربعی با ابعاد ۵ × ۵ متر مربع (۱۷۱ نقطه) با استفاده از کادر مربع) برای تراکم چهار گونه مذکور، تراکم کل علف‌های هرز و غنای گونه‌ای در جدول ۴ ارائه شده است. در بین گونه‌های علف‌هرز مورد مطالعه، گونه *A. belitoides* در غالب مزارع، بیشترین تراکم بوته در جمعیت علف‌های هرز را دارد بود. بیشترین تراکم بوته گونه باریک‌برگ *S. verticillata* در مزارع دارای سیستم آبیاری بارانی مشاهده شد (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی نوع سیستم آبیاری و نوع کادر نمونه‌برداری (مربع و مستطیل) در برآورد جمعیت علف‌های هرز مزارع مورد بررسی معنی‌دار نشد. اثر متقابل سیستم‌های آبیاری × نوع کادر نمونه‌برداری در برآورد میانگین تراکم کل علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد و میانگین تراکم دو گونه *A. belitoides* و *A. retroflexus* در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. اثر روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی در برآورد غنای گونه‌ای و جمعیت علف‌های هرز مزارع مورد مطالعه بجز گونه *A. retroflexus*، در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی در برآورد غنای گونه‌ای و جمعیت علف‌های هرز مزارع مورد مطالعه بجز گونه‌های *A. retroflexus* و *S. verticillata* در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی × نوع کادر نمونه‌برداری و اثر متقابل سه‌گانه نوع سیستم آبیاری× نوع کادر نمونه‌برداری × روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی در برآورد جمعیت علف‌های هرز مزارع مورد بررسی معنی‌دار نشد (جدول ۵).



شکل ۲- شماتیک روش‌های مختلف نمونه‌برداری شبکه‌بندی.

Figure 2. Schematic of different grid sampling methods.

Square grid sampling methods: a. (5m×5m (55), 171 points), b. (10m×10m (1010), 36 points) and c. (15m×15m (1515), 18 points)
Rectangular grid sampling, along the field: d. (5m×10m (510), 81 points), e. (5m×15m (515), 54 points) and f. (10m×15m (1015), 24 points)
Rectangular grid sampling, across the field: g. (10m×5m (105), 76 points), h. (15m×5m (155), 57 points), i. (15m×10m (1510), 27 points)
●: Represent the sampling points.

جدول ۳- گونه‌های علف‌هرز در مزارع ذرت مورد مطالعه.

Table 3. Weed species in the studied corn fields.

No.	Weed Species	Life cycle	Field No. 1	2	3	4	5	6
			Type of irrigation systems					
			Drip irrigation		Furrow irrigation		Sprinkler irrigation	
			F 1	F 2	F 1	F 2	F 1	F 2
1	*Amaranthus blitoides* S. Watson	A	●	●	●	●	●	●
2	*Amaranthus retroflexus* L.	A	●	●	●	●	●	●
3	*Chenopodium album* L.	A	●	●	●	●	●	●
4	*Setaria verticillata* P.Beauv.	A	●	●	●	●	●	●
5	*Convolvulus arvensis* L.	P	●	●	●	-	●	●
6	*Salsola kali* L.	A	●	-	●	●	●	●
7	*Malva neglecta* Wallr	A	●	●	●	-	●	●
8	*Portulaca oleracea* L.	A	-	●	●	●	-	●
9	*Tribulus Terrestris* L.	A	-	-	●	●	●	●
10	*Heliotropium europaeum* L.	A	-	-	●	●	●	●
11	*Sonchus oleraceus* L.	A	●	●	-	-	●	●
12	*Euphorbia inderiensis* Less.	P	●	●	●	●	-	-
13	*Hibiscus trionum* L.	A	-	●	-	-	●	●
14	*Xanthium strumarium* L.	A	-	●	●	●	-	-
15	*Cirsium arvense* (L.) Scop.	P	●	-	●	●	-	-
16	*Chrozophora tinctoria* (L.) Juss.	A	-	-	-	●	●	●
17	*Tragopogon spp.*	P	●	●	-	-	-	●
18	*Lepidium draba* L.	P	●	●	-	-	●	-
19	*Erodium cicutarium* L.	A	-	-	-	-	●	●
20	*Chodrilla juncea* L.	B	-	-	●	●	-	-
21	*Echinops spp.*	P	-	-	●	●	-	-
22	*Heliotropium aucheri DC.*	P	-	-	-	●	-	-
23	*Galium aparine* L.	A	-	-	-	-	●	-
24	*Anchusa ovata* Lehm.	A	-	-	-	-	●	-
25	*Vicia spp.*	A	-	-	-	-	●	-
26	*Solanum nigrum* L.	A	-	-	-	-	-	●
27	*Glycyrrhiza aspera* Pall.	P	-	-	-	-	-	●
28	*Eleusine indica* L.	A	-	-	-	●	-	-
	Number of species		12	13	15	16	17	17

●: Indicates the presence of weed species, -: Indicates the absence of weed species.
A: Annual, B: Biennial, P: Perennial; F1: Field 1, F2: Field 2.

برآورد تعداد گونه‌های علف‌هرز

اثر اصلی نوع کادر نمونه‌برداری (مربع یا مستطیل) بر برآورد تنوع گونه‌ای علف‌های هرز معنی‌دار نبود. اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی و اثر اصلی روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی بر دقت برآورد غنای گونه‌ای علف‌های

هرز مزارع مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). با توجه به معنی‌دارشدن اثر متقابل، مقایسه میانگین‌ها بر مبنای اثر متقابل ارائه شده است (شکل ۳). در تمامی روش‌های شبکه‌بندی و در هر سه سیستم آبیاری، برآورد غنای گونه‌ای کمتر از روش شبکه‌بندی معیار بود. در سیستم آبیاری قطره‌ای (Dri)، روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر (۵۱۰) در طول زمین با خطای ۰/۰۴ کمترین میزان خطا را در برآورد غنای گونه‌ای علف‌های هرز در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار نشان داد. روش‌های شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر (۵۱۰)، ۱۵ متر × ۵ متر (۵۱۵) در طول زمین و روش شبکه‌بندی مستطیل ۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۵) در عرض زمین به ترتیب با خطای ۰/۰۳، ۰/۰۸ و ۰/۰۵ کمترین میزان خطا را در برآورد تعداد گونه‌های علف‌هرز در سیستم آبیاری نشتی (Fur) در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار، برآورد کردند. در سیستم آبیاری بارانی (Spr)، روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر (۵۱۰) در طول زمین و روش شبکه‌بندی مستطیل ۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۵) در عرض زمین به‌ترتیب با خطای ۰/۰۸ و ۰/۱۰ کمترین میزان خطا در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار را نشان دادند (شکل ۳).

جدول ۴- مقادیر برآوردشده از جمعیت علف‌های هرز مزارع مورد مطالعه با استفاده از روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی معیار.

Table 4. The estimated values of the weed population of the studied fields using the standard grid sampling method.

Field No.	Type of irrigation system	Species No.	Mean plant density/ m^2				
			Total plants density	*A. blitoieds*	*A. retroflexus*	*C. album*	*S. verticillata*
1	Dri	12	23.84	11.88	0.72	4.3	0.64
2	Dri	13	51.33	29.46	19.14	1.00	0.11
3	Fur	15	19.56	11.38	0.51	0.11	0.05
4	Fur	16	10.07	3.10	0.35	0.01	0.04
5	Spr	17	192.77	110.87	49.22	5.23	6.77
6	Spr	17	13.47	0.13	0.69	0.11	4.87

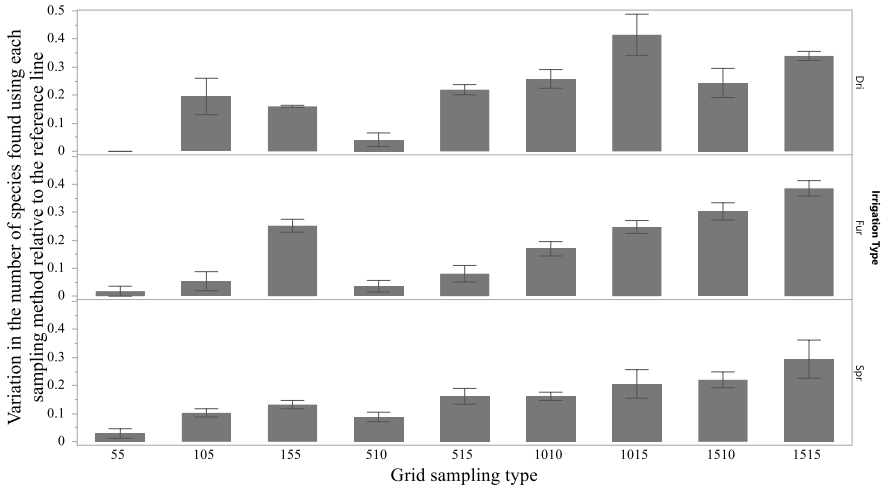
Dri: Drip irrigation, Fur: Furrow irrigation, Spr: Sprinkler irrigation.

جدول ۵- تجزیه واریانس کارایی روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی در دقت برآورد تنوع و تراکم جمعیت علف‌های هرز.

Table 5. Variance analysis of the effectiveness of grid sampling methods in the accuracy of estimating the diversity and density of weed populations.

Source of variance	Degrees of freedom	Probability level					
		Species No.	Total plants density	*A. blitoieds*	*A. retroflexus*	*C. album*	*S. verticillata*
Irr type	2	0.3502	0.5923	0.3598	0.5781	0.9325	0.0965
Q type	1	0.8880	0.1405	0.7534	0.3870	0.0719	0.1103
Irr type × Q type	2	0.7656	0.0002	0.0291	0.0498	0.6256	0.3738
G type	8	<.0001	0.0020	0.0075	0.2925	<.0001	<.0001
Irr type × G type	16	0.0100	0.0003	0.0384	0.6484	0.0001	0.0998
Q type × G type	8	0.9981	0.9949	0.9993	0.9998	0.9999	0.9708
Irr type × Q type × G type	16	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9860

$P \leq 0.01$: significant at 0.01 probability level, $P \leq 0.05$: significant at 0.05 probability level and $P > 0.05$: no significant. Irr: Irrigation, Q: Quadrate, G: Grid sampling.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری و روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی بر دقت برآورد تنوع گونه‌ای علف‌های هرز.

Figure 3. Comparison of the average interaction effect of irrigation system type and grid sampling methods on the accuracy of weed species diversity estimation

Grid sampling methods: 55. (5m×5m,171 points), 105. (10m×5m, 76 points), 155. (15m×5m, 57 points), 510. (5m×10m, 81 points), 515. (5m×15m, 54 points), 1010. (10m×10m, 36 points), 1015. (10m×15m, 24 points), 1510. (15m×10m, 27 points), 1515. (15m×15m, 18 points)
Dri: drip irrigation, Fur: Furrow irrigation, Spr: sprinkler irrigation
Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively.

یکسان‌نبودن دقت برآورد غنای گونه‌ای در روش‌های مختلف شبکه‌بندی در سیستم‌های آبیاری مختلف ناشی از تفاوت حجم آب آبیاری ورودی به مزرعه، سطح و شکل خیس‌شدن خاک در هر روش آبیاری است؛ چرا که سطح خیس‌شوندگی خاک به‌طور مستقیم بر ظهور علف‌های هرز مؤثر است. در سیستم آبیاری قطره‌ای سطح خیس‌شوندگی خاک کمتر و به شکل نواری در طول زمین است. بر این اساس، روش شبکه‌بندی مستطیل در طول زمین درصورتی‌که فاصله نقاط نمونه‌برداری بتوانند پوشش مناسبی از جمعیت علف‌هرز داشته باشند، می‌تواند ضمن کاهش تعداد نقاط و زمان نمونه‌برداری، با خطای کمتری غنای گونه‌ای را برآورد کند. این در حالی است که سطح خیس-شوندگی خاک در روش آبیاری نشتی بیشتر بوده و در طول زمین سطح بیشتری از خاک در مقایسه با روش آبیاری قطره‌ای مرطوب شده و این امر می‌تواند سبب بزرگ‌ترشدن ظهور لکه‌های علف‌هرز شود. این امر در روش آبیاری بارانی که کل سطح خاک خیس می‌شود، بیشتر به چشم می‌خورد. با توجه به نتایج نیز مشاهده شد که در دو سیستم آبیاری نشتی و بارانی علاوه بر روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر در طول مزرعه (۵۱۰)، روش شبکه‌بندی مستطیل ۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۵) و ۵ متر × ۱۵ متر (۱۵۵، در روش آبیاری بارانی) در عرض مزرعه نیز با میزان خطای کمی در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار، تنوع گونه‌ای علف‌های هرز را برآورد کردند.

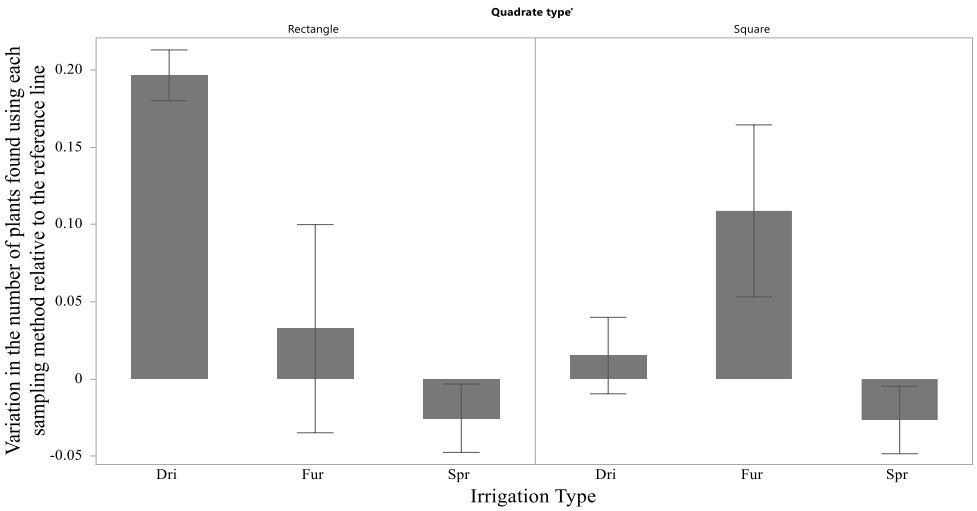
به‌طورکلی، روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر (۵۱۰) در طول مزرعه در هر سه روش آبیاری با خطای کمتری توانست غنای گونه‌ای علف‌های هرز را برآورد کند. ازاین‌رو، استفاده از این روش نمونه‌برداری می‌تواند ضمن کاهش تعداد نقاط و زمان نمونه‌برداری، با خطای کمتری غنای گونه‌ای را در مقایسه با روش معیار برآورد کند (شکل ۳). لازم به ذکر است، افزایش ابعاد شبکه‌بندی مزرعه، پوشش

مناسبی از جمعیت علف‌های هرز ایجاد نکرد و سبب افزایش خطا در برآورد تعداد گونه‌های علف‌های هرز در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار شد. میزان خطا در برآورد غنای گونه‌ای علف‌های هرز ناشی از افزایش ابعاد شبکه‌بندی در روش شبکه‌بندی مربعی، به‌واسطه افزایش فواصل نقاط نمونه‌برداری هم در طول و هم در عرض مزرعه و پوشش کمتر بر جمعیت علف‌های هرز، بیشتر بود (شکل ۳). در مطالعه‌ای اندازه‌های مختلف روش شبکه‌بندی و نقطه شروع را بر روی جمعیت علف‌های هرز مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها دریافتند که اندازه شبکه‌بندی و نقطه شروع، تأثیر زیادی بر دقت نقشه‌ها دارد؛ درحالی‌که، تأثیر اندازه کوادرات بر دقت نقشه‌ها اندک بود (Cousens *et al*., 2002).

برآورد تراکم گونه‌های علف‌هرز

اثرات اصلی نوع سیستم آبیاری و نوع کادر نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم کل جمعیت علف‌های هرز معنی‌دار نشد. این در حالی است که اثر روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی بر دقت برآورد تراکم کل علف‌های هرز معنی‌دار بود. با توجه به معنی‌دارشدن اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × نوع کادر نمونه‌برداری و اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی (جدول ۵)، مقایسه میانگین‌ها بر مبنای اثرات متقابل ارائه شد (شکل‌های ۴ و ۵). دقت برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز با استفاده از کادرهای مربع (۱۰۰×۱۰۰ سانتی‌متر) و مستطیل (۱۲۵×۸۰ سانتی‌متر) با مساحت یکسان در سیستم‌های آبیاری مختلف، متفاوت بود. در سیستم آبیاری قطره‌ای، کوادرات مربع با کمترین خطا (۰/۰۱) تراکم جمعیت علف‌های هرز را برآورد کرد. این در حالی است که در سیستم آبیاری نشتی، کادر مستطیل خطای کمتری (۰/۰۳) در برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز داشته و در سیستم آبیاری بارانی هر دو کادر نمونه‌برداری مربع و مستطیل با یک میزان خطا (۰/۰۲-)، برآورد بیش از تراکم واقعی علف‌های هرز را داشتند. دلیل اینکه کادرهای مربع و مستطیل در هر روش آبیاری برآوردهای متفاوتی داشتند به سطح و شکل خیس‌شدن خاک در هر روش آبیاری بستگی دارد. در روش آبیاری بارانی که سطح مزرعه به‌طور کامل خیس می‌شود، هر دو کادر مربع و مستطیل به دلیل اینکه ظهور یا عدم ظهور علف‌های هرز در سطح مزرعه تحت تأثیر دسترسی و یا عدم دسترسی به آب قرار نمی‌گیرد، با خطای یکسانی تراکم علف‌های هرز را برآورد کردند (شکل ۴). این در حالی است که در سیستم آبیاری قطره‌ای که سطح خیس‌شوندگی خاک کمتر و در طول مزرعه می‌باشد، کادر مربع به جهت اینکه سطح بیشتری از طول خط کاشت را در بر می‌گیرد، علی‌رغم برآورد کمتر از تراکم واقعی جمعیت علف‌های هرز، با خطای کمتری تراکم علف‌های هرز را برآورد کرد. در روش آبیاری نشتی که به‌نوعی ازلحاظ سطح خیس‌شوندگی خاک در حد واسط سیستم‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای قرار دارد، کادر مستطیل در برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز خطای کمتری نشان داد (شکل ۴). محققان در مطالعه‌ای، ابعاد مختلف کادرهای نمونه‌برداری مربعی را در برآورد جمعیت علف‌های هرز مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها اظهار داشتند که استفاده از کادر با ابعاد یک متر مربع به‌طور کلی می‌تواند نتایج قابل‌اعتمادی را در بررسی فراوانی، تراکم و درصد پوشش علف‌های هرز داشته

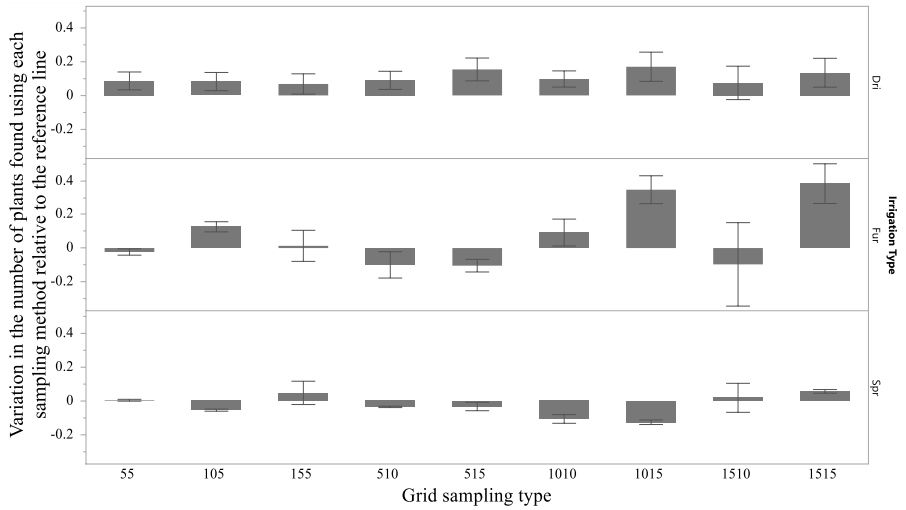
باشد (Booth *et al*., 2010). همچنین، نظر به اینکه اغلب گونه‌های گیاهی به‌صورت خوشه‌ای و با پراکنش در طول سبز می‌شوند، استفاده از کادرهای باریک (مستطیل‌شکل) در مقایسه با کادرهای مربع و دایره شکل در مساحت یکسان، درصورتی‌که طول کادر نمونه‌برداری همسو با شیب‌های محیطی قرار گیرد، تعداد گونه بیشتری را در برمی‌گیرد (Barbour *et al*., 1987; Cox, 1990).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری و نوع کادر نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم علف‌های هرز.

Figure 4. Comparison of the average interaction effect of irrigation system type and quadrat type on the accuracy of weed density estimation.
Dri: drip irrigation, Fur: Furrow irrigation, Spr: sprinkler irrigation. Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively.

در سیستم آبیاری قطره‌ای، تمامی روش‌های شبکه‌بندی تراکم علف‌های هرز را کمتر از مقدار واقعی برآورد کردند. در این میان، افزایش ابعاد شبکه‌بندی به‌طور همزمان در طول و عرض مزرعه (۱۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۱۵) و ۱۵ متر × ۱۵ متر (۱۵۱۵)) و شبکه‌بندی مستطیل ۱۵ متر × ۵ متر (۵۱۵) در طول مزرعه به‌ترتیب با خطای ۰/۱۶، ۰/۱۳ و ۰/۱۵ بیشترین خطا را در دقت برآورد تراکم علف‌های هرز در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار داشتند. سایر روش‌های شبکه‌بندی با خطای کمتر از ۰/۱۰، دقت بالایی را در برآورد تراکم جمعیت کل علف‌های هرز نشان دادند (شکل ۵). افزایش ابعاد شبکه‌بندی به‌طور همزمان در طول و عرض مزرعه تا ۱۵ متر × ۱۵ متر (۱۵۱۵) و ۱۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۱۵) در سیستم آبیاری نشتی به‌ترتیب با ۰/۳۸ و ۰/۳۴ خطا، دقت پایینی را در برآورد تراکم علف‌های هرز داشتند؛ درحالی‌که، سایر روش‌های شبکه‌بندی دقت قابل قبولی را در برآورد تراکم علف‌های هرز نشان دادند. بجز روش‌های شبکه‌بندی مستطیل ۱۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۱۵) در طول مزرعه و شبکه‌بندی مربع ۱۰ متر × ۱۰ متر (۱۰۱۰)، سایر روش‌های شبکه‌بندی با خطای کمتر از ۰/۱۰، تراکم علف‌های هرز را در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار در سیستم آبیارانی بارانی برآورد کردند (شکل ۵).



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری و روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی بر دقت برآورد تراکم علف‌های هرز.

Figure 5. Comparison of the average interaction effect of irrigation system type and grid sampling methods on the accuracy of weed density estimation.

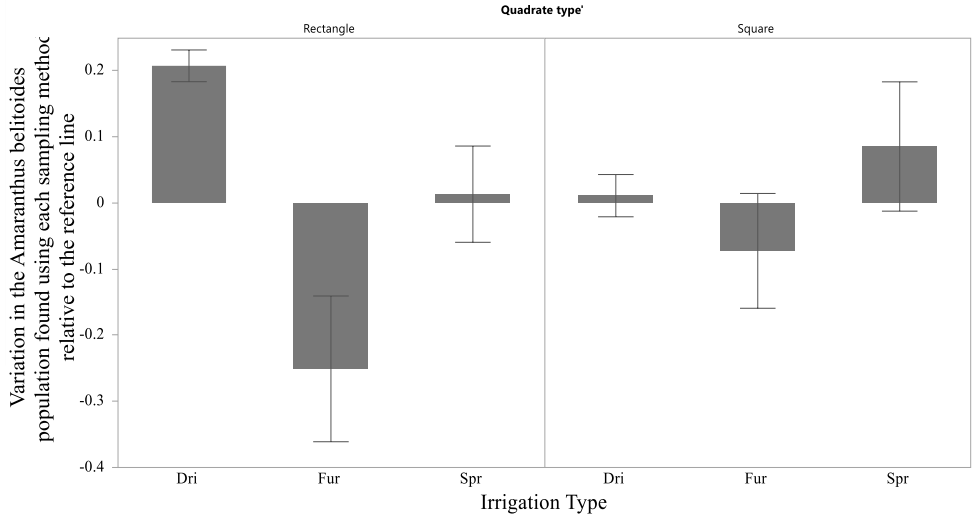
Grid sampling methods: 55. (5m×5m,171 points), 105. (10m×5m, 76 points), 155. (15m×5m, 57 points), 510. (5m×10m, 81 points), 515. (5m×15m, 54 points), 1010. (10m×10m, 36 points), 1015. (10m×15m, 24 points), 1510. (15m×10m, 27 points), 1515. (15m×15m, 18 points).
Dri: drip irrigation, Fur: Furrow irrigation, Spr: sprinkler irrigation
Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively

در مطالعه‌ای الگوی نمونه‌برداری یکسانی را در سه مزرعه با پراکنش متفاوت علف‌های هرز (منظم، خوشه‌ای، تصادفی) به کاربردند. در پراکنش تصادفی علف‌های هرز الگوی به‌کاررفته بهترین برآورد را در صفات مورد بررسی در مقایسه با دو پراکنش منظم و خوشه‌ای داشت؛ اما پراکنش علف‌های هرز در مزرعه اغلب به‌صورت لکه‌ای (خوشه‌ای) بود و مشاهده شد که الگوی فوق ازلحاظ فراوانی و تراکم، برآورد کمتر از حد واقعی و از لحاظ درصد پوشش، برآورد بیشتری نشان می‌دهد (Booth *et al*., 2010). به‌طور کلی و با توجه به نتایج روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی در هر سه سیستم آبیاری، روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر (۵۱۰) در طول مزرعه، روش شبکه‌بندی مستطیل ۵ متر × ۱۵ متر (۱۵۵) و روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۱۵ متر در عرض مزرعه و روش شبکه‌بندی مربع ۱۰ متر × ۱۰ متر به‌ترتیب با تعداد ۸۱، ۵۴، ۲۷ و ۳۶ نمونه با دقت ۹۰ درصد به بالا با خطای قابل قبولی توانستند تراکم جمعیت علف‌های هرز را برآورد کند. ازاین‌رو، استفاده از این روش‌های نمونه‌برداری می‌تواند به‌منظور ارزیابی تراکم جمعیت علف‌های هرز مورد استفاده قرار گرفته و ضمن کاهش تعداد نقاط و زمان نمونه‌برداری، نتایج قابل‌قبولی را ارائه کند. درصورتی‌که هدف از بررسی جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت در سیستم‌های آبیاری مختلف، برآورد تعداد گونه و تراکم بوته مجموع علف‌های هرز باشد، روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر (۵۱۰) در طول مزرعه با تعداد ۸۱ نمونه با دقت بالایی می‌تواند وضعیت علف‌های هرز را در مزرعه نشان دهد.

برآورد تراکم گونه *Amaranthus belitoides*

اثرات اصلی نوع سیستم آبیاری و نوع کادر نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم *A. belitoides* معنی‌دار نبود؛ درحالی‌که، اثر روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. با توجه به معنی‌دارشدن اثر متقابل نوع

سیستم آبیاری × نوع کادر نمونه‌برداری و اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی در سطح احتمال پنج درصد (جدول ۵)، مقایسه میانگین‌ها بر مبنای اثرات متقابل ارائه شد (شکل‌های ۶ و ۷). دقت برآورد تراکم *A. belitoides* با استفاده از کادرهای مربع (۱۰۰×۱۰۰ سانتی‌متر) و مستطیل (۱۲۵×۸۰ سانتی‌متر) با مساحت یکسان در سیستم‌های آبیاری مختلف، متفاوت بود. در سیستم آبیاری قطره‌ای، هر دو کادر نمونه‌برداری مربع و مستطیل تراکم علف‌هرز *A. blitoides* را کمتر از مقدار واقعی برآورد کردند؛ اما میزان خطای کادر مربع (۰/۰۱) در برآورد تراکم علف‌هرز *A. blitoides* ناچیز بود. هر دو کادر مربع و مستطیل در سیستم آبیاری نشتی به‌ترتیب با خطای ۰/۰۷- و ۰/۲۵-، تراکم علف‌هرز *A. blitoides* را بیشتر از مقدار واقعی برآورد کردند. در سیستم آبیاری نشتی نیز میزان خطای کادر مربع در برآورد تراکم علف‌هرز در مقایسه با کادر مستطیل، کمتر بود. در سیستم آبیاری بارانی، برآورد تراکم علف‌هرز *A. blitoides* با استفاده از کادرهای مربع و مستطیل به‌ترتیب با خطای ۰/۰۸ و ۰/۰۱، کمتر از تراکم واقعی علف‌هرز بود و کادر مستطیل خطای کمتری را در برآورد تراکم علف‌هرز *A. blitoides* نشان داد (شکل ۶). دلیل اینکه کادرهای نمونه‌برداری مربع و مستطیل در هر روش آبیاری برآوردهای متفاوتی نشان دادند، به سطح و شکل خیس‌شدن خاک در هر روش آبیاری و چگونگی ظهور گونه علف‌هرز، بستگی دارد.



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری و نوع کادر نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم *Amaranthus belitoides*

Figure 6. Comparison of the average interaction effect of the type of irrigation system and the type of quadrat on the accuracy of *Amaranthus belitoides* density estimation.

Dri: drip irrigation, Fur: Furrow irrigation, Spr: sprinkler irrigation

Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively.

در سیستم آبیاری قطره‌ای سطح خیس‌شوندگی خاک کمتر و در طول مزرعه بوده و به‌نوعی ظهور گونه علف‌هرز نیز تابع آن است. در این سیستم آبیاری، کادر مربع به جهت اینکه سطح بیشتری از طول خط کاشت را در بر می‌گیرد، علی‌رغم برآورد کمتر از تراکم واقعی جمعیت *A. belitoides*، با خطای کمتری تراکم گونه مذکور را برآورد کرده است. اگرچه در سیستم آبیاری نشتی کادر مستطیل در

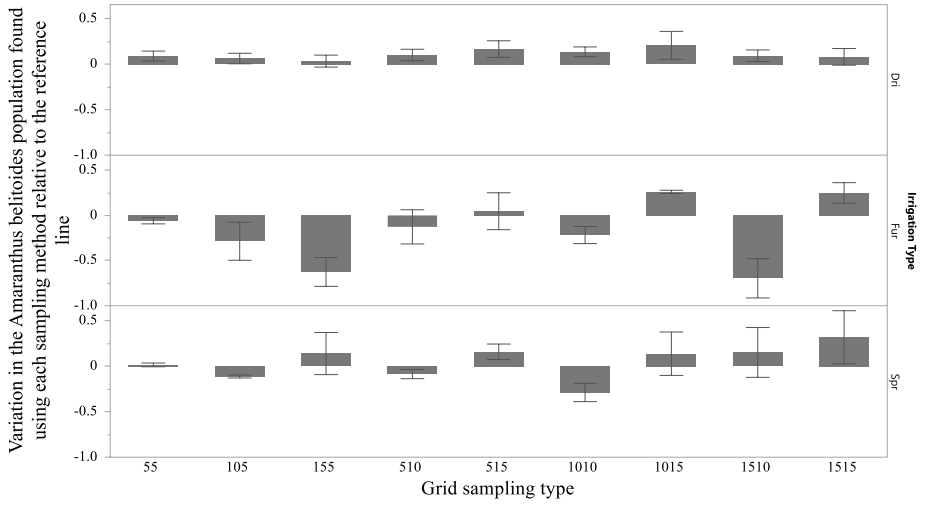
برآورد تراکم کل جمعیت علف‌های هرز دقت بیشتری داشت، اما در مورد برآورد تراکم گونه *A. blitoides* کادر مربع خطای کمتری را نشان داد. این امر متأثر از دامنه پراکنش علف‌هرز می‌باشد. در مطالعه‌ای اعلام شد، *A. blitoides* به‌واسطه تیپ رشدی متفاوت (خوابیده) در مقایسه با گونه‌های *A. retroflexus*، *S. nigrum* و *A. theophrasti* از دامنه پراکنش گسترده‌تری برخوردار بود (Mahmoudi *et al.*, 2013). گستردگی دامنه پراکنش و ظهور لکه‌ای علف‌هرز سبب شده است که کادر نمونه‌برداری مربع برآورد دقیق‌تری را از تراکم گونه *A. blitoides* در مقایسه با کادر مستطیل داشته باشد (شکل ۶). در روش آبیاری بارانی سطح مزرعه به‌طور کامل خیس شده و ظهور یا عدم ظهور علف‌های هرز در سطح مزرعه تحت تأثیر دسترسی و یا عدم دسترسی به آب قرار نمی‌گیرد. ازاین‌رو، دامنه پراکنش و ظهور علف‌هرز است که می‌تواند در میزان دقت روش نمونه‌برداری اثرگذار باشد. با توجه به اینکه در روش آبیاری بارانی خیس‌شدن کل سطح مزرعه می‌تواند سبب بروز لکه‌های بزرگ‌تری از گونه علف‌هرز شود؛ ازاین‌رو کادر مستطیل در برآورد تراکم گونه *A. blitoides* خطای کمتری (۰/۰۱) را نشان داده است (شکل ۶). به‌طور کلی می‌توان گفت، به‌منظور برآورد تراکم گونه *A. blitoides* تحت سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، نشتی و بارانی در مزارع ذرت، می‌توان از کادر نمونه‌برداری مربع‌شکل (۱۰۰×۱۰۰ سانتی‌متر) استفاده کرد؛ چرا که تراکم گونه مذکور را به‌ترتیب با دقت ۰/۹۹، ۰/۹۳ و ۰/۹۲ در سیستم‌های آبیاری مختلف برآورد کرد.

گونه *A. belitoides* در غالب مزارع مورد مطالعه بیشترین تراکم را درمجموع تراکم جمعیت علف‌های هرز دارا بود (جدول ۴). ازاین‌رو، نتایج به‌دست‌آمده از اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی بر دقت برآورد تراکم علف‌هرز *A. belitoides* تا حدود زیادی مشابه با نتایج دقت برآورد تراکم کل جمعیت علف‌های هرز بود. در سیستم آبیاری قطره‌ای، تمامی روش‌های شبکه‌بندی تراکم علف‌های هرز را کمتر از مقدار واقعی برآورد کردند. روش‌های شبکه‌بندی مستطیل ۱۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۱۵) و ۱۵ متر × ۵ متر (۵۱۵) در طول مزرعه و روش شبکه‌بندی مربع ۱۰ متر × ۱۰ متر (۱۰۱۰) به‌ترتیب با خطای ۰/۲۰، ۰/۱۶ و ۰/۱۳ بیشترین خطا را در دقت برآورد تراکم *A. blitoides* در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار نشان دادند؛ درحالی‌که سایر روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی با دقت ۰/۹۰ به بالا تراکم گونه مذکور را برآورد کردند (شکل ۷).

افزایش ابعاد شبکه‌بندی در سیستم آبیاری نشتی سبب افزایش خطا در دقت برآورد تراکم *A. blitoides* شد؛ به‌طوری‌که روش‌های شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۱۵ متر (۱۵۱۰)، ۵ متر × ۱۵ متر (۱۵۵)، ۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۵) در عرض مزرعه و شبکه‌بندی مربع ۱۰ متر × ۱۰ متر (۱۰۱۰) به‌ترتیب با خطای ۰/۶۹، ۰/۶۲-، ۰/۲۸- و ۰/۲۱- برآورد بیش از تراکم واقعی و روش‌های شبکه‌بندی مستطیل ۱۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۱۵) در طول مزرعه و شبکه‌بندی مربع ۱۵ متر × ۱۵ متر (۱۵۱۵) به‌ترتیب با خطای ۰/۲۶ و ۰/۲۵ برآورد کمتر از تراکم واقعی *A. blitoides* داشتند. روش‌های شبکه‌بندی مستطیل ۱۵ متر × ۵ متر (۵۱۵) و ۱۰ متر × ۵ متر (۵۱۰)

در طول مزرعه به‌ترتیب با خطای ۰/۰۴ و ۰/۱۲- کمترین خطا را در برآورد تراکم *A. blitoides* در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار نشان دادند (شکل ۷).

دقت برآورد تراکم جمعیت *A. blitoides* با افزایش ابعاد شبکه‌بندی به‌طور همزمان در طول و عرض مزرعه، در سیستم آبیاری بارانی کاهش یافت. روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر (۵۱۰) در طول مزرعه و شبکه‌بندی مستطیل ۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۵) در عرض مزرعه به‌ترتیب با خطای ۰/۰۸- و ۰/۱۱- ضمن برآورد بیش از تراکم واقعی گونه مذکور، کمترین خطا را در برآورد تراکم این گونه در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار داشتند. این در حالی است که افزایش ابعاد شبکه‌بندی در روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی مربع (۱۵ متر × ۱۵ متر (۱۵۱۵) و ۱۰ متر × ۱۰ متر (۱۰۱۰) به‌ترتیب با خطای ۰/۳۲ و ۰/۲۸-) کمترین دقت را در برآورد تراکم این گونه نشان داد. گستردگی دامنه پراکنش *A. blitoides* سبب شده است، روش‌های شبکه‌بندی مستطیل که تنها در عرض یا طول مزرعه افزایش ابعاد شبکه‌بندی در آن‌ها صورت گرفته است بتوانند برآورد قابل قبولی از تراکم این گونه داشته باشند. محققان اعلام کردند، برای گونه *A. blitoides* به‌واسطه گستره پراکنش بیشتر، می‌توان از ابعاد شبکه‌بندی بزرگ‌تر نیز استفاده کرد (Mahmoudi *et al*., 2013). به‌طور کلی و با توجه به نتایج روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی، روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر (۵۱۰) در طول مزرعه با ۸۱ نمونه، در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، نشتی و بارانی به‌ترتیب با دقت ۰/۹۰، ۰/۸۸ و ۰/۹۲ با کمترین نوسان تراکم گیاهچه‌های *A. blitoides* را برآورد کرد (شکل ۷). ازاین‌رو، استفاده از این روش نمونه‌برداری می‌تواند به‌منظور ارزیابی جمعیت گونه *A. blitoides* ازنظر تراکم بوته در مرحله گیاهچه‌ای مورد استفاده قرار گرفته و سبب سهولت در اجرای روش نمونه‌برداری شود.



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری و روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی بر دقت برآورد تراکم *Amaranthus belitoides*

Figure 7. Comparison interaction effect of irrigation system type and grid sampling methods on the accuracy of *Amaranthus belitoides* density estimation

Grid sampling methods: 55. (5m×5m,171 points), 105. (10m×5m, 76 points), 155. (15m×5m, 57 points), 510. (5m×10m, 81 points), 515. (5m×15m, 54 points), 1010. (10m×10m, 36 points), 1015. (10m×15m, 24 points), 1510. (15m×10m, 27 points), 1515. (15m×15m, 18 points).
Dri: drip irrigation, Fur: Furrow irrigation, Spr: sprinkler irrigation. Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively.

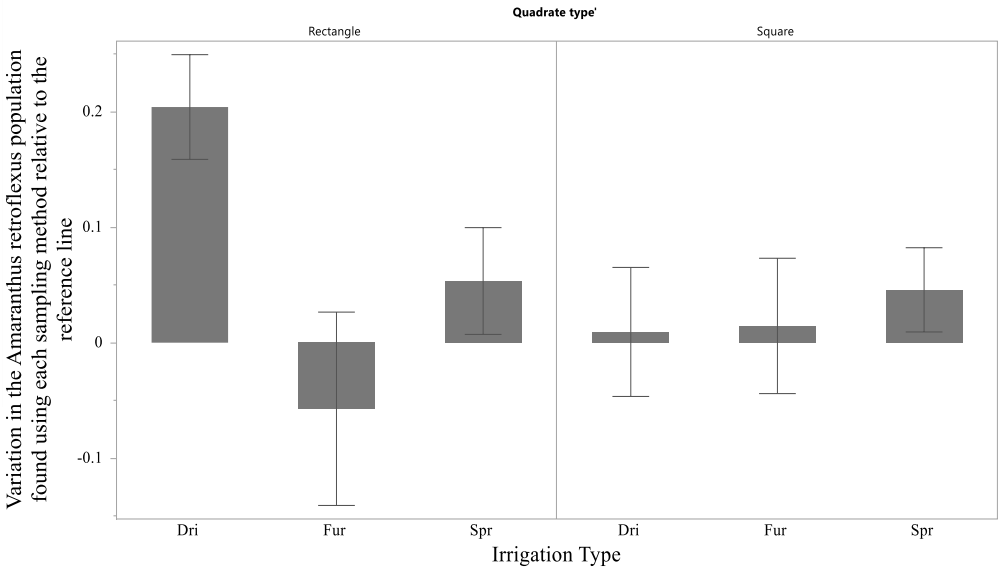
برآورد تراکم گونه *Amaranthus retroflexus*

اثرات اصلی نوع سیستم آبیاری، نوع کادر نمونه‌برداری و روش‌های شبکه‌بندی بر دقت برآورد تراکم گونه *A. retroflexus* معنی‌دار نشد؛ درحالی‌که اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × نوع کادر نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم این گونه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). کادر مستطیل (۱۲۵×۸۰ سانتی‌متر) در هر سه سیستم آبیاری خطای بیشتری را در دقت برآورد تراکم گونه *A. retroflexus* نشان داد. خطایی که در دو سیستم آبیاری قطره‌ای و بارانی سبب برآورد کمتر از تراکم واقعی و در سیستم آبیاری نشتی سبب برآورد بیشتر از تراکم واقعی *A. retroflexus* شد (شکل ۸). کادر مربع (۱۰۰×۱۰۰ سانتی‌متر) در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، نشتی و بارانی به‌ترتیب با خطای ۰/۰۰۹، ۰/۰۱ و ۰/۰۴ علی‌رغم برآورد کمتر از تراکم واقعی، در مقایسه با کادر مستطیل تراکم گیاهچه‌های *A. retroflexus* را با دقت بیشتری برآورد کرد. محققان گزارش کردند که گستردگی دامنه پراکنش در گونه *A. retroflexus* در کشت ذرت زیاد بوده و سبب ظهور لکه‌های بزرگ در مزرعه می‌شود، اما اندازه لکه‌ها در این گونه در مقایسه با گونه *A. blitoides* کوچک‌تر می‌باشد. روش‌های مدیریتی و عملیات‌های انجام‌شده در مزارع روی اندازه لکه‌های علف‌های هرز و چگونگی ظهور آن‌ها مؤثر است (Ashrafi *et al.*, 2008). کادر نمونه‌برداری مربع با توجه به اندازه لکه‌های ظهور *A. retroflexus* توانسته است پوشش بهتری از ظهور علف‌هرز داشته و تراکم گونه مذکور را با دقت بیشتری برآورد کند (شکل ۸).

برآورد تراکم گونه *Chenopodium album*

اثر اصلی نوع سیستم آبیاری و نوع کوادرات بر دقت برآورد تراکم گونه *C. album* معنی‌دار نشدغ درحالی‌که اثر روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی و اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). در سیستم آبیاری قطره‌ای، افزایش ابعاد شبکه‌بندی در روش شبکه‌بندی مربع (۱۰ متر × ۱۰ متر (۱۰۱۰) و ۱۵ متر × ۱۵ متر (۱۵۱۵)) به‌ترتیب با خطای ۰/۳۳ و ۰/۲۸، بیشترین خطا را در دقت برآورد تراکم گونه *C. album* داشتند. روش‌های شبکه‌بندی مستطیل ۱۵ متر × ۵ متر (۵۱۵)، ۱۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۱۵) و ۱۰ متر × ۵ متر (۵۱۰) در طول مزرعه و شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۱۵ متر (۱۵۱۰) در عرض مزرعه به‌ترتیب با خطای ۰/۰۰۱، ۰/۱۰-، ۰/۱۴ و ۰/۰۸ کمترین خطا را در برآورد تراکم این گونه در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار نشان دادند (شکل ۹). دقت برآورد تراکم گونه *C. album* در سیستم آبیاری نشتی نیز با افزایش ابعاد روش‌های شبکه‌بندی به‌طور همزمان در طول و عرض مزرعه کاهش یافت. در این سیستم آبیاری، روش‌های شبکه‌بندی مستطیل ۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۵) در عرض و شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر (۵۱۰) در طول مزرعه بیشترین دقت را در برآورد تراکم گونه *C. album* و به‌ترتیب خطای صفر و ۰/۰۶ را در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار نشان دادند (شکل ۹). روش‌های شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۱۵ متر (۱۵۱۰) در عرض مزرعه و شبکه‌بندی مربع ۱۵ متر × ۱۵ متر (۱۵۱۵) به‌ترتیب با خطای ۰/۶۵ و ۰/۷۴، بیشترین خطا را در برآورد تراکم این گونه علف‌هرز در مقایسه با روش معیار در سیستم آبیاری بارانی نشان

دادند. روش شبکه‌بندی مستطیل ۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۵) در عرض مزرعه با خطای ۰/۰۱، بیشترین دقت را در برآورد تراکم گونه *C. album* دارا بود (شکل ۹). به‌طور کلی در هر سه سیستم آبیاری قطره‌ای، نشتی و بارانی، روش شبکه‌بندی مستطیل ۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۵) در عرض مزرعه با ۷۶ نمونه به‌ترتیب با دقت ۰/۸۴، ۱/۰ و ۰/۹۹ تراکم گونه مذکور را برآورد کرد. در مطالعه‌ای گزارش شد، توزیع جمعیت علف‌هرز *C. album* در مزرعه به‌صورت لکه می‌باشد. چراکه *C. album* گیاهی یک‌ساله است که به‌وسیله بذر تکثیر شده و به دلیل این‌که بذرهای آن بیشتر در پای بوته مادری ریخته می‌شود، عمده مکانیسم پراکنش بذرهای آن، انتقال توسط ماشین‌آلات کشاورزی است. درنتیجه *C. album* به‌صورت لکه‌هایی کوچک در سطح مزرعه قابل مشاهده است (Cardina *et al.*, 2005). ظهور لکه‌های کوچک، متأثر از دامنه پراکنش کم این علف‌هرز و نوع سیستم آبیاری سبب شده است که روش‌های شبکه‌بندی مستطیلی ۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۵) در عرض مزرعه و شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر (۵۱۰) و ۱۵ متر × ۵ متر (۵۱۵) در طول مزرعه، با کمترین نوسان و حداقل خطا بتوانند تراکم این گونه را در سه سیستم آبیاری برآورد کنند. افزایش ابعاد شبکه‌بندی در روش شبکه‌بندی مربعی نتوانست ظهور لکه‌های کوچک *C. album* را پوشش داده و بیشترین خطا را در برآورد تراکم این گونه نشان دادند (شکل ۹).

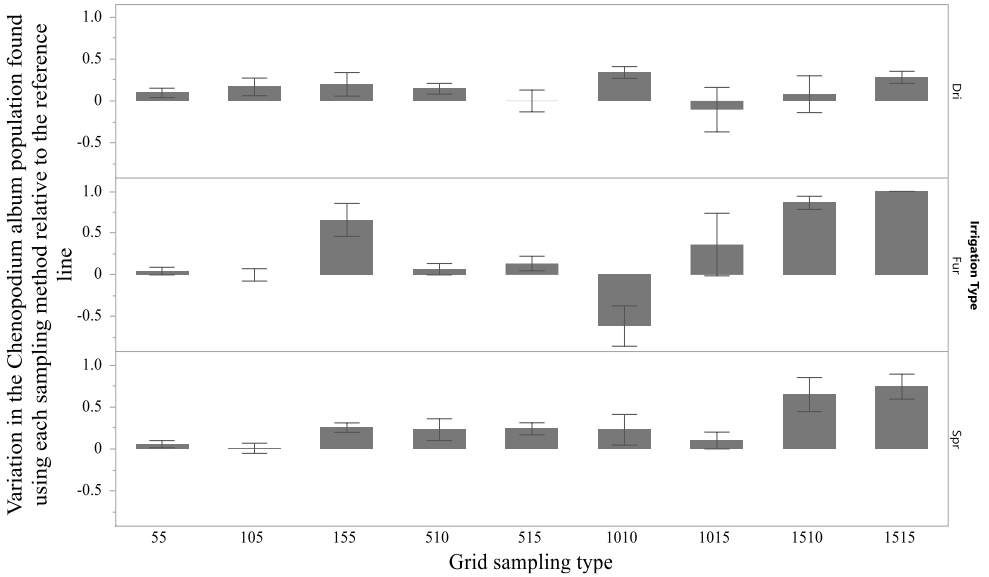


شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری و نوع کادر نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم *Amaranthus retroflexus*

Figure 8. Comparison of the average interaction effect of the type of irrigation system and the type of quadrat on the accuracy of *Amaranthus retroflexus* density estimation.

Dri: drip irrigation, Fur: Furrow irrigation, Spr: sprinkler irrigation

Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively



شکل ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری و روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی بر دقت برآورد تراکم *Chenopodium album*

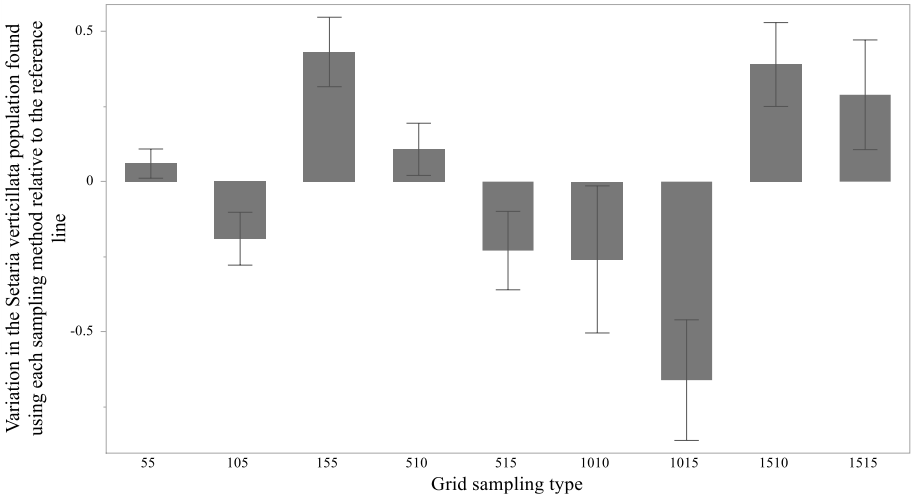
Figure 9. Comparison of the average interaction effect of irrigation system type and grid sampling methods on the accuracy of *Chenopodium album* density estimation

Grid sampling methods: 55. (5m×5m,171 points), 105. (10m×5m, 76 points), 155. (15m×5m, 57 points), 510. (5m×10m, 81 points), 515. (5m×15m, 54 points), 1010. (10m×10m, 36 points), 1015. (10m×15m, 24 points), 1510. (15m×10m, 27 points), 1515. (15m×15m, 18 points).
Dri: drip irrigation, Fur: Furrow irrigation, Spr: sprinkler irrigation
Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively

برآورد تراکم گونه *Setaria verticillata*

اثر اصلی روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی بر دقت تراکم گونه *S. verticillata* در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد؛ درحالی‌که سایر اثرات غیر معنی‌دار بودند (جدول ۵). روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی در برآورد تراکم گونه *S. verticillata* نتایج مختلفی را نشان دادند. در بین روش‌های شبکه‌بندی، روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر (۵۱۰) در طول مزرعه با ۸۱ نمونه و روش شبکه‌بندی مستطیل ۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۵) در عرض مزرعه با ۷۶ نمونه، به‌ترتیب با خطای ۰/۱۰ و ۰/۱۹-، کمترین خطا را در برآورد تراکم گونه *S. verticillata* داشتند (شکل ۱۰). در مطالعه‌ای ظهور لکه‌های علف‌های هرز در مزرعه ذرت طی چند مرحله مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد در اولین نمونه‌برداری که در مرحله چهار برگی ذرت انجام شد، بیشترین ظهور علف‌های هرز مشاهده شد. در این آزمایش اعلام شد، تراکم علف‌های هرز پهن‌برگ از مرکز به خارج با سرعت بیشتری کاهش یافت که در باریک برگ‌ها این کاهش تدریجی بود؛ بنابراین قطر لکه جمعیت علف‌های هرز باریک برگ بیشتر از پهن‌برگ‌ها بود (Gholami Golafshan *et al*., 2009). برای گونه‌های باریک‌برگ با دامنه پراکنش بیشتر، فواصل نمونه‌برداری بزرگ‌تر هم می‌توان بکار برد (Ashrafi *et al*., 2008)، اما افزایش زیاد فواصل نمونه‌برداری همچون روش‌های شبکه‌بندی مربعی ۱۵ متر × ۱۵ متر (۱۵۱۵)، شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۱۵ متر (۱۵۱۰) و شبکه‌بندی مستطیل ۵ متر × ۱۵ متر (۱۵۵) در عرض مزرعه و شبکه‌بندی مستطیل ۱۵ متر × ۱۰ متر (۱۰۱۵) در طول مزرعه نتوانستند پوشش مناسبی بر ظهور لکه‌های گونه *S. verticillata* داشته باشند و در برآورد تراکم این

گونه به‌ترتیب خطای ۰/۲۹، ۰/۳۹، ۰/۴۳ و ۰/۶۶- را نشان دادند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثر روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی بر دقت برآورد تراکم *Setaria verticillata*

Figure 10. Comparison of the average effect of grid sampling methods on the accuracy of *Setaria verticillata* density estimation.

Grid sampling methods: 55. (5m×5m,171 points), 105. (10m×5m, 76 points), 155. (15m×5m, 57 points), 510. (5m×10m, 81 points), 515. (5m×15m, 54 points), 1010. (10m×10m, 36 points), 1015. (10m×15m, 24 points), 1510. (15m×10m, 27 points), 1515. (15m×15m, 18 points).
Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی اثر شکل کادر نمونه‌برداری در برآورد غنای گونه‌ای جمعیت علف‌های هرز معنی‌دار نشد، درحالی‌که برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز در سیستم‌های آبیاری مختلف تحت تأثیر شکل کادر نمونه‌برداری قرار گرفت. کادر مربع در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و نشتی برآورد دقیق‌تری از تراکم جمعیت گونه‌های مختلف علف‌هرز داشت، اما در سیستم آبیاری بارانی به‌واسطه اینکه الگوی خیس‌شدن خاک کل سطح مزرعه را در برمی‌گیرد، کادر مستطیل با خطای کمتری تراکم گونه‌های مختلف علف‌های هرز را برآورد کرد. کادر نمونه‌برداری مربع و مستطیل در برآورد گونه‌ای علف‌های هرز نیز نتایج متفاوتی را نشان دادند. در گونه‌های علف‌هرزی همچون *A. belitoides*، که دامنه پراکنش گسترده بود، در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و نشتی، کادر مربع و در سیستم آبیاری بارانی کادر مستطیل برآورد دقیق‌تری را ارائه کرد. این امر متأثر از الگوی خیس‌شدن متفاوت خاک در روش‌های مختلف آبیاری بود که به‌نوعی ظهور علف‌های هرز نیز در مزرعه تابع آن است. در سایر گونه‌های علف‌هرز همچون *A. retroflexus* که دامنه پراکنش محدودتر بود، کادر مربع در هر سه سیستم آبیاری، برآورد تراکم علف‌هرز را با خطای کمتری در مقایسه با کادر مستطیل انجام داد.

بررسی کارایی روش‌ها مختلف نمونه‌برداری شبکه‌بندی در سیستم‌های آبیاری مختلف نشان داد که به‌طور کلی کارایی روش‌های شبکه‌بندی مستطیل با افزایش ابعاد شبکه‌بندی تنها در طول یا عرض زمین می‌تواند برآورد دقیق‌تری از غنای گونه‌ای و تراکم جمعیت علف‌های هرز و همچنین تراکم تک‌گونه‌های علف‌هرز در مقایسه با روش‌های شبکه‌بندی مربعی با ابعاد بزرگ‌تر، داشته باشد. در بین

روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی، روش شبکه‌بندی مستطیل ۱۰ متر × ۵ متر در طول مزرعه با ۸۱ نمونه و شبکه‌بندی مستطیل ۵ متر × ۱۰ متر در عرض مزرعه با ۷۶ نمونه، کمترین خطا را در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار (شبکه‌بندی مربعی با ابعاد ۵ متر × ۵ متر (۱۷۱ نقطه) با استفاده از کادر نمونه‌برداری مربع ۱۰۰×۱۰۰ سانتی‌متر) در برآورد تعداد گونه و تراکم جمعیت علف‌های هرز دارا بودند و توانستند تراکم گیاهچه‌های علف‌های هرز یک‌ساله *A. blitoides*، *C. album* و *S. verticillata* را با دقت قابل قبولی برآورد کنند. همچنین در این مطالعه مشاهده شد، بسته اینکه چه نوع اطلاعاتی را می‌خواهیم از بررسی جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت تحت سیستم‌های آبیاری مختلف جمع‌آوری کنیم و یا در بررسی تک-گونه‌ها، روش‌های شبکه‌بندی با ابعاد بزرگ‌تر نیز می‌تواند راهگشا باشد. استفاده از این روش‌های شبکه‌بندی، ضمن برآورد مناسب از جمعیت علف‌های هرز (و یا تک‌گونه‌های علف‌هرز) می‌توانند به‌واسطه تعداد نقاط نمونه‌برداری کمتر، با سهولت بیشتر و صرف نیروی انسانی کمتر، وضعیت جمعیت علف‌های هرز را در مزارع ذرت مورد بررسی قرار دهند.

منابع

Ashrafi, A. Bannayan Aval, M. and Rashed Mohasel, M.H. 2008. Spatial dynamics of weed population in a corn field using geostatistics analysis. J. Field Crops Res. 1(2): 139-154. (In Persian).

Barbour, M.G. Burk, J.H. and Pitts, W.D. 1987. Terrestrial Plant Ecology. Chapter 9: Method of sampling the plant community. Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings Publishing Co.

Booth, B.D. Murphy, S.D. and Swanton, C.J. 2010. Invasive plant ecology in natural and agricultural systems. 2nd edn. Cambridge, MA: CAB International. 299 Pp.

Cardina, J. Sparrow, D.H. and McCoy, E.L. 2005. Analysis of spatial distribution of common lambsquarters (*Chenopodium album*) in no-till soybean (*Glycine max*). Weed Sci. 43: 258-268.

Clay, S. and Johnson, G. 2000. The site-specific management guidelines, scouting for weeds. Published by the Potash and Phosphate Institute (PPI).

Cousens, R.D. Brown, R.W. McBratney, A.B. and Moerkerk, M. 2002. Sampling strategy is important for producing weed maps: A case study using kriging. Weed Sci. 50: 542–546.

Cox, G.1990. Laboratory manual of general ecology 6th Ed. Dubuque, Iowa: WIlliam C. Brown.

Ghafari. M. 2020. Sampling methods in field-scale weed studies. Javaneh Sci. J. 16(5): 14-22. (In Persian).

Gholami Golafshan, M. and Yasari, E. 2012. Comparison of sampling methods for estimating seed bank and weed population densities during the growing season. J. Agric. Sci. 4(9): 39-47.

Gholami Golafshan, M. Vazan, S. Paknejad, F. Oveisi, M. and Elyasi, S. 2009. Spatial relationships between weed seedbank and seedling and their population distribution models in corn. Weed Res. J. 1(1): 65-76 (In Persian).

Goudy, H.J. Bennett, R.A. Brown, R.B. and Tardif, F.J. 2001. Evaluation of site-specific weed management using a direction sprayer. Weed Sci. 49: 359-36.

Greig-Smith, P. 1964. Quantitative Plant Ecology. London: Butterworths.

Jamaica, D. and Plaza, G. 2014. Evaluation of various conventional methods for sampling weeds in potato and spinach crops. Agron. Colomb. 32(1): 36-43.

Kooler, M. and Lanini, W.T. 2010. Site-specific herbicide applications based on weed maps provide effective control. California Agric. 59: 182-187.

Mahmoudi, B. Pirdashti, H.A. and Yaghoubi Khanghahi, M. 2013. Studying the spatial distribution of corn field weeds using relationships geostatic. J. Crop Improv. 15(1): 191-204 (In Persian).

Nkoa, R. Owen, M.D.K. and Swanton, C.J. 2015. Weed abundance, distribution, diversity, and community analyses. Weed Sci. 63(sp1): 64-90.

Puricelli, E. Faccini, D. Niswnsohn, L. and Tuesca, D. 2015. Weed cover, frequency and diversity in field plots and edges in the soybean central region of Argentina. Agri. Sci. 3(5): 631-639.

Sosnokie, L.M. Luschei, E.C. and Fanning, M.A. 2012. Field margin weed-species diversity in relation to landscape attributes and adyacent land use. Weed Sci. 55: 129-136.