University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

Comparision the Effectiveness of Sampling Methods, the Shape and Size of Quadrat for Estimating Weed Population in Corn Fields under Different Irrigation Systems

Mahdi Ghafari[1] | Mostafa Oveisi [2]✉ | Hasan Alizadeh[3]

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
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: January 16, 2024
Received in revised form: February 21, 2024
Accepted: February 25, 2024
Published online: September 22, 2024

Keywords:
Diagonal method, random method, rectangle quadrate, square quadrate, zigzag method.

ABSTRACT

In weed management planning, the most important step is to know the weed population, which starts with sampling. In order to investigate the effectiveness of random, zigzag and diagonal sampling methods with 28, 29, and 28 sampling units, respectively, the shape (square and rectangle) and the size of the square (0.25 square meters and one square meter) for 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. In order to estimate the accuracy of the sampling methods, first, the studied area was gridded with the standard grid sampling method of 5 m × 5 m (171 sampling points) and at the intersection of the lines using a square quadrat (100 × 100 cm), an area equal to one square meter. The data related to the species density and diversity of weed seedlings by species were recorded at the four-leaf stage of corn and before herbicide application in one stage. The results showed that regardless of the quadrat shape and sampling methods, one square meter quadrats had a better estimate of species diversity and weed population density in corn fields under three irrigation systems. But when only weed density is considered, the use of a rectangular square of 0.25 m^2 (100 × 25 cm) was able to estimate weed density with acceptable accuracy. Due to the different pattern of soil wetting in different irrigation systems and consequently the appearance of weeds and the way of navigation in each sampling method, the sampling methods showed different estimates of the population density of weeds; so that the diagonal sampling method in the drip irrigation system and the sampling methods Zigzag and random in sprinkler and furrow irrigation systems showed less error compared to standard grid sampling method. Meanwhile, in the investigation of single weed species, the diagonal systematic sampling method in all three irrigation systems showed the least error in the accuracy of the density estimation of the studied species compared to the standard grid method.

Cite this article: Ghafari, M., Oveisi, M., & Alizadeh, H. (2024). Comparision the effectiveness of sampling methods, the shape and size of quadrat for estimating weed population in corn fields under different irrigation systems. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *55*(3), 161-179. DOI: 10.22059/ijfcs.2024.371039.655057.

© The Authors.
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/ijfcs.2024.371039.655057

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

مقایسه کارایی روش‌های نمونه‌برداری، شکل و ابعاد کوآدرات در برآورد جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت تحت سیستم‌های آبیاری مختلف

مهدی غفاری[۱] | مصطفی اویسی[۲]✉ | حسن علیزاده[۳]

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: moveisi@ut.ac.ir

۳. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. ایمیل: malizade@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۷/۰۱

کلیدواژه‌ها:
روش تصادفی،
روش زیگزاگ،
روش قطری،
کوآدرات مربع،
کوآدرات مستطیل.

چکیده

در برنامه‌ریزی مدیریت علف‌های هرز، مهمترین مرحله شناخت جمعیت علف‌های هرز می‌باشد که با نمونه‌برداری آغاز می‌شود. به‌منظور بررسی کارایی روش‌های نمونه‌برداری تصادفی، زیگزاگ و قطری به‌ترتیب با ۲۸، ۲۹ و ۲۸ واحد نمونه‌برداری، شکل (مربع و مستطیل) و ابعاد کوآدرات (۰/۲۵ متر مربع و یک متر مربع) در برآورد جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت تحت سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، نشتی و بارانی، پژوهشی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در شش مزرعه ذرت (*Zea mays* L.) انجام شد. به منظور برآورد دقت روش‌های نمونه‌برداری، ابتدا قطعه مورد مطالعه با روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی معیار به ابعاد ۵ متر × ۵ متر (۱۷۱ نقطه نمونه‌برداری) شبکه‌بندی و در محل تلاقی خطوط با استفاده از کوآدرات مربع (۱۰۰×۱۰۰ سانتی‌متر)، مساحتی معادل یک متر مربع مورد بررسی قرار گرفت و داده‌های مربوط به تراکم و تنوع گیاهچه‌های علف‌های هرز به تفکیک گونه در مرحله چهار برگی ذرت و پیش از کاربرد علف‌کش طی یک مرحله ثبت شد. نتایج نشان داد که صرف نظر از شکل کوآدرات و روش نمونه‌برداری، کوآدرات‌های یک متر مربعی در مقایسه با ابعاد کوچک‌تر کوآدرات، برآورد بهتری از تنوع گونه‌ای و تراکم جمعیت علف‌های هرز در مزارع ذرت تحت سه سیستم آبیاری داشتند. اما هنگامی‌که تنها تراکم علف‌های هرز مد نظر باشد، استفاده از کوآدرات مستطیل‌شکل ۰/۲۵ متر مربعی (۱۰۰ × ۲۵ سانتی‌متر) توانست برآورد تراکم علف‌های هرز را با دقت قابل قبولی انجام دهد. با توجه به متفاوت‌بودن الگوی خیس‌شدن خاک در سیستم‌های آبیاری مختلف و به تبع آن ظهور علف‌های هرز و نحوه پیمایش در هر روش نمونه‌برداری، روش‌های نمونه‌برداری برآوردهای متفاوتی از تراکم جمعیت علف‌های هرز نشان دادند؛ به‌طوری‌که روش نمونه‌برداری قطری در سیستم آبیاری قطره‌ای و روش‌های نمونه‌برداری زیگزاگ و تصادفی در سیستم‌های آبیاری بارانی و نشتی، خطای کمتری را در مقایسه با روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی معیار نشان دادند. این در حالی است که در بررسی تک گونه‌های علف‌های هرز، روش نمونه‌برداری سیستماتیک قطری در هر سه سیستم آبیاری کمترین خطا را در دقت برآورد تراکم گونه‌های مورد مطالعه در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار نشان داد.

استناد: غفاری، م.، اویسی، م.، و علیزاده، ح. (۱۴۰۳). مقایسه کارایی روش‌های نمونه‌برداری، شکل و ابعاد کوآدرات در برآورد جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت تحت سیستم‌های آبیاری مختلف. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۵(۳)، ۱۶۱-۱۷۹.

DOI: 10.22059/ijfcs.2024.371039.655057

© نویسندگان

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

علف‌های هرز به عنوان یکی از اجزای مکمل بوم‌نظام‌های کشاورزی و جزیی جدایی‌ناپذیر در سیستم‌های کشاورزی محسوب می‌شوند. به دلیل آثار مخرب ناشی از رقابت بر عملکرد محصولات زراعی، علف‌های هرز از دیرباز به عنوان جزیی نامطلوب از بوم‌نظام‌های کشاورزی شناخته شده و یکی از مهمترین عوامل کاهش‌دهنده میزان محصول به شمار می‌روند (Delafuente *et al*., 2006). پراکنش علف‌های هرز و قدرت توسعه آنها از مهمترین عوامل مقاومت آنها در برابر کنترل محسوب می‌شود. با اطلاع از وجود علف‌های هرز خاص در یک منطقه می‌توان در مورد روش‌های کنترل آنها تصمیم گرفت و برنامه‌ریزی کرد. علاوه‌بر این، توزیع و مصرف سموم علف‌کش باید بر مبنای اطلاعات دقیق جمعیت علف‌های هرز هر منطقه صورت گرفته و کارایی علف‌کش‌ها روی گونه‌های علف‌های هرز مورد نظر بررسی شود. شناخت دقیق فلور و مطالعه تنوع گونه‌ای و کارکردی و ساختار جوامع علف‌های هرز نقش ویژه‌ای در مدیریت مبارزه با علف‌های هرز و ایجاد تعادل در جمعیت علف‌های هرز در گیاهان زراعی داشته و می‌تواند نقش اساسی در کاهش افت عملکرد و صرفه اقتصادی داشته باشد (Bourdot *et al*., 1998).

نمونه‌برداری جمعیت علف‌های هرز رقیب در مزارع اولین گام در جهت شناخت گونه علف هرز، کمی‌کردن میزان رشد آنها و در نهایت حرکت به سمت تدوین یک برنامه مدیریتی است (Ghafari, 2020). نمونه‌برداری علف‌های هرز با هدف مشخص‌کردن تنوع گونه‌ای، تراکم و فراوانی انجام می‌شود و این متغیرها اطلاعات لازم برای مواردی همچون ۱) مطالعات تنوع زیستی: غنای گونه‌ای و ساختار جوامع، ۲) مدیریت کوتاه‌مدت: اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای و فراوانی به منظور اتخاذ تصمیم فوری مدیریتی در دوره رشد گیاه زراعی، ۳) برنامه‌های مدیریتی بلندمدت: اندازه‌گیری غنای گونه‌ای و فراوانی به منظور مدل‌سازی و پیش‌بینی آینده، مدیریت پیشگیرانه و بررسی تغییرات فلور علف‌های هرز، و ۴) نقشه‌برداری: مطالعات پویایی جمعیت، مدیریت در مکان خاص، مدیریت لکه‌ای را فراهم می‌نماید (Hanzlik & Gerowitt, 2016؛ Jamaica & Plaza, 2014). به منظور انتخاب روش نمونه‌برداری مناسب بایستی دو نکته را مورد توجه قرار داد: ۱) انتخاب روش نمونه‌برداری متناسب با مشاهدات مورد انتظار از نمونه‌برداری (همچون تراکم، فراوانی، درصد پوشش و ...) و ویژگی‌های (تنوع گونه‌ای، پراکنش) جمعیت‌های مورد ارزیابی در هر اکوسیستم زراعی وابسته است. ۲) نوع مطالعه در نحوه نمونه‌برداری مؤثر است. به‌طور مثال اگر مطالعه به صورت آزمایش‌هایی متشکل از تعدادی واحد آزمایشی (کرت) کوچک انجام شود، روش نمونه‌برداری در مقایسه با بررسی علف‌های هرز در مزارع وسیع، کاملاً متفاوت می‌باشد (Ghafari, 2020؛ Nkoa *et al*., 2015). به منظور نمونه‌برداری از فلور علف‌های هرز به مواردی همچون زمان نمونه‌برداری، میزان نمونه‌برداری، محل نمونه‌برداری و نحوه نمونه‌برداری بایستی توجه نمود (Hutton, 2011).

نمونه، واحد نمونه‌برداری است و شامل اندازه‌گیری متغیرهای مورد نظر در قسمتی از کل واحد آزمایشی به‌صورت تصادفی و یا سیتماتیک می‌باشد. در مطالعات علف‌های هرز، واحد نمونه‌برداری معمولاً کوآدرات می‌باشد. اندازه، شکل، تعداد و نحوه استفاده از کوآدرات به صفات مورد بررسی، گونه‌های علف‌هرز و نحوه پراکنش آن‌ها در مزرعه و روش نمونه‌برداری بستگی دارد (Nkoa *et al*., 2015؛ Booth *et al*., 2010). محققان گزارش کردند که اگر تعداد بوته در واحد نمونه‌برداری مد نظر باشد، اندازه کوآدرات بسیار مهم است. هنگامی که تراکم بوته مد نظر است، کوآدرات بایستی به اندازه کافی بزرگ باشد تا بتواند تراکم معنی‌داری از گونه‌های منحصر به فرد را در برگیرد و همچنین بایستی کوآدرات به اندازه کافی کوچک باشد، تا بتوان بوته‌ها را از یکدیگر تفکیک و شمارش نمود بدون آنکه بوته‌ای از قلم بیفتد و یا دو مرتبه شمارش شود (Barbour *et al*., 1987؛ Cox, 1990). همچنین این فرض در گیاهان زراعی ردیفی وجود دارد که نمونه‌برداری با کوآدرات مستطیل و یا مربع ممکن است نتایج نهایی را تحت تاثیر قرار داده و یکی از آن‌ها با دقت بالاتری تراکم بوته علف‌های هرز را پیش‌بینی نماید. در مطالعه‌ای دو روش نمونه‌برداری با کوآدرات مستطیل و مربع در کشت چغندر قند مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که همبستگی بین بانک بذر و گیاهچه‌های سبزشده علف‌های هرز در نمونه‌برداری با کوآدرات مستطیل در روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی بالاتر بود که به احتمال زیاد دلیل این موضوع کشت ردیفی چغندر قند باشد (Roham *et al*., 2012). با توجه به اینکه نحوه ظهور و پراکنش گونه‌های مختلف علف‌هرز تحت تاثیر اثرات متقابل بیولـوژی علف‌های هرز، شرایط محیطی و عملیات کشاورزی قرار دارد؛ از این‌رو، استفاده از یک الگوی نمونه‌برداری نمی‌تواند ارزیابی صحیحی برای گونه‌های مختلف داشته باشد (Gholami Golafshan & Yasari, 2012؛ Goudy *et al*., 2001). روش‌های نمونه‌برداری تصادفی و سیستماتیک بیشترین کاربرد را در

مطالعات علف‌های هرز دارا هستند (Nkoa *et al*., 2015). در شرایط مزرعه، نمونه‌برداری تصادفی ممکن است خیلی ساده‌تر از نمونه‌برداری سیستماتیک باشد؛ اما روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک به عنوان روش‌هایی با کمترین میزان خطا در نمونه‌برداری از گونه‌های علف‌های هرز شناخته شده‌اند (Eberhardt & Thomas, 1991؛ Chauvel *et al*., 1998). اما در شرایطی که تعداد واحدهای نمونه‌برداری کم باشد، روش نمونه‌برداری تصادفی می‌تواند ارزیابی بهتری از وضعیت علف‌های هرز، در مقایسه با روش‌های سیستماتیک داشته باشد؛ اما این مشکل با افزایش تعداد نمونه و به‌عبارت دیگر پوشش بیشتر مزرعه با واحدهای نمونه‌برداری برطرف می‌شود (Colbach *et al*., 2000). نظر به اینکه عملیات مدیریتی مزرعه همچون نوع سیستم آبیاری بر چگونگی ظهور لکه‌های علف‌های هرز موثر می‌باشد، این مطالعه با هدف مقایسه روش‌های مختلف نمونه‌برداری و متغیرهای مؤثر بر دقت روش‌های مورد مطالعه همچون شکل و اندازه کوآدرات، به منظور انتخاب بهترین روش نمونه‌برداری برای برآورد گونه‌های مختلف علف‌هرز مزارع ذرت تحت سیستم‌های آبیاری بارانی، قطره‌ای و نشتی انجام شد.

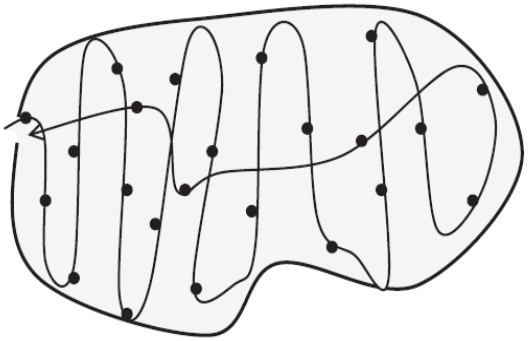
۲. روش‌شناسی پژوهش

به منظور مقایسه کارایی روش‌های نمونه‌برداری، شکل و ابعاد کوآدرات 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 ... در قالب یک پرسشنامه برای مزارع ثبت شد. برای اجرای آزمایش مزارعی انتخاب شدند که بوته‌های ذرت در مرحله چهاربرگی (۲۵-۲۲ روز پس از کشت) بوده و هنوز علف‌کش در آن‌ها استفاده نشده بود.

جدول ۱. مشخصات مزارع ذرت منتخب در شهرستان ساوه.

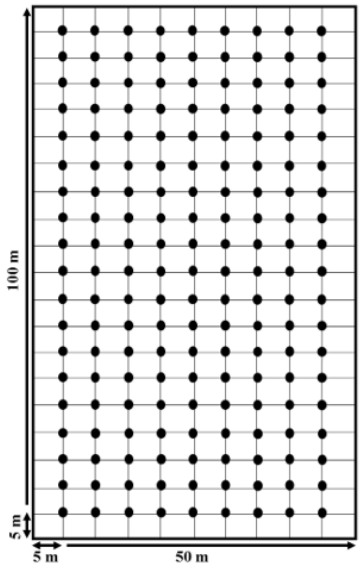
Study location	Farm area (ha)	Type of irrigation system	Geographical location	Planting date	Cultivars name	Sampling date
Gozal dareh	10	Drip	35°18'09.7"N 49°22'52.2"E	2 June 2020	Producer	24 June 2020
Gozal dareh	12	Drip	35°18'34.0"N 49°24'45.9"E	5 June 2020	Basin	30 June 2020
Dasht louin	7	Furrow	35°08'27.5"N 49°58'47.1"E	13 June 2020	704 Moghan	5 July 2020
Dasht louin	8	Furrow	35°08'09.2"N 49°59'05.5"E	22 June 2020	704 Moghan	15 July 2020
Towhidlu	6	Sprinkler	35°06'15.8"N 49°36'50.3"E	17 June 2020	Gazda	10 July 2020
Dasht louin	9	Sprinkler	35°03'20.4"N 49°59'11.5"E	26 June 2020	704 Moghan	19 July 2020

به‌منظور انجام آزمایش و اعمال روش‌های نمونه‌برداری (شامل روش‌های نمونه‌برداری شبکه‌بندی، تصادفی، زیگزاگ و قطری) در مزارع منتخب، ابتدا با استفاده از روش مارپیچ (Nkoa *et al*., 2015) عمل دیده‌بانی و شناسایی گیاهچه 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 به‌عبارت‌دیگر، نماینده واقعی مزرعه از لحاظ تنوع گونه‌ای و پراکنش علف‌های هرز بود انتخاب شد (Clay & Johnson, 2000).



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

در مرحله اول به منظور برآورد تنوع و تراکم واقعی جمعیت علف‌های هرز، مزارع مورد مطالعه با روش شبکه‌بندی ۵ متر × ۵ متر (۱۷۱ نقطه نمونه‌برداری) تقسیم‌بندی شدند (شکل ۲). در محل تلاقی خطوط با استفاده از کوآدرات مربع (۱۰۰×۱۰۰ سانتی‌متر) به‌صورت عمود بر خطوط کاشت، مساحتی معادل یک متر مربع مورد بررسی قرار گرفت و داده‌های مربوط به غنای گونه‌ای علف‌های هرز (تعداد گونه علف‌هرز) و تراکم به تفکیک گونه در مرحله چهاربرگی ذرت و پیش از کاربرد علف‌کش طی یک مرحله ثبت شد.



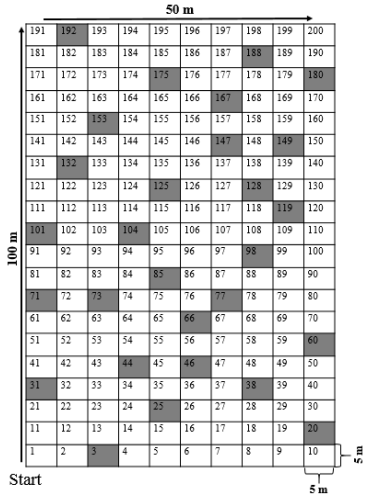
شکل ۲. شماتیک روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی (۵ متر × ۵ متر)

: Represent the sampling points.●

در این مطالعه از تکنیک انتخاب تصادفی قطعات شماره‌گذاری‌شده در روش نمونه‌برداری تصادفی و در روش نمونه‌برداری سیستماتیک نیز از تکنیک‌های حرکت زیگزاگ (W) و حرکت قطری (X) در قطعه زمینی (۱۰۰ متر×۵۰ متر) که روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی در آن اجرا شد استفاده گردید.

۲-۱. روش نمونه‌برداری تصادفی (Random sampling method)

در این روش، همان‌طور که از نامش پیداست، به‌منظور نمونه‌برداری از علف‌های هرز کوآدرات‌ها به‌صورت تصادفی در بخش‌های مختلف مکان نمونه‌برداری قرار گرفته و صفات مد نظر ثبت می‌شود. روش نمونه‌برداری تصادفی دارای انواع مختلفی است. در این مطالعه به منظور جلوگیری از هر گونه سردرگمی در زمان اجرای نمونه‌برداری از تکنیک انتخاب تصادفی قطعات شماره‌گذاری‌شده استفاده شد (Nkoa *et al*., 2015). بدین‌ترتیب که ابتدا مزرعه بر اساس روش شبکه‌بندی (۵×۵ متر) به قطعات یکسان ۲۵ متر مربعی تقسیم شده و پس از شماره‌گذاری، قطعات مورد نمونه‌برداری به قید قرعه و به‌طور تصادفی انتخاب شدند (شکل ۳).



شکل ۳. شماتیک روش نمونه‌برداری تصادفی.

*. Dark colored cells indicate sampling locations.

به‌منظور اجرای سریع و جلوگیری از وقوع هر گونه اشتباهی در نمونه‌برداری از جمعیت علف‌های هرز مزراع، محل قرارگیری کوآدرات به روش تصادفی در ۲۸ قطعه انتخاب شده (مساحت هر قطعه ۲۵ متر مربع) با استفاده از میخ‌های چوبی و پرچم‌های زرد رنگ مشخص شد و با استفاده از دو کوآدرات مربع (۱۰۰ × ۱۰۰ سانتی‌متر و ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر) و دو کوآدرات مستطیل (۱۲۵ × ۸۰ سانتی‌متر و ۱۰۰ × ۲۵ سانتی‌متر) به‌صورت عمود بر خطوط کاشت در هر نقطه، در مزارع مورد مطالعه اجرا و غنای گونه‌ای و تراکم علف‌های هرز به تفکیک گونه ثبت شد.

۲-۲. روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک (Systematic sampling methods)

در روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک، آرایش نمونه‌ها در مکان‌های مورد مطالعه به‌صورت منظم می‌باشد. روش‌های نمونه‌برداری منظم عمدتاً به دو شکل حرکت به‌صورت قطری (X) و زیگزاگ (W) انجام می‌شوند.

۲-۲-۱. روش نمونه‌برداری قطری یا اریب (Diagonal sampling method)

در این روش به منظور نمونه‌برداری از علف‌های هرز ابتدا زمین بسته به تعداد نقاط نمونه‌برداری به قسمت‌های مساوی تقسیم و پیمایش به صورت حرکت اریب (X) در دو قطر زمین انجام شد (شکل ۴). اولین نقطه نمونه‌برداری ($x_1;y_1$) در هر قطر به‌صورت تصادفی و از بخش حاشیه‌ای زمین انتخاب و سایر نقاط نمونه‌برداری با فواصل معین در هر قطر تعیین شد. فواصل بین نقاط نمونه‌برداری در هر قطر به سطوح نمونه‌برداری بستگی داشته و بسته به تعداد نقاط نمونه‌برداری در هر قطر متغیر است. پیمایش از یک نقطه به نقطه بعدی نمونه‌برداری به صورت حرکت در عرض (عرض زمین تقسیم بر تعداد نقاط نمونه‌برداری در هر قطر) و طول (طول زمین تقسیم بر تعداد نقاط نمونه‌برداری در هر قطر) قطعه زمین مورد مطالعه انجام شد. تعداد نمونه و نحوه تعیین نقاط نمونه‌برداری در هر قطر با استفاده از روابط زیر انجام گرفت.(Colbach *et al*., 2000)

$N=2n$ رابطه (۱)

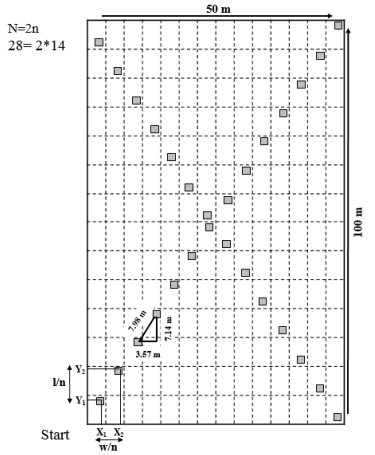
$\text{Number of rectangles in field} = n^2$ رابطه (۲)

$\text{Size of rectangles } (m^2) = l/n \times w/n$ رابطه (۳)

$\text{First diagonal: } (x_i; y_i) = [x_1 + (i-1) \times w/n; y_1 + (i-1) \times l/n]$ رابطه (۴)

$\text{Second diagonal: } (x_i; y_i) = [x_1 + (i-1) \times w/n; l-y_1-(i-1) \times l/n]$ رابطه (۵)

در روابط بالا N: تعداد کل نمونه، n: تعداد نمونه در هر قطر، l: طول زمین مورد مطالعه، w: عرض زمین مورد مطالعه، x_1: فاصله عرضی اولین نقطه نمونه‌برداری و y_1: فاصله طولی اولین نقطه نمونه‌برداری می‌باشد.



شکل ٤. شماتیک روش نمونه‌برداری سیستماتیک قطری.
*. Dark colored squares indicate sampling locations.

در این مطالعه، نمونه‌برداری به روش سیستماتیک و پیمایش به صورت حرکت اریب در عرض زمین با ۲۸ نقطه نمونه‌برداری و با استفاده از دو کوآدرات مربع (۱۰۰ × ۱۰۰ سانتی‌متر (یک متر مربع) و ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر (۰/۲۵ متر مربع)) و دو کوآدرات مستطیل (۱۲۵ × ۸۰ سانتی‌متر (یک متر مربع) و ۱۰۰ × ۲۵ سانتی‌متر (۰/۲۵ متر مربع)) به صورت عمود بر خطوط کاشت، در مزارع مورد مطالعه اجرا و تنوع و تراکم علف‌های هرز به تفکیک گونه ثبت شد. برای سهولت در اجرا، ابتدا نقاط نمونه‌برداری با استفاده از میخ‌های چوبی و پرچم‌های زرد رنگ مشخص شدند.

۲-۲-۲. روش نمونه‌برداری زیگزاگ (Zig-zag sampling method)

در این روش به منظور نمونه‌برداری از علف‌های هرز ابتدا زمین بسته به تعداد نقاط نمونه‌برداری به قسمت‌های مساوی تقسیم و پیمایش به صورت حرکت زیگزاگ در عرض زمین انجام شد (شکل ۵). اولین نقطه نمونه‌برداری ($x_1;y_1$) به‌صورت تصادفی و از بخش حاشیه‌ای زمین انتخاب و سایر نقاط نمونه‌برداری با فواصل معین انتخاب شد. فواصل بین نقاط نمونه‌برداری به سطوح نمونه‌برداری بستگی داشته و بسته به تعداد نقاط نمونه‌برداری در خطوط متغیر است. پیمایش از یک نقطه به نقطه بعدی نمونه‌برداری به صورت حرکت در عرض (عرض زمین تقسیم بر تعداد نقاط نمونه‌برداری در هر قطر) و طول (طول زمین تقسیم بر تعداد کل نقاط نمونه‌برداری) قطعه زمین مورد مطالعه انجام شد. تعداد نمونه و نحوه تعیین نقاط نمونه‌برداری در روش مذکور با استفاده از روابط زیر انجام گرفت (Colbach *et al*., 2000).

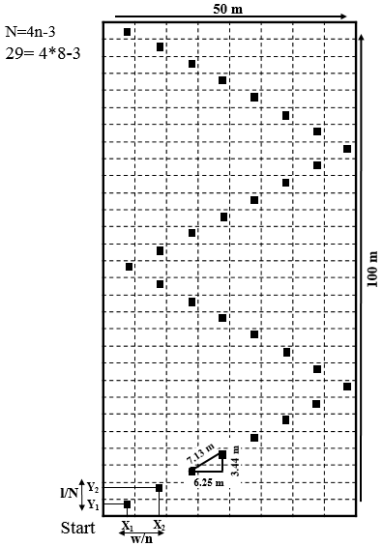
رابطه (۶): $N=4n - 3$

رابطه (۷): $\text{Number of rectangles in field} = n \times N$

رابطه (۸): $\text{Size of rectangles } (m^2) = l/N \times w/n$

در روابط بالا N: تعداد کل نمونه، n: تعداد نمونه در هر قطر، l: طول زمین مورد مطالعه و w: عرض زمین مورد مطالعه است.

در این مطالعه، نمونه‌برداری به روش سیستماتیک و پیمایش به‌صورت حرکت زیگزاگ (W) در عرض زمین با ۲۹ نقطه نمونه‌برداری و با استفاده از دو کوآدرات مربع (۱۰۰ × ۱۰۰ سانتی‌متر و ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر) و دو کوآدرات مستطیل (۱۲۵ × ۸۰ سانتی‌متر و ۱۰۰ × ۲۵ سانتی‌متر) به صورت عمود بر خطوط کاشت، در مزارع مورد مطالعه اجرا و تنوع و تراکم علف‌های هرز به تفکیک گونه ثبت شد. برای سهولت در اجرا، ابتدا نقاط نمونه‌برداری با استفاده از میخ‌های چوبی و پرچم‌های زرد رنگ مشخص شدند.



شکل ۵. شماتیک روش نمونه‌برداری سیستماتیک زیگزاگ (W).

*. Dark colored squares indicate sampling locations.

روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی مربعی با ابعاد ۵ متر × ۵ متر (۱۷۱ نقطه) با استفاده از کوآدرات مربع (۱۰۰×۱۰۰ سانتی‌متر) به‌عنوان روش معیار هر مزرعه در نظر گرفته شد (Clay & Johnson, 2000; Booth *et al*., 2010). دقت سایر روش‌ها در برآورد میانگین تراکم و تنوع گونه‌ای علف‌های هرز هر مزرعه نسبت به روش معیار با استفاده از روابط ۹ و ۱۰ محاسبه و مورد سنجش قرار گرفت. هر چه مقادیر برآوردشده به سمت صفر میل نماید، نشان‌دهنده دقت بالاتری می‌باشد. مقادیر بالاتر (مثبت) و کمتر (منفی) از صفر به‌ترتیب نشان‌دهنده برآورد کمتر و بیشتر از مقدار واقعی می‌باشد.

رابطه (۹):
$$Accuracy = (1 - \left(\frac{\bar{y}_e}{\bar{y}}\right))$$

رابطه (۱۰):
$$Accuracy = (1 - \left(\frac{\bar{y}_e}{y}\right))$$

در روابط بالا، Accuracy: دقت آزمایش، $\bar{y}_e$: میانگین تراکم علف‌های هرز به‌دست‌آمده از روش‌های مختلف نمونه‌برداری و $\bar{y}$: میانگین واقعی تراکم علف‌های هرز به‌دست‌آمده از روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی معیار، y_e: تنوع گونه‌ای به‌دست‌آمده از روش‌های مختلف نمونه‌برداری 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 نمونه‌برداری با استفاده از روش آنالیز مدل مخلوط (Mixed Model Analysis) مورد بررسی قرار گرفت. در این روش متغیر مزارع به‌عنوان اثر تصادفی (Random effect) و سایر منابع تغییر شامل سیستم‌های آبیاری (Irr type)، نوع کوآدرات (Q type)، سایز کوآدرات (Q size) و نوع روش‌های نمونه‌برداری (SM type) و اثرات متقابل آن‌ها به‌عنوان اثرات ثابت (Fixed effects) در نظر گرفته شد.

۳. نتایج پژوهش و بحث

روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی، ترکیب علف‌های هرز موجود در مزارع ذرت مورد مطالعه را شامل ۲۸ گونه برآورد کرد. 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*، *Amaranthus retroflexus*، *Chenopodium album*، *Setaria verticillata*، *Convolvulus arvensis*، *Salsola kali*، *Malva neglecta* و *Portulaca oleracea* در هر سه سیستم آبیاری مشاهده شدند (جدول ۲).

جدول ۲. تنوع گونه‌ای علف‌های هرز در مزارع ذرت مورد مطالعه.

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.

از بین هشت گونه مشاهده‌شده در هر سه سیستم آبیاری، چهار گونه یکساله *Amaranthus blitoides*، *Amaranthus retroflexus*، *Chenopodium album* و *Setaria verticillata* و گونه چندساله *Convolvulus arvensis*، گونه‌های رایج در مزارع ذرت مورد مطالعه بودند و به‌ترتیب ۸۶، ۹۹، ۶۳، ۳۶، ۹۰ و ۷۲ درصد از میانگین کل تراکم جمعیت علف‌های هرز را در مزارع ۶-۱ به خود اختصاص دادند. مقادیر برآوردشده توسط روش شبکه‌بندی معیار (روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی مربعی با ابعاد ۵ × ۵ متر مربع (۱۷۱ نقطه) با استفاده از کوآدرات مربع ۱۰۰ × ۱۰۰ سانتی‌متر) برای تراکم پنج گونه مذکور، تراکم کل علف‌های هرز و تنوع گونه‌ای در جدول ۳ ارائه شده است. در بین گونه‌های علف‌هرز مورد مطالعه، گونه *A. blitoides* در غالب مزارع، بیشترین تراکم بوته در جمعیت علف‌های هرز را دارا بود. بیشترین تراکم بوته گونه باریک‌برگ *S. verticillata* در مزارع دارای سیستم آبیاری بارانی مشاهده شد. گونه چندساله *C. arvensis* در مزارع دارای سیستم آبیاری نشتی، کمترین تراکم را دارا بود (جدول ۳).

جدول ۳. مقادیر برآوردشده از جمعیت علف‌های هرز مزارع مورد مطالعه با استفاده از روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی معیار.

Field No.	Type of irrigation system*	Species No.	Mean plant density/ m^2					
			Total plants density	*A. blitoieds*	*A. retroflexus*	*C. album*	*S. verticillata*	*C. arvensis*
1	Dri	12	23.84	11.88	0.72	4.3	0.64	3.16
2	Dri	13	51.33	29.46	19.14	1.00	0.11	1.27
3	Fur	15	19.56	11.38	0.51	0.11	0.05	0.36
4	Fur	16	10.07	3.10	0.35	0.01	0.04	0.00
5	Spr	17	192.77	110.87	49.22	5.23	6.77	0.81
6	Spr	17	13.47	0.13	0.69	0.11	4.87	3.99

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

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، اثر اندازه کوآدرات در دقت برآورد غنای گونه‌ای جمعیت علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد؛ درحالی‌که سایر اثرات غیر معنی‌دار بود. اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × شکل کوآدرات × سایز کوآدرات و اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × نوع روش نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. دقت برآورد تراکم گونه *A. belitoieds* تحت تاثیر اثرات متقابل نوع سیستم آبیاری × شکل کوآدرات، نوع سیستم آبیاری × اندازه کوآدرات و نوع سیستم آبیاری × نوع روش نمونه‌برداری قرار گرفت و به‌ترتیب در سطح احتمال یک، یک و پنج درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل سه‌گانه نوع سیستم آبیاری × شکل کوآدرات × سایز کوآدرات بر دقت برآورد تراکم گونه *A. retroflexus* در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اثر هیچ‌یک از منابع تغییر بر دقت برآورد تراکم گونه *C. album* معنی‌دار نبود. دقت برآورد تراکم گونه *S. verticillata* تحت تاثیر اثرات متقابل نوع سیستم آبیاری × نوع روش نمونه‌برداری قرار گرفت و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. اثر اصلی نوع روش نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم گونه چندساله *C. arvensis* در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

جدول ٤. تجزیه واریانس کارایی روش‌های نمونه‌برداری، شکل و ابعاد کوآدرات بر دقت برآورد غنای گونه‌ای و تراکم جمعیت علف‌های هرز.

Source of variance*	Degrees of freedom	Probability level						
		No. species	Total plants density	*A. blitoieds*	*A. retroflexus*	*C. album*	*S. verticillata*	*C. arvensis*
Irr type	2	0.4283	0.0181	0.1778	0.2114	0.6999	0.6694	0.3551
Q type	1	0.9003	<.0001	0.1607	0.0035	0.3335	0.3420	0.5419
Irr type×Q type	2	0.3614	<.0001	0.0217	0.0002	0.7006	0.7545	0.8924
Q size	1	<.0001	<.0001	<.0001	0.0013	0.2512	0.7713	0.3195
Irr type×Q size	2	0.1013	<.0001	0.0085	0.0002	0.3826	0.9878	0.7503
Q type×Q size	1	0.9690	0.0081	0.4557	0.0800	0.1923	0.8012	0.4188
Irr type×Q type×Q size	2	0.6426	0.0013	0.1349	0.0079	0.5291	0.9518	0.8674
SM type	2	0.7032	0.0736	0.3301	0.6597	0.1071	0.0845	0.0008
Irr type×SM type	4	0.2751	<.0001	0.0501	0.2389	0.7130	0.0176	0.1501
Q type×SM type	2	0.4996	0.6422	0.8583	0.9960	0.3770	0.9133	0.9912
Irr type×Q type×SM type	4	0.9352	0.8732	0.9110	0.9955	0.4990	0.9355	0.9774
Q size×SM type	2	0.8842	0.1428	0.6490	0.5703	0.2617	0.6015	0.5216
Irr type×Q size×SM type	4	0.6612	0.9035	0.9789	0.8368	0.8201	0.3629	0.9285
Q type×Q size ×SM type	2	0.6140	0.8916	0.9612	0.9360	0.6220	0.9772	0.9445
Irr type×Q type×Q size×SM type	4	0.8790	0.9133	0.9504	0.9328	0.7955	0.9503	0.9911

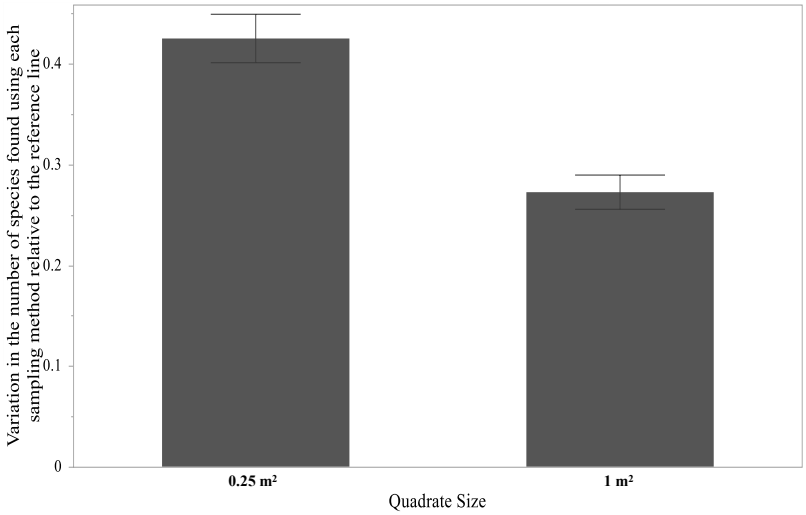
$p \leq 0.01$: significant at 0.01 probability level, $p \leq 0.05$: significant at 0.05 probability level and $p > 0.05$: no significant.

*. Irr: Irrigation, Q: Quadrate, SM: Sampling methods.

۳-۱. برآورد غنای گونه‌ای علف‌های هرز

اندازه کوآدرات بر دقت برآورد غنای گونه‌ای جمعیت علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴)؛ به‌طوری‌که صرف نظر از نوع سیستم آبیاری و شکل کوآدرات (مربع یا مستطیل)، کوادرات یک متر مربعی در برآورد غنای گونه‌ای علف‌های

هرز خطای کمتری در مقایسه با کوآدرات ۰/۲۵ متر مربعی نشان داد. لازم به ذکر است که هر دو اندازه کوآدرات، برآورد غنای گونه‌ای علف‌های هرز را کمتر از تعداد واقعی انجام دادند (شکل ۶).



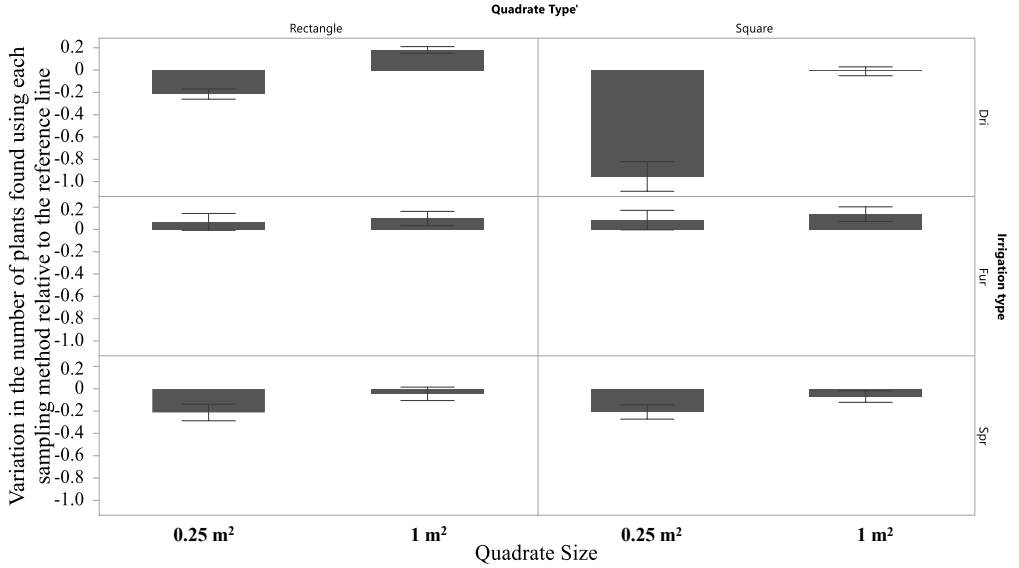
شکل ٦. مقایسه میانگین اثر اندازه کوآدرات نمونه‌برداری بر دقت برآورد غنای گونه‌ای جمعیت علف‌های‌هرز.
Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively.

محققان گزارش کردند که اگر تعداد بوته در واحد نمونه‌برداری مد نظر باشد، اندازه کوآدرات بسیار مهم است. هنگامی‌که تراکم بوته مدنظر است، کوآدرات بایستی به اندازه کافی بزرگ باشد تا بتواند تراکم معنی‌داری از گونه‌های منحصربه‌فرد (تعداد گونه) را در جمعیت علف‌های هرز در برگیرد (Cox, 1990).

۳-۲. برآورد تراکم گونه‌های علف‌هرز

دقت برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × شکل کوآدرات × سایز کوآدرات قرار گرفت (جدول ۴). صرف نظر از شکل کوآدرات نمونه‌برداری،کوادرات‌های ۰/۲۵ متر مربعی در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی برآورد بیشتر از تراکم واقعی جمعیت علف‌های هرز داشتند؛ درحالی‌که کوآدرات‌های یک متر مربعی علی‌رغم خطای کمتر در دقت برآورد تراکم علف‌های هرز، تراکم جمعیت علف‌های هرز را کمتر از تراکم واقعی (روش نمونه‌برداری معیار) نشان دادند. شکل و اندازه مختلف کوآدرت‌های نمونه‌برداری در سیستم آبیاری نشتی، اختلاف معنی‌داری را در دقت برآورد جمعیت علف‌های هرز با یکدیگر نشان ندادند (شکل ۷). مقایسه کوآدرات‌های ۰/۲۵ متر مربعی در سیستم آبیاری قطره‌ای نشان داد که کوآدرات مستطیل شکل خطای کمتری در دقت برآورد تراکم علف‌های هرز نسبت به کوآدرات مربع شکل دارد؛ درحالی‌که در کوآدرات‌های یک متر مربعی، کوآدرات مربع شکل نسبت به کوآدرات مستطیل شکل خطای کمتری را در دقت برآورد تراکم علف‌های هرز نشان داد. در این سیستم آبیاری، الگوی خیس‌شدن خاک به صورت نوارهای باریک و درطول مزرعه می‌باشد؛ این امر سبب شده است که کوآدرات مربع شکل ۰/۲۵ متر مربعی نسبت به کوآدرات مستطیل شکل ۰/۲۵ متر مربعی و کوآدرات مستطیل شکل یک متر مربعی نسبت به کوآدرات مربع شکل یک متر مربعی، ظهور لکه‌های علف‌های هرز را به‌خوبی پوشش نداده و خطای بیشتری را در دقت برآورد تراکم علف‌های هرز داشتند. در سیستم آبیاری بارانی که الگوی خیس‌شدن خاک به‌صورت یکپارچه در سطح مزرعه است، بین کوآدرات‌های مربع و مستطیل شکل ۰/۲۵ متر مربعی و کوآدرات‌های مربع و مستطیل شکل یک متر مربعی از لحاظ دقت برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۷). الگوی خیس‌شدن متفاوت خاک در سیستم‌های آبیاری مختلف، اثرگذاری آن بر چگونگی ظهور لکه‌های علف‌های هرز و دامنه پراکنش گونه‌های مختلف علف‌هرز سبب شده است که شکل و ابعاد مختلف کوآدرات‌ها نتایج متفاوتی را در دقت برآورد تراکم علف‌های هرز داشته باشند. به‌طور کلی، می‌توان گفت هنگامی‌که دقت بالای نمونه‌برداری از تراکم جمعیت علف‌های هرز مد نظر باشد؛ استفاده از کوآدرات مربع شکل یک متر مربعی و زمانی که

سهولت در انجام نمونه‌برداری از تراکم علف‌های هرز مدنظر باشد؛ استفاده از کوآدرات مستطیل شکل ۰/۲۵ متر مربعی می‌تواند برآورد قابل اعتمادی را در هر سه سیستم آبیاری داشته باشند.

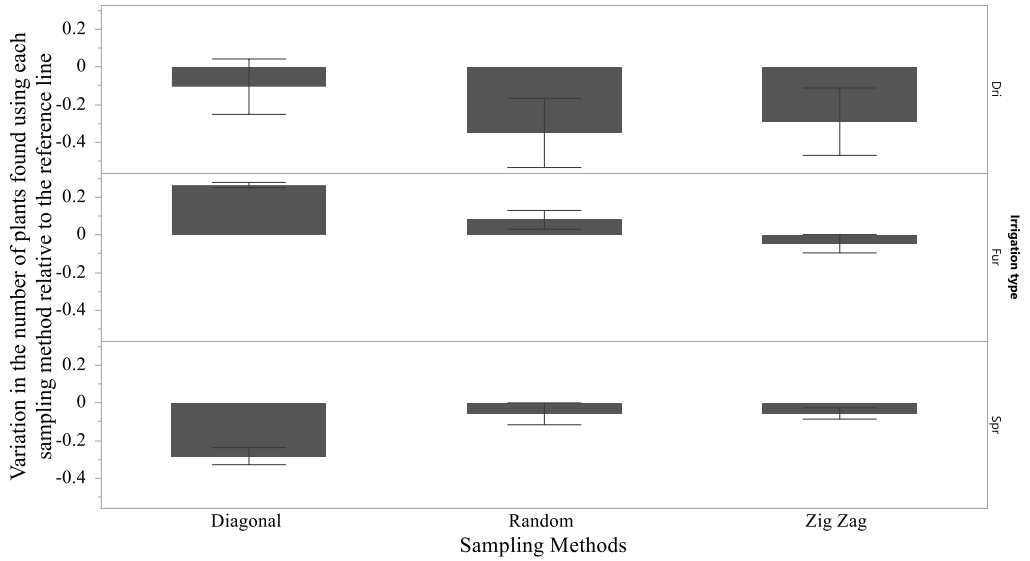


شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × شکل کوآدرات × سایز کوآدرات بر دقت برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز.
Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively.

در مطالعه‌ای سه سایز کوآدرات به ابعاد ۰/۲۵، ۱ و ۲/۲۵ متر مربع به منظور بررسی فراوانی، تراکم و درصد پوشش علف‌های‌هرز مورد مقایسه قرار گرفت. به منظور بررسی فراوانی، بزرگ‌ترین سایز کوآدرات (۲/۲۵ متر مربع) برآورد مناسب‌تری را از فراوانی علف‌هرز در قطعه مورد بررسی نشان داد؛ اما در صفات تراکم و درصد پوشش زمین، کوآدرات یک متر مربعی برآوردی معادل مقدار واقعی تراکم و درصد پوشش نشان داد (Booth *et al*., 2010). اندازه واحدهای نمونه‌برداری به جمعیت‌های علف‌های هرز در ناحیه مورد مطالعه نیز بستگی دارد. اگر بخواهیم یک نمونه‌برداری سریع و آسان داشته باشیم، کوآدرات‌های کوچک (۰/۱ تا ۰/۲۵ متر مربع) به منظور ثبت تراکم علف‌های هرز استفاده می‌شود (Ghafari, 2020). محققان در مطالعه‌ای به منظور نمونه‌برداری از گیاهچه‌های علف‌های هرز در کشت چغندر قند از دو نوع کوآدرات مربع (۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر) و مستطیل (۲۵ × ۱۰۰ سانتی‌متر) استفاده کردند. آنها اظهار داشتند، همبستگی بین بانک بذر و گیاهچه‌های سبزشده علف‌های هرز در نمونه‌برداری با کوآدرات مستطیل بالاتر بود که به احتمال زیاد دلیل این موضوع کشت ردیفی چغندر قند است (Roham *et al*., 2012).

اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × نوع روش نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج نشان داد که در سیستم آبیاری قطره‌ای که الگوی خیس‌شدن خاک به صورت نوارهای باریک در طول زمین بوده و قاعدتا ظهور لکه‌های علف‌های هرز نیز تحت تاثیر آن قرار می‌گیرد، هر سه روش نمونه‌برداری برآورد بیش از تراکم واقعی جمعیت علف‌های هرز را داشتند؛ از این بین، روش نمونه‌برداری قطری (شکل ۴) که نحوه پیمایش در آن به‌صورت اریب در طول زمین (هم‌جهت با الگوی خیس‌شدن خاک) بود، پوشش بهتر لکه‌های علف‌های هرز را داشته و کمترین خطا را در دقت برآورد تراکم جمعیت‌های علف‌های هرز نشان داد. این در حالی است که روش نمونه‌برداری قطری (با ۲۸ واحد نمونه‌برداری) در دو سیستم آبیاری بارانی و نشتی که سطح خیس‌شدن خاک افزایش می‌یابد، خطایی بیشتری را در مقایسه با دو روش نمونه‌برداری تصادفی (با ۲۸ واحد نمونه‌برداری) و زیگزاگ (با ۲۹ واحد نمونه‌برداری)، در دقت برآورد تراکم علف‌های هرز مزاع ذرت داشت (شکل ۸). دقت بالاتر روش‌های نمونه‌برداری تصادفی و زیگزاگ در دو سیستم آبیاری بارانی و نشتی احتمالا به دلیل پراکنش مطلوب واحدهای نمونه‌برداری در سطح مزرعه در روش تصادفی (شکل ۳) و پوشش بهتر لکه‌های علف‌های هرز به دلیل نحوه پیمایش در روش نمونه‌برداری زیگزاگ (شکل ۵) باشد. روش سیستماتیک با الگوی نمونه‌برداری W که در واقع نوعی زیگزاگ

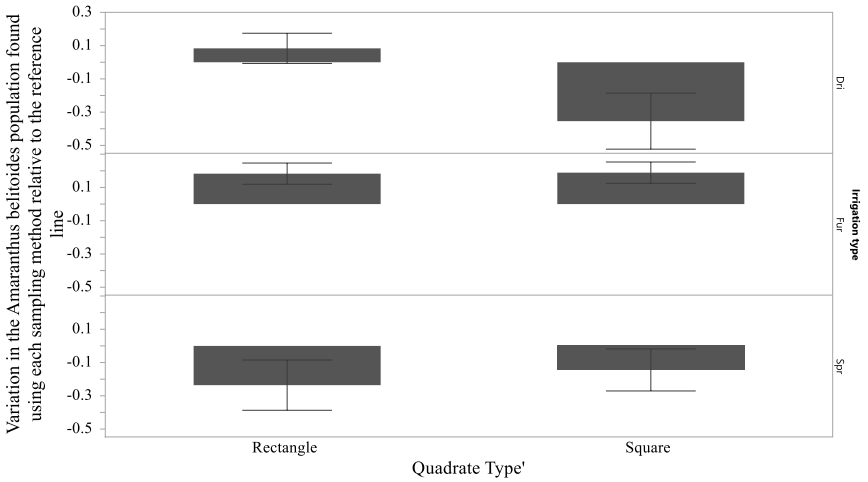
می‌باشد، جهت تعیین تراکم علف‌های هرز در مطالعات متعددی استفاده شده است (Bukun, 2005؛ Thomas, 1991). در برخی از مطالعات، این الگو در مزارع یک تا پنج هکتاری با استفاده از پنج کادر نمونه‌گیری به فاصله ۲۰ قدم توصیه شده است (Minbashi Moeini *et al*. 2008). اما طبق نظر Colbach *et al*. (2000) در روش‌های سیستماتیک تعداد نمونه کم باعث خطای بالا در برآورد تراکم علف‌هرز می‌شود. ازطرفی افزایش تعداد نمونه، علاوه بر ارزیابی صحیح تراکم یک علف‌هرز خاص، غنای گونه‌ای را نیز افزایش می‌دهد و می‌تواند با بالا بردن تعداد نمونه به وجود علف‌های هرز مهاجم که در ابتدای تهاجم با تراکم پایین ظاهر می‌شوند، پی برد.



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × نوع روش نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز.
Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively.

۳-۳. برآورد تراکم گونه *Amaranthus blitoides*

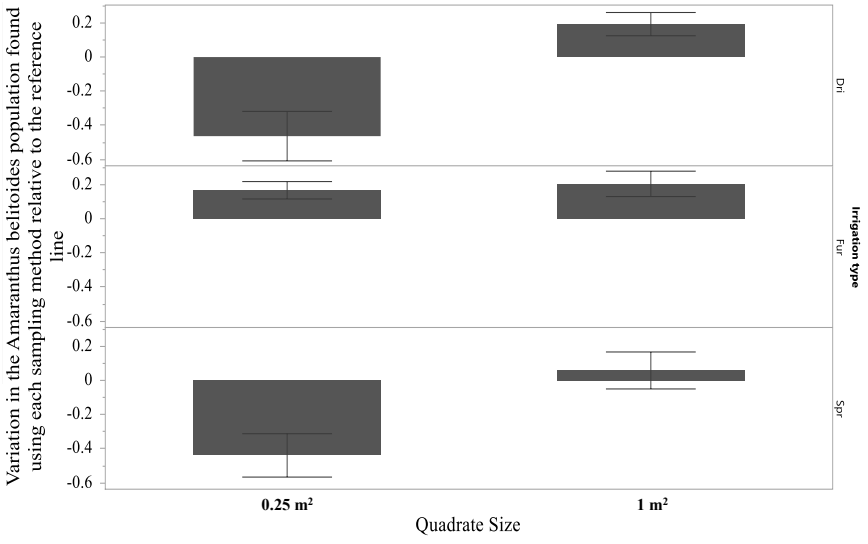
اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × نوع کوآدرات بر دقت برآورد تراکم گونه *A. blitoides* در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). صرف نظر از اندازه کوآدرات نمونه‌برداری، در سیستم آبیاری قطره‌ای کوآدرات مستطیل با خطای کمتری تراکم گونه *A. blitoides* را در مقایسه با کوآدرات مربع برآورد نمود؛ درحالی‌که در سیستم آبیاری بارانی، کوآدرات مربع شکل، خطای کمتری را در دقت برآورد تراکم گونه *A. beiltoides* نشان داد. در سیستم آبیاری نشتی، استفاده از کوآدرات مربع و مستطیل با یک میزان خطا تراکم گونه *A. blitoides* را برآورد نمود و بین اشکال مختلف کوآدرات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. الگوی خیس‌شدن متفاوت خاک، چگونگی ظهور لکه‌ها و دامنه پراکنش گونه علف هرز بر دقت برآورد تراکم *A. blitoides* در سیستم‌های آبیاری مختلف مؤثر بوده است؛ به‌طوری‌که در سیستم آبیاری قطره‌ای، کوآدرات مستطیل‌شکل پوشش مطلوبی از لکه‌های بزرگ گونه *A. blitoides* داشته و با خطای کمتری تراکم این گونه را برآورد کرده است. درحالی‌که در سیستم آبیاری بارانی، ظهور علف‌های هرز به‌واسطه خیس‌شدن کل سطح خاک، وسیع‌تر بوده و کوآدرات مربع شکل لکه‌های گونه *A. blitoides* را که دامنه پراکنش گسترده‌ای دارد، بهتر پوشش داده و تراکم این گونه را با خطای کمتری برآورد نموده است (شکل ۹). محققان گزارش کردند که گونه *A. blitoides* به‌واسطه تیپ رشدی خوابیده، از گستره پراکنش بیشتری برخوردار بوده و به‌صورت لکه‌های بزرگ در مزرعه ظهور می‌یابد (Mahmoudi *et al*., 2013).



شکل ۹. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × نوع کوآدرات بر دقت برآورد تراکم گونه *A. blitoides*

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

اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × اندازه کوآدرات بر دقت برآورد تراکم گونه *A. blitoides* در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). کوآدرات‌های ۰/۲۵ متر مربعی در دو سیستم آبیاری قطره‌ای و بارانی ضمن برآورد بیش از اندازه تراکم گونه *A. blitoides*، خطای بالایی در دقت برآورد تراکم این گونه نشان دادند. در سیستم آبیاری نشتی، ابعاد کوآدرات نمونه‌برداری تاثیری بر دقت برآورد تراکم گونه *A. blitoides* نداشت و کوآدرات‌های ۰/۲۵ و یک متر مربعی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (شکل ۱۰). محققان گزارش کردند که استفاده از کوآدرات با ابعاد یک متر مربع به‌طور کلی می‌تواند نتایج قابل اعتمادی را در بررسی تراکم بوته علف‌های هرز داشته باشد (Booth *et al*., 2010). صرف نظر از شکل کوآدرات، کوآدرات یک متر مربعی در هر سه سیستم آبیاری می‌تواند به عنوان واحد نمونه‌برداری مناسب برای برآورد تراکم گیاهچه‌های *A. blitoides* در نظر گرفته شود.

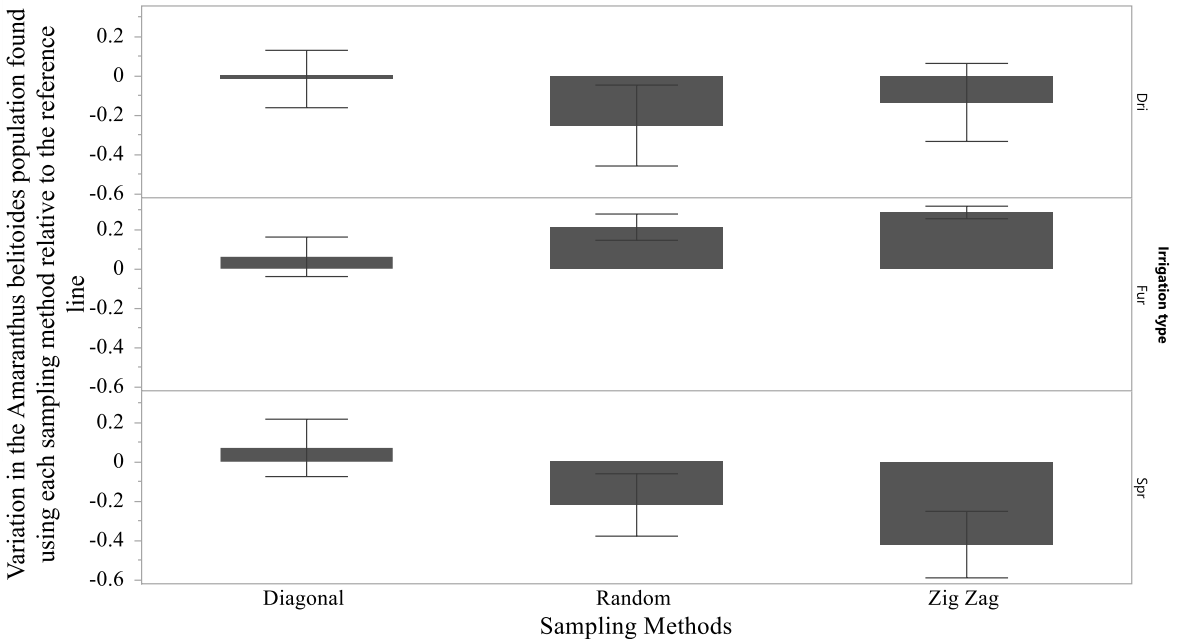


شکل ۱۰. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × اندازه کوآدرات بر دقت برآورد تراکم گونه *A. blitoides*

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

اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × نوع روش نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم گونه *A. blitoides* در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج نشان داد که روش نمونه‌برداری قطری علی‌رغم اینکه در برآورد تراکم جمعیت کل علف‌های هرز در مقایسه با دو روش نمونه‌برداری تصادفی و زیگزاگ در سیستم‌های آبیاری نشتی و بارانی از دقت کمتری برخوردار بود (شکل ۸)، اما در دقت برآورد تراکم گونه *A. blitoides* در هر سه سیستم آبیاری کارآمدتر بوده و کمترین خطا را در مقایسه با روش نمونه‌برداری

شبکه‌بندی معیار نشان داد (شکل ۱۱). نظر به اینکه عملیات خاکورزی و کشت در طول زمین انجام می‌شود، این امر احتمالا سبب جابه‌جایی بذر علف‌های هرزی همچون *A. blitoides* که بذور ریز با تعداد زیاد تولید کرده و به واسطه تیپ رشدی خوابیده دارای دامنه پراکنش گسترده‌تری هستند، در طول مزرعه شده است. از این‌رو، اجرای روش نمونه‌برداری قطری که به‌صورت اریب در طول مزرعه صورت گرفت، سبب پوشش بهتر لکه‌های ظهور یافته در سطح مزرعه شد و کمترین میزان خطا را در دقت برآورد تراکم گونه *A. blitoides* نشان داد. روش نمونه‌برداری تصادفی به دلیل پراکنش مطلوب واحدهای نمونه‌برداری در سطح مزرعه، خطای یکسانی را در برآورد تراکم گونه *A. blitoides* در هر سه سیستم آبیاری داشت. بیشترین خطا در دقت برآورد تراکم این گونه علف هرز، در روش نمونه‌برداری زیگزاگ مشاهده شد که احتمالا ناشی از نحوه پیمایش مزرعه در این روش باشد (شکل ۱۱). در مطالعه‌ای فلور علف‌های هرز (گراس‌ها، تاج‌خروس و خرفه) در مزرعه ذرت با استفاده از سه روش نمونه‌برداری سیستماتیک زیگزاگ، سیستماتیک اریب و تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، روش نمونه‌برداری سیستماتیک زیگزاگ بیشترین واریانس خطا برای بررسی فلور علف‌های هرز پهن‌برگ را دارا بود (Gholami Golafshan & Yasari, 2012).

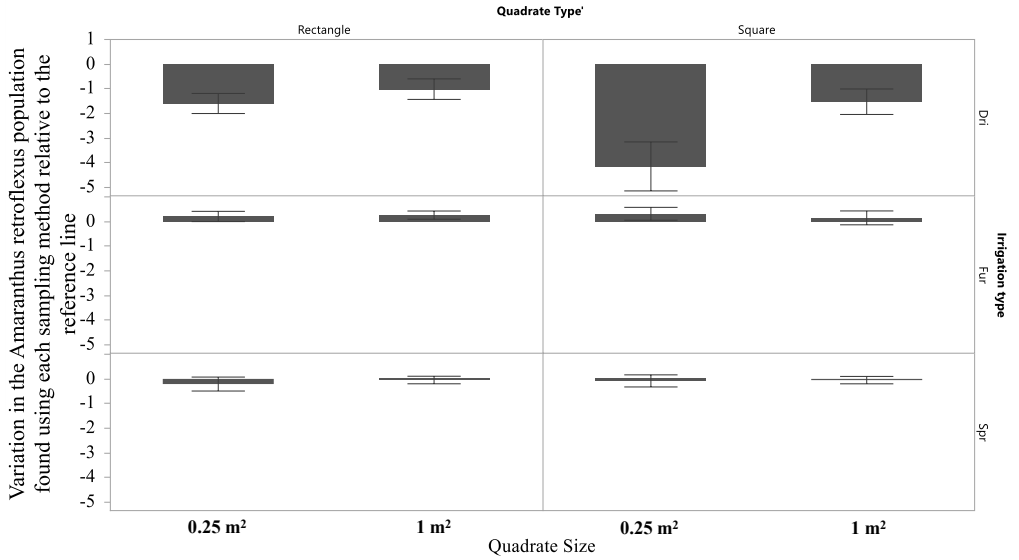


شکل ۱۱. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × نوع روش نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم گونه *A. blitoides*
Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively.

۳-۴. برآورد تراکم گونه *Amaranthus retroflexus*

اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × نوع کوآدرات × اندازه کوآدرات بر دقت برآورد تراکم گونه *A. retroflexus* در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در سیستم آبیاری قطره‌ای، ابعاد و اشکال مختلف کوآدرات در دقت برآورد تراکم گونه *A. retroflexus*، برآورد بیش از تراکم واقعی را داشتند. کوآدرات‌های ۰/۲۵ متر مربعی در مقایسه با کوآدرات‌های یک متر مربعی، در برآورد تراکم این علف‌هرز خطای بیشتری را در مقایسه با روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی معیار نشان دادند. محققین 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). در سیستم آبیاری قطره‌ای، ظهور لکه‌های گونه *A. retroflexus* به‌صورت فشرده روی خطوط کاشت مشاهده شد و این امر سبب برآورد بیش از تراکم واقعی علف‌هرز توسط کوآدرات مربع شکل ۰/۲۵ متر مربعی شد. در سیستم آبیاری قطره‌ای، کوآدرات‌های مستطیل شکل تراکم بوته *A. retroflexus* را با دقت بیشتری برآورد نمودند (شکل ۱۲). این در حالی است که در سیستم‌های آبیاری نشتی و بارانی، ابعاد و اشکال مختلف

کوآدرات در دقت برآورد تراکم گونه *A. retroflexus*، اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان ندادند. از این‌رو، به منظور سهولت در اجرای نمونه‌برداری این گونه علف‌هرز غالب مزارع ذرت، در سیستم‌های آبیاری نشتی و بارانی می‌توان از کوآدرات‌های نیم متر مربعی استفاده کرد.

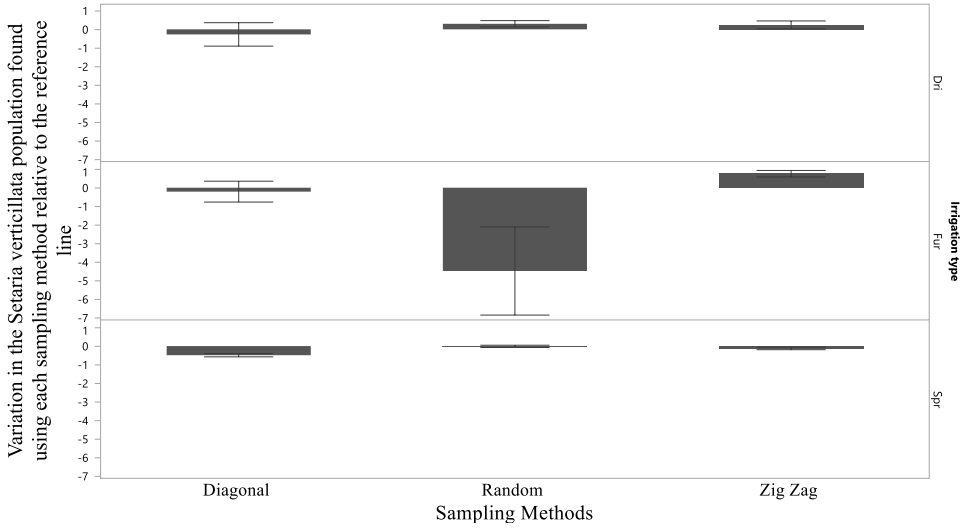


شکل ۱۲. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × نوع کوآدرات × اندازه کوآدرات بر دقت برآورد تراکم گونه *A. retroflexus*

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

۳-۵. برآورد تراکم گونه *Setaria verticillata*

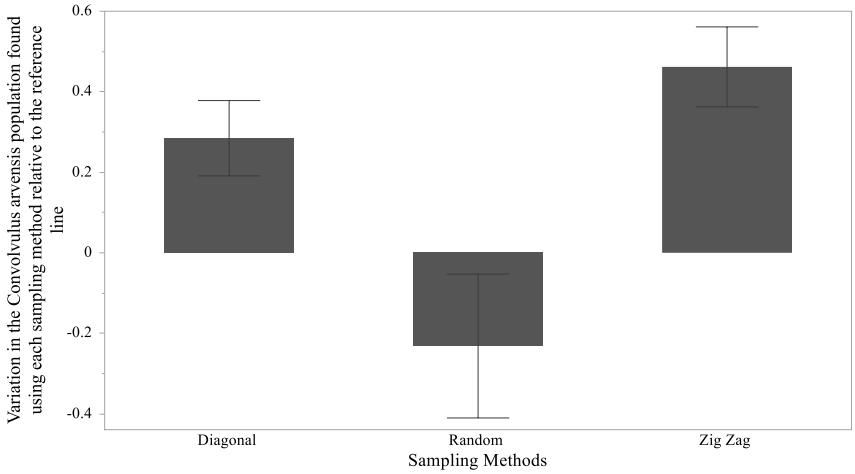
دقت برآورد تراکم گونه *S. verticillata* تحت تاثیر اثرات متقابل نوع سیستم آبیاری × نوع روش نمونه‌برداری قرار گرفت و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد؛ درحالی‌که اثر نوع و ابعاد کوادرات معنی‌دار نبود (جدول ۴). در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی، روش‌های نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری را در دقت برآورد تراکم گونه *S. verticillata* با یکدیگر نشان ندادند و همه روش‌های نمونه‌برداری با خطای کمی تراکم گونه مذکور را در مقایسه با روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی معیار برآورد کردند. در سیستم آبیاری نشتی، روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک قطری (با ۲۸ واحد نمونه‌برداری) و زیگزاگ (با ۲۹ واحد نمونه‌برداری) با خطای کمی تراکم بوته *S. verticillata* را برآورد نمودند؛ درحالی‌که روش نمونه‌برداری تصادفی (با ۲۸ واحد نمونه‌برداری) بیشترین خطا را در برآورد تراکم بوته *S. verticillata* دارا بود (شکل ۱۳). محققین گزارش کردند که درصد جوانه‌زنی در بذور گونه‌های باریک‌برگ موجود در بانک بذر خاک زیاد است و با توجه به دامنه پراکنش این گونه‌ها، ظهور علف‌های هرز باریک‌برگ در مزرعه به صورت لکه‌های بزرگ رخ می‌دهد (Gholami Golafshan *et al*., 2009). احتمالا خطای کمتر روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک در برآورد تراکم بوته *S. verticillata* در سه سیستم آبیاری ناشی از توزیع منظم واحدهای نمونه‌برداری در سطح مزرعه و پوشش بهتر این لکه‌ها باشد. در شرایط مزرعه، نمونه‌برداری تصادفی ممکن است خیلی ساده‌تر از نمونه‌برداری سیستماتیک باشد، اما نمونه‌برداری منظم تغییرات جمعیت را به‌طور کامل‌تری بیان می‌کند. اما در شرایطی که تعداد واحدهای نمونه‌برداری کم باشد، روش نمونه‌برداری تصادفی می‌تواند ارزیابی بهتری از وضعیت علف‌های هرز، در مقایسه با روش‌های سیستماتیک داشته باشد (Eberhardt & Thomas, 1991؛ Colbach *et al*., 2000). در مطالعه‌ای نمونه‌برداری از گیاهچه‌های علف‌های هرز در کشت ذرت تحت سیستم آبیاری نشتی، با استفاده از روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک و تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کمترین واریانس خطا برای بررسی فلور گراس‌ها را روش نمونه‌برداری سیستماتیک دارا بود؛ درحالی‌که روش نمونه‌برداری تصادفی بیشترین واریانس خطا را برای بررسی علف‌های هرز باریک‌برگ نشان داد (Gholami Golafshan & Yasari, 2012). در مطالعه دیگری نیز گزارش شد که روش نمونه‌برداری زیگزاگ در برآورد گونه‌های باریک‌برگ از دقت بالایی برخوردار است (Forcella & Colbach, 1999).



شکل ۱۳. مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × نوع روش نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم گونه *S. verticillata*.
Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively.

۳-۶. برآورد تراکم گونه *Convolvulus arvensis*

اثر روش‌های نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم گونه *C. arvensis* در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد؛ درحالی‌که اثر نوع و ابعاد کوادرات معنی‌دار نبود (جدول ۴). در مورد گونه‌های چندساله‌ای همچون *C. arvensis* که ظهور بوته‌های علف‌هرز در مزرعه هم ناشی از تکثیر جنسی و هم تکثیر غیر جنسی می‌باشد، چگونگی ظهور لکه‌ها در مزرعه در مقایسه با علف‌های هرز یکساله که تنها از طریق تکثیر جنسی ظهور می‌یابند، متفاوت است و این امر می‌تواند دقت روش‌های نمونه‌برداری در برآورد تراکم این گونه‌ها را تحت تاثیر قرار دهد. در مورد گونه‌های چندساله، عملیات مدیریتی همچون خاکورزی، کشت، آبیاری و ... روی چگونگی ظهور بوته‌های تولیدشده از بذر اثرگذاری بیشتری داشته، اما بوته‌های حاصل از تکثیر غیر جنسی را کمتر تحت تاثیر قرار می‌دهد. از این‌رو، روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک که از توزیع واحد نمونه‌برداری منظمی در سطح مزرعه برخوردار هستند، برآورد کمتر از تراکم واقعی و روش نمونه‌برداری تصادفی که توزیع واحدهای نمونه‌برداری مبتنی بر قرعه و انتخاب محقق بوده است، برآورد بیشتر از تراکم واقعی بوته‌های *C. arvensis* را نشان دادند. روش‌های نمونه‌برداری قطری و تصادفی با خطای کمتری تراکم بوته گونه مذکور را در مقایسه با روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی معیار، برآورد نمودند (شکل ۱۴).



شکل ۱۴. مقایسه میانگین اثر نوع روش نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم گونه *C. arvensis*.
Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively.

۴. نتیجه‌گیری

صرف نظر از شکل کوآدرات و روش نمونه‌برداری، کوآدرات‌های یک متر مربعی در مقایسه با ابعاد کوچک‌تر کوآدرات، برآورد بهتری از تنوع گونه‌ای و تراکم علف‌های هرز در مزارع ذرت تحت سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، نشتی و بارانی داشتند. به‌منظور سهولت در نمونه‌برداری از جمعیت علف‌های هرز، استفاده از کوآدرات مستطیل شکل ۰/۲۵ متر مربعی (۱۰۰ × ۲۵ سانتی‌متر) می‌تواند برآورد تراکم علف‌های هرز مزارع ذرت را با دقت قابل قبولی انجام دهد. همچنین در صورت قبول ۰/۱۵ خطای بیشتر نسبت به کوآدرات‌های یک متر مربعی، می‌توان از کوآدرات‌های ۰/۲۵ متر مربعی به منظور برآورد تنوع گونه‌ای جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت استفاده نمود. در برآورد تراکم گونه‌های *A. blitoides* و *A. retroflexus* با توجه به الگوی خیس‌شدن خاک در سیستم‌های آبیاری مختلف، چگونگی ظهور لکه‌های علف‌هرز و دامنه پراکنش هر گونه، صرف نظر از اندازه کوآدرات نمونه‌برداری، در سیستم آبیاری قطره‌ای کوآدرات مستطیل شکل کمترین خطا را در دقت برآورد تراکم این گونه‌ها نشان داد؛ درحالی‌که در سیستم‌های آبیاری بارانی و نشتی، اشکال کوآدرات اختلاف معنی‌داری را در در دقت برآورد تراکم گونه‌های مذکور با یکدیگر نداشتند. این در حالی است که اندازه کوآدرات‌ها در دو گونه *Amaranthus* sp. نتایج متفاوتی را در برآورد تراکم بوته داشتند، در گونه *A. blitoides* با توجه به بزرگ‌بودن لکه‌های ظهور علف‌هرز، کوآدرات یک متر مربعی پوشش بهتری از لکه‌ها داشت و کوآدرات ۰/۲۵ متر مربعی ضمن خطای بالاتر، برآورد بیش از تراکم واقعی گونه مذکور را در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی نشان داد. در گونه *A. retroflexus* در سیستم آبیاری قطره‌ای صرف نظر از شکل کوآدرات نمونه‌برداری، کوآدرات‌های یک متر مربعی که سطح بیشتری از طول خطوط کاشت را پوشش دادند، تراکم گونه مذکور را با خطای کمتری برآورد نمودند؛ درحالی‌که در سیستم‌های آبیاری نشتی و بارانی، با توجه به اینکه سطح بیشتری از مزرعه خیس می‌شود، ابعاد و اشکال مختلف کوآدرات نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری را در دقت برآورد تراکم این گونه با یکدیگر نشان ندادند. از این‌رو، به منظور سهولت در نمونه‌برداری از گونه *A. retroflexus* و برآورد تراکم بوته این گونه، کوآدرات مستطیل شکل ۰/۲۵ متر مربعی برآورد قابل قبولی را در هر سه سیستم آبیاری می‌تواند داشته باشد. با توجه به متفاوت‌بودن الگوی خیس‌شدن خاک در سیستم‌های آبیاری مختلف و به تبع آن ظهور علف‌های هرز، روش‌های نمونه‌برداری برآوردهای متفاوتی از تراکم جمعیت علف‌های هرز نشان دادند؛ به‌طوری‌که روش نمونه‌برداری قطری در سیستم آبیاری قطره‌ای و روش‌های نمونه‌برداری زیگزاگ و تصادفی در سیستم‌های آبیاری بارانی و نشتی، خطای کمتری را در مقایسه با روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی معیار نشان دادند. در برآورد گونه‌ای علف‌های هرز نیز بسته به چگونگی ظهور، دامنه پراکنش علف‌هرز و نحوه پیمایش مزرعه، روش‌های مختلف نمونه‌برداری برآوردهای متفاوتی از گونه‌های مورد مطالعه داشتند. در بررسی گونه‌ای علف هرزی همچون *A. blitoides* که دامنه پراکنش گسترده‌ای دارد، روش نمونه‌برداری سیستماتیک قطری در هر سه سیستم آبیاری خطای کمتری را در دقت برآورد تراکم گونه مذکور نشان داد. با توجه به اینکه گونه‌های باریک‌برگ به‌صورت لکه‌های بزرگ در مزرعه ظهور می‌یابند، روش‌های سیستماتیک قطری و زیگزاگ با توزیع منظم کوآدرات‌های نمونه‌برداری، خطای کمتری را در دقت برآورد تراکم گونه *S. verticillata* در هر سه سیستم آبیاری نشان دادند. گونه پهن‌برگ و چندساله *C. arvensis* به واسطه اینکه لکه‌های ظهور یافته در مزرعه متشکل از بوته‌های حاصل از تکثیر جنسی و غیر جنسی بودند، الگوی پراکنش متفاوتی داشته و روش نمونه‌برداری تصادفی علی‌رغم برآورد بیش از اندازه تراکم گونه مذکور، خطای کمتری را نشان داد. در بین روش‌های سیستماتیک، روش نمونه‌برداری قطری خطای کمتری را در دقت برآورد تراکم این گونه در مقایسه با روش زیگزاگ دارا بود. به‌طور کلی و با توجه به نتایج این مطالعه، روش نمونه‌برداری قطری در سیستم آبیاری قطره‌ای و روش‌های نمونه‌برداری تصادفی و زیگزاگ در سیستم‌های آبیاری بارانی و نشتی به منظور برآورد تراکم گیاهچه‌های جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت با استفاده از کوادرات نمونه‌برداری یک متر مربعی پیشنهاد می‌شود. اما در بررسی گونه‌ای علف‌های هرز رایج مزارع ذرت، روش نمونه‌برداری سیستماتیک قطری بیشترین کارایی را در برآورد تراکم این گونه‌ها نشان داد و کمترین خطا را دارا بود. انتخاب و استفاده از روش نمونه‌برداری مناسب برای بررسی جمعیت و یا هر گونه علف‌هرز، می‌تواند ضمن برآورد دقیق وضعیت علف‌هرز مزرعه، شرایط را برای تصمیم‌گیری مناسب و مدیریت کارآمد علف‌های هرز ذرت مهیا نماید.

۵. منابع

Ashrafi, A., Bannayan Aval, M., & Rashed Mohasel, 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).

Booth, B.D., Murphy, S.D., & Swanton, C.J. (2010). *Invasive Plant Ecology in Natural and Agricultural Systems* (2nd ed.). Cambridge, MA: CAB International.

Bourdot, G.W., Hurrell, G.A., & Saville, D.J. (1998). Weed flora of cereal crops in Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, *26*, 233-247.

Bukun, B. (2005). Weed flora changes in cotton growing areas during the last decade after irrigation of Harran plain in Sanliurfa, Turkey. *Pakestan Journal Botany*, *37*(3), 667-672.

Chauvel., B., Colbach, N., & Munier-Julian, N.M. (1998). How to estimate weed flora in a field? Comparison of sampling methods. *Journal of Plant Diseases and Protection*, *16*, 265-272.

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.

Cox, G. (1990). *Laboratory manual of general ecology* (6th ed.). Dubuque, Iowa: WIlliam C. Brown.

Delafuente, E.B., Suarez, S.A., & Ghersa, C.M. (2006). Soybean weed community composition and richness between 1995 and 2003 in the Rolling Pampas (Argentina). *Agriculture Ecosystem and Environment*, *115*, 229-236.

Eberhardt, L.L., & Thomas, J.M. (1991). Designing environmental field studies. *Ecological Monographs*, *61*(1), 53-73.

Forcella, F., & Colbach, N. (1999). *Application of weed seed bank ecology to weed management*. USDA, Agricultural Research Service. 23-35.

Ghafari, M. (2020). Sampling methods in field-scale weed studies. *Javaneh Science Journal*, *16*(5), 14-22. (In Persian).

Gholami Golafshan, M., & Yasari, E. (2012). Comparison of sampling methods for estimating seed bank and weed population densities during the growing season. *Journal of Agriculture Science*, *4*(9), 39-47.

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.

Hanzlik, K., & Gerowitt, B. (2016). Methods to conduct and analyse weed surveys in arable farming: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *36*, 11-29.

Hutton, J. (2011). *A Handbook of Field Sampling Protocols for Biodiversity Indicator Monitoring*. Institute for surveys of above-ground biodiversity within and immediately surrounding arable fields.

Jamaica, D., & Plaza, G. (2014). Evaluation of various conventional methods for sampling weeds in potato and spinach crops. *Agronomía Colombiana*, *32*(1), 36-43.

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

Minbashi Moeini, M., Baghestani, M.A., & Rahimian Mashadi, H. (2008). Introducing an abundance index for assessing weed flora in survey studies. *Weed Biology and Management*, *8*, 172–180.

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

Roham, R., Akbari, N., Abdollahian Noghabi, M., Eysivand, H.R., & Yaghobi, 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).

Thomas, A.G. (1991). Floristic composition and relative abundance of weeds in annual crops of Manitoba. *Canadian Journal of Plant Science*, *71*, 831-839.