Iranian Journal of Weed Science
Vol 19, No 2, 2024 (117-140)
DOI: 10.22034/ijws.2024.365436.1454

مجله دانش علف‌های هرز
دورهٔ ۱۹، شمارهٔ ۲، ۱۴۰۲ (ص ۱۱۷-۱۴۰)

Evaluation of the accuracy of systematic and random sampling methods in estimating the density of weed seedlings in corn fields under different irrigation systems

Mahdi Ghafari [1], Mostafa Oveisi[2*], Hassan Alizadeh [3], Sorayya Navid [4]

1, 2, 3, 4. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

(Received: April 13, 2023- Accepted: August 27, 2024)

ABSTRACT

Sampling the weed population in the fields is the first step in identifying weed species, quantifying their growth rate, and finally moving towards formulating a management plan. In order to investigate the effectiveness of random, zigzag and diagonal sampling methods in seven sampling levels in estimating the weed population of corn fields under drip, furrow, and sprinkler irrigation systems, a research was conducted in 2020 year in six corn (*Zea mays* L.) fields in Saveh county. The results showed that increasing the sampling levels increased the accuracy in estimating the number of weed species in different sampling methods. At low sampling levels (8-12), the random sampling method estimated the weed density with less error than the standaed sampling method, but with increasing sampling levels, the accuracy of diagonal and zig zag systematic sampling methods increased and with 20 and 21 sampling units, respectively, they estimated the density of seedlings of the weed population with acceptable accuracy. With the increase of sampling levels, the amount of error in estimating the density of *Chenopodium album* species decreased, so that the lowest error was in levels IV (with 16 samples in random and diagonal methods and 17 samples in zig zag method), VI (with 24 samples in random and diagonal methods and 25 sample in zig zag method) and VII (with 28 samples in random and diagonal methods and 29 samples in zig zag method) were observed with 0.04, 0.02, and -0.06, respectively. In general, increasing the number of samples in different sampling methods caused better coverage of the weed population of corn fields and estimated the status of weed species more accurately. The zig zag sampling method estimated the weed population density in drip, furrow, and sprinkler irrigation systems with an accuracy of 0.92, 0.98, and 0.96, respectively, but this method is weak in estimating the density of weed species; especially in the sprinkler irrigation system. The diagonal sampling method in the drip irrigation system estimated the density of *Setaria verticillata* and *Convolvulus arvensis* with high accuracy.

Key Words: Diagonal method, patch infestation, sampling levels, zig zag method.

ارزیابی دقت روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک و تصادفی در برآورد تراکم گیاهچه‌های علف‌های هرز مزارع ذرت تحت سیستم‌های آبیاری مختلف

مهدی غفاری[۱]، مصطفی اویسی*[۲]، حسن علیزاده[۳]، ثریا نوید[۴]

۱، ۲، ۳، ۴- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۶)

چکیده

نمونه‌برداری از جمعیت علف‌های هرز در مزارع، اولین گام در جهت شناخت گونه‌های علف هرز، پویایی جمعیت گونه و در نهایت حرکت به سمت تدوین یک برنامه مدیریتی است. به‌منظور بررسی کارایی روش‌های نمونه‌برداری تصادفی، زیگزاگ و قطری هر یک در هفت سطح نمونه‌برداری 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.**) در شهرستان ساوه انجام شد. نتایج نشان داد، افزایش سطوح نمونه‌برداری سبب افزایش دقت در برآورد غنای گونه‌ای علف‌های هرز در روش‌های نمونه‌برداری مختلف شد. در سطوح پایین نمونه‌برداری (۱۲-۸)، روش نمونه‌برداری تصادفی با خطای کمتری نسبت به روش نمونه‌برداری معیار تراکم علف‌های هرز را برآورد کرد؛ اما با افزایش سطوح نمونه‌برداری دقت روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک قطری و زیگزاگ افزایش یافت و به‌ترتیب با ۲۰ و ۲۱ واحد نمونه‌برداری با دقت قابل قبولی تراکم گیاهچه‌های جمعیت علف‌های هرز را برآورد کردند. با افزایش سطوح نمونه‌برداری میزان خطا در برآورد تراکم گونه سلمه‌تره (***Chenopodium album***) کاهش یافت؛ به‌طوری‌که کمترین خطا در سطوح **IV** (با ۱۶ نمونه در روش‌های تصادفی و قطری و ۱۷ نمونه در روش زیگزاگ)، **VI** (با ۲۴ نمونه در روش‌های تصادفی و قطری و ۲۵ نمونه در روش زیگزاگ) و **VII** (با ۲۸ نمونه در روش‌های تصادفی و قطری و ۲۹ نمونه در روش زیگزاگ) به‌ترتیب با ۰/۰۴، ۰/۰۲ و ۰/۰۶- مشاهده شد. به‌طور کلی، افزایش تعداد نمونه در روش‌های مختلف نمونه‌برداری سبب پوشش بهتر از جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت شده و وضعیت گونه‌های علف‌های هرز را با دقت بیشتری برآورد کرد. روش نمونه‌برداری زیگزاگ در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، نشتی و بارانی به‌ترتیب با دقت ۰/۹۲، ۰/۹۸ و ۰/۹۶ تراکم جمعیت علف‌های هرز را برآورد کرد؛ اما این روش در برآورد تراکم گونه‌های علف‌های هرز به‌ویژه در سیستم آبیاری بارانی ضعیف عمل کرد. روش نمونه‌برداری قطری در سیستم آبیاری قطره‌ای تراکم گونه‌های ارزنی زبر (***Setaria verticillata***) و پیچک صحرایی (***Convolvulus arvensis***) را با دقت بالایی برآورد کرد.

*** Corresponding author E-mail: moveisi@ut.ac.ir**

واژه‌های کلیدی: آلودگی لکه‌ای، روش زیگزاگ، روش قطری، سطوح نمونه‌برداری.

مقدمه

مدل‌های مبتنی بر آستانه خسارت و مدل‌های جمعیت‌شناسی علف‌های هرز به منظور کمک به تصمیم‌گیری مدیران در راستای مدیریت کوتاه‌مدت و بلندمدت علف‌های هرز توسعه یافته‌اند. در مدل‌های مبتنی بر آستانه خسارت، اگر تراکم علف هرز در مزرعه از تراکم آستانه خسارت علف هرز بیشتر باشد، اقدامات کنترلی اعمال می‌شود؛ در غیر این‌صورت هیچ اقدام مدیریتی انجام نمی‌شود (**Colbach *et al.*, 2000**). در مدل‌های جمعیت شناسی علف‌های هرز، ویژگی‌های جمعیت علف های هرز مانند تراکم گیاهچه یا میزان تولید بذر در مزارع تخمین زده شده و در مدل‌های تصمیم‌گیری از این اطلاعات استفاده می‌شود (**Colbach & Debaeke, 1998**). برای استفاده از این مدل‌ها، به تخمین دقیق تراکم علف‌های هرز نیاز است (**Wallinga *et al.*, 1999**).

یکی از دلایل ناکارآمدبودن مدیریت علف‌های‌هرز، توزیع ناهماهنگ علف‌های هرز در مزرعه است که نمونه‌برداری، مدل‌کردن و مدیریت علف‌های هرز را دچار مشکل می‌کند (**Mcgarvey *et al.*, 2016**؛ **Cardina *et al.*, 1995**). علف‌های هرز در قسمت‌هایی از مزرعه که شرایط موضعی برای سبزشدن آنها فراهم است تجمع می‌یابند؛ یا به‌عبارت دیگر علف‌های هرز پراکنش یکنواخت و یا تصادفی ندارند بلکه در مقیاس های مختلف دارای توزیع لکه‌ای هستند (**Clay *et al.*, 2006**) که این امر تحت تأثیر اثرات متقابل بیولوژی علف هرز، شرایط محیطی و عملیات مدیریتی می‌باشد (**Goudy *et al.*, 2001**).

بیشتر تکنیک‌های مورد استفاده برای تخمین تراکم علف‌های هرز بر اساس بررسی‌های مزرعه‌ای است. یکی از روش‌های مرسوم به منظور نمونه‌برداری از علف‌های هرز استفاده از کوادرات با اندازه معین در یک شبکه نمونه‌برداری است که در آن تراکم و نوع گونه‌های علف‌های هرز به تفکیک ثبت شده و سپس میانگین تراکم کوادرات‌ها برای هر گونه علف هرز، به عنوان تراکم واقعی آن گونه در مزرعه در نظر گرفته می‌شود (**Colbach *et al.*, 2000**). اندازه کوادرات به نوع صفت مورد بررسی بستگی دارد. در مطالعه‌ای سه سایز کوادرات به ابعاد ۰/۲۵، یک و ۲/۲۵ متر مربع به‌منظور بررسی فراوانی، تراکم و درصد پوشش علف‌های هرز مورد مقایسه قرار گرفته است. به‌منظور بررسی فراوانی، بزرگ‌ترین سایز کوادرات (۲/۲۵ متر مربع) برآورد مناسب‌تری را از فراوانی علف‌هرز در قطعه مورد بررسی نشان داد؛ اما در صفات تراکم و درصد پوشش زمین، کوادرات یک متر مربعی، برآوردی معادل مقدار واقعی تراکم و درصد پوشش داشت؛ بنابراین می‌توان گفت که به‌منظور بررسی فراوانی، هر چه ابعاد کوادرات بزرگ‌تر باشد، برآورد صحیح‌تری حاصل می‌شود. در این آزمایش اعلام شد که استفاده از کوادرات با ابعاد یک متر مربع به‌طور کلی می‌تواند نتایج قابل اعتمادی را در بررسی سه صفت مذکور داشته باشد (**Booth *et al.*, 2010**؛ **Puricelli *et al.*, 2015**).

با توجه به اهمیت ارزیابی سریع جمعیت علف‌های هرز ضروری است نمونه‌برداری با استفاده از روش‌های مناسب، دقیق و کارآمد صورت گیرد. به‌طوری‌که استفاده از روش‌های مناسب، اهداف مدیریت از جمله سادگی و سرعت در عین کارآیی و دقت را می‌تواند محقق سازد (**Barnett & Stohlgren, 2003**). روش‌های نمونه‌برداری تصادفی و سیستماتیک بیشترین کاربرد را در مطالعات علف‌های هرز دارا هستند. 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 (**Chauvel *et al.*, 1998**؛ **Eberhardt & Thomas, 1991**). 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 می شود. تعداد نمونه کم در روش سیستماتیک می‌تواند گوشه‌های مزرعه را بیشتر[1] و داخل مزرعه را کمتر[2] نمونه‌برداری کند. در نتیجه برآورد ضعیفی از تراکم و غنای گونه‌ای علف‌های هرز در داخل مزرعه نشان دهد. اما این مشکل با افزایش تعداد نمونه برطرف می‌شود. افزایش نمونه ما را از پوشش بیشتر مزرعه مطمئن می‌کند. اصولاً روش سیستماتیک از ۱۵ تا ۲۰ نمونه روش مطلوبی برای نمونه‌گیری است. روش سیستماتیک به دو روش زیگزاگ و قطری صورت می‌گیرد (**Majrashi *et al.*, 2022**؛ **Nkoa *et al.*, 2015**؛ **Colbach *et al.*, 2000**). در آزمایشی فلور علف‌های هرز (گراس‌ها، تاج‌خروس و خرفه) در مزرعه ذرت با استفاده از سه روش نمونه‌برداری سیستماتیک زیگزاگ، سیستماتیک اریب و تصادفی در قطعه زمینی به مساحت ۱۲۰۰ متر مربع مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد کمترین واریانس خطا برای بررسی فلور گراس‌ها را روش نمونه‌برداری سیستماتیک زیگزاگ دارا بود (**Gholami Golafshan & Yasari, 2012**).

جمع‌آوری داده‌های دقیق و کسب اطلاعات صحیح از وضعیت علف‌های هرز مزرعه مستلزم اجرای یک روش نمونه‌برداری صحیح متناسب با نوع آزمایش، وضعیت جمعیت و گونه‌های مورد مطالعه علف‌های هرز است. نظر به اینکه گونه‌های مختلف علف‌هرز توزیع یکنواختی در مزرعه نداشته و نحوه پراکنش و ظهور علف‌های هرز در مزرعه بسته به نوع گونه می تواند متفاوت باشد، لذا یک روش مشخص نمونه‌برداری نمی‌تواند ارزیابی مناسبی از تمامی گونه‌های علف‌هرز داشته باشد. از این‌رو، این مطالعه با هدف انتخاب روش مناسب نمونه‌برداری برای برآورد گونه‌های مختلف علف‌هرز مزارع ذرت تحت سیستم‌های آبیاری بارانی، قطره‌ای و نشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور مقایسه کارایی روش‌های مختلف نمونه‌برداری در پیش‌بینی جمعیت علف‌های هرز

1. Over sample

2. Under sample

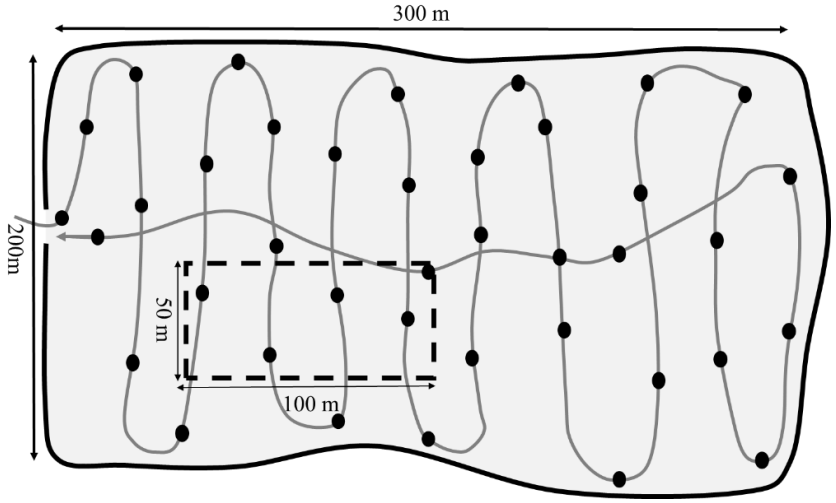
مزارع ذرت تحت سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، نشتی و بارانی ، پژوهشی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در شش مزرعه ذرت با مساحت بیش از پنج هکتار در شهرستان ساوه انجام شد (جدول ۱). برای اجرای آزمایش مزارعی انتخاب شدند که بوته‌های ذرت در مرحله چهار تا شش برگی (۲۵-۲۲ روز پس از کشت) بوده و به منظور مدیریت علف‌های هرز، هنوز عملیاتی در آنها اجرا نشده بود.

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

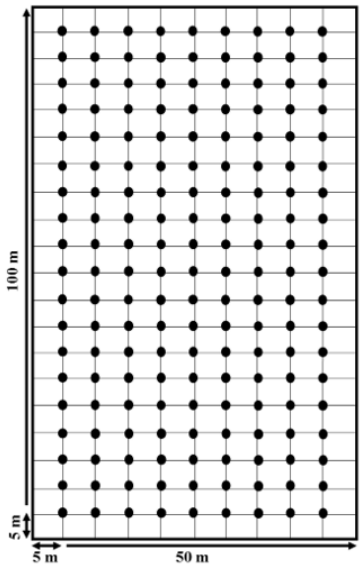
جهت انجام آزمایش و اعمال روش‌های نمونه‌برداری در مزارع منتخب، ابتدا با استفاده از روش مارپیچ (**Nkoa *et al.*, 2015**) عمل دیده‌بانی و شناسایی گیاهچه‌های گونه‌های علف‌هرز موجود در هر مزرعه در یک بازه زمانی مشخص انجام شد (شکل ۱) و قطعه‌ای به مساحت ۰/۵ هکتار (۱۰۰ متر×۵۰ متر) که پوشش مناسبی از علف‌های هرز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



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.

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



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

Figure 2. Schematic of the grid sampling method (5 m × 5 m).

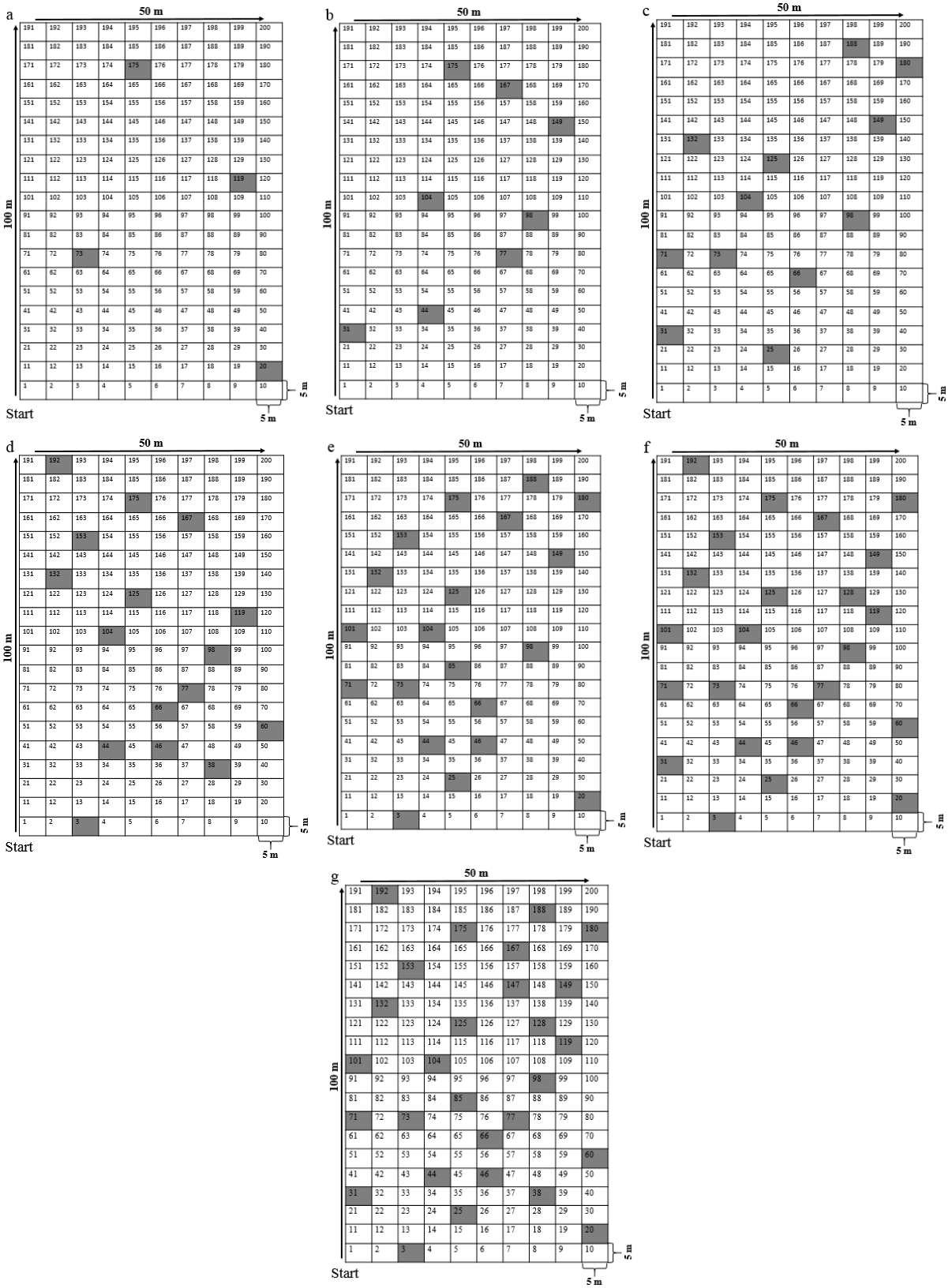
●: Represent the sampling points.

در گام بعد، روش‌های نمونه‌برداری تصادفی و سیستماتیک در هفت سطح به منظور برآورد جمعیت علف‌های هرز مزارع مورد مطالعه، مورد بررسی قرار گرفتند. در این مطالعه از تکنیک انتخاب تصادفی قطعات شماره‌گذاری‌شده در روش نمونه‌برداری تصادفی و از تکنیک‌های حرکت زیگزاگ (**W**) و حرکت در اقطار زمین (**X**) در روش نمونه‌برداری سیستماتیک در قطعه زمینی (۱۰۰ متر×۵۰۰ متر) که روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی در آن اجرا شد، استفاده شد.

روش نمونه‌برداری تصادفی[3]

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 متر × 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).

3. Random sampling method



شکل ۳- شماتیک روش نمونه‌برداری تصادفی در سطوح مختلف.

Figure 3. Schematic of random sampling method at different levels.

a: 4 quadrates (I), b: 8 quadrates (II), c:12 quadrates (III), d:16 quadrates (IV), e:20 quadrates (V), f:24 quadrates(VI), g:28 quadrates (VII).

به منظور اجرای سریع و جلوگیری از وقوع هر گونه اشتباهی در نمونه‌برداری از جمعیت علف‌های هرز مزراع، محل قرارگیری کوآدرات در قطعات انتخاب‌شده با استفاده از میخ‌های چوبی و پرچم‌های زرد رنگ مشخص شدند. نمونه‌برداری به روش تصادفی در هفت سطح با چهار، هشت، ۱۲، ۱۶، ۲۰، ۲۴ و ۲۸ نقطه نمونه‌برداری و با استفاده از کوآدرات مربع (۱۰۰ × ۱۰۰ سانتی‌متر) به صورت عمود بر خطوط کاشت، در مزارع مورد مطالعه اجرا و نوع و تراکم علف‌های هرز به تفکیک گونه ثبت شد.

روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک[۴]

در روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک آرایش نمونه‌ها در مکان‌های مورد مطالعه به‌صورت منظم می‌باشد. روش‌های نمونه‌برداری منظم عمدتاً به دو شکل حرکت به صورت اریب (اقطار مزرعه (**X**)) و زیگزاگ (**W**) انجام می‌شوند.

روش نمونه‌برداری قطری[۵] (X)

در این روش به منظور نمونه‌برداری از علف‌های هرز ابتدا زمین بسته به تعداد نقاط نمونه‌برداری به قسمت‌های مساوی تقسیم شد و پیمایش به صورت حرکت اریب **(X)** در عرض زمین (دو قطر زمین) انجام شد (شکل ۴). اولین نقطه نمونه‌برداری **($x_1;y_1$)** در هر قطر به صورت 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 با افزایش سطوح نمونه‌برداری، فواصل بین نمونه‌ها در عرض و طول زمین کاهش می‌یابد. 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).**

رابطه (۱): $N=2n$

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

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

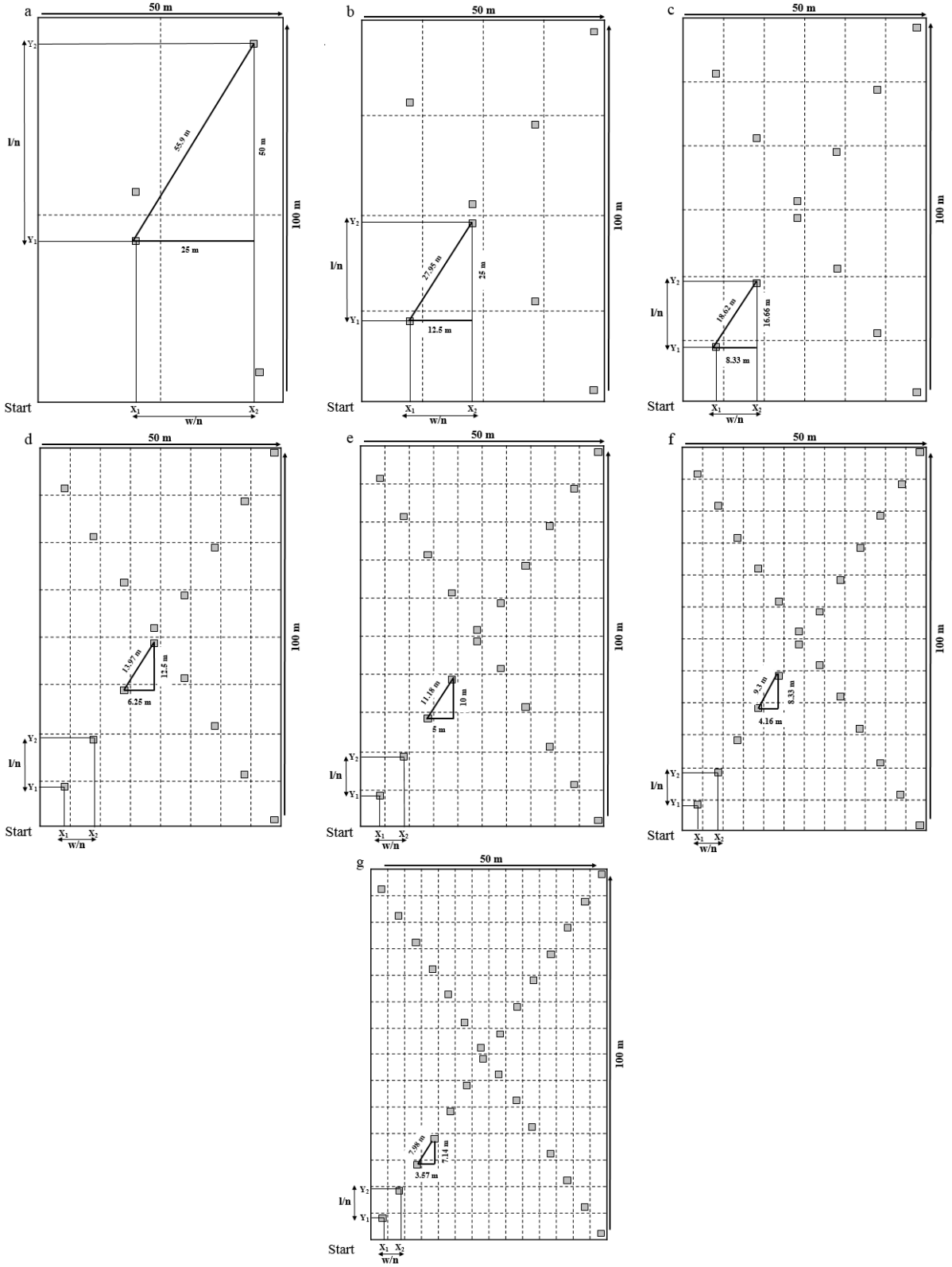
رابطه (۴): $\text{First diagonal: } (x_i; y_i) = [x_1 + (i-1) \times w/n; y_1 + (i-1) \times l/n]$

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

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.

4. Systematic sampling methods

5. Diagonal sampling method



شکل ۴- شماتیک روش نمونه‌برداری سیستماتیک قطری در سطوح مختلف.

Figure 4. Schematic of diagonal systematic sampling method at different levels.

a: 4 quadrates (I), b: 8 quadrates (II), c:12 quadrates (III), d:16 quadrates (IV), e:20 quadrates (V), f:24 quadrates(VI), g:28 quadrates (VII).

در این مطالعه، نمونه‌برداری به روش سیستماتیک و پیمایش به صورت حرکت اریب در عرض زمین با هفت سطح چهار، هشت، ۱۲، ۱۶، ۲۰، ۲۴ و ۲۸ نقطه نمونه‌برداری و با استفاده از کوآدرات مربع (۱۰۰ × ۱۰۰ 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 زردرنگ مشخص شدند.

روش نمونه‌برداری زیگزاگ[6](W)

در این روش به منظور نمونه‌برداری از علف‌های هرز ابتدا زمین بسته به تعداد نقاط نمونه‌برداری به قسمت‌های مساوی تقسیم شد و پیمایش به صورت حرکت زیگزاگ (**W**) در عرض زمین انجام گرفت (شکل ۵). اولین نقطه نمونه‌برداری ($x_1;y_1$) به صورت 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 با افزایش سطوح نمونه‌برداری فواصل بین نمونه‌ها در عرض و طول زمین کاهش می‌یابد. پیمایش از یک نقطه به نقطه بعدی نمونه‌برداری به صورت حرکت در عرض (عرض زمین تقسیم بر تعداد نقاط نمونه‌برداری در هر بازو) 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): $N=4n - 3$

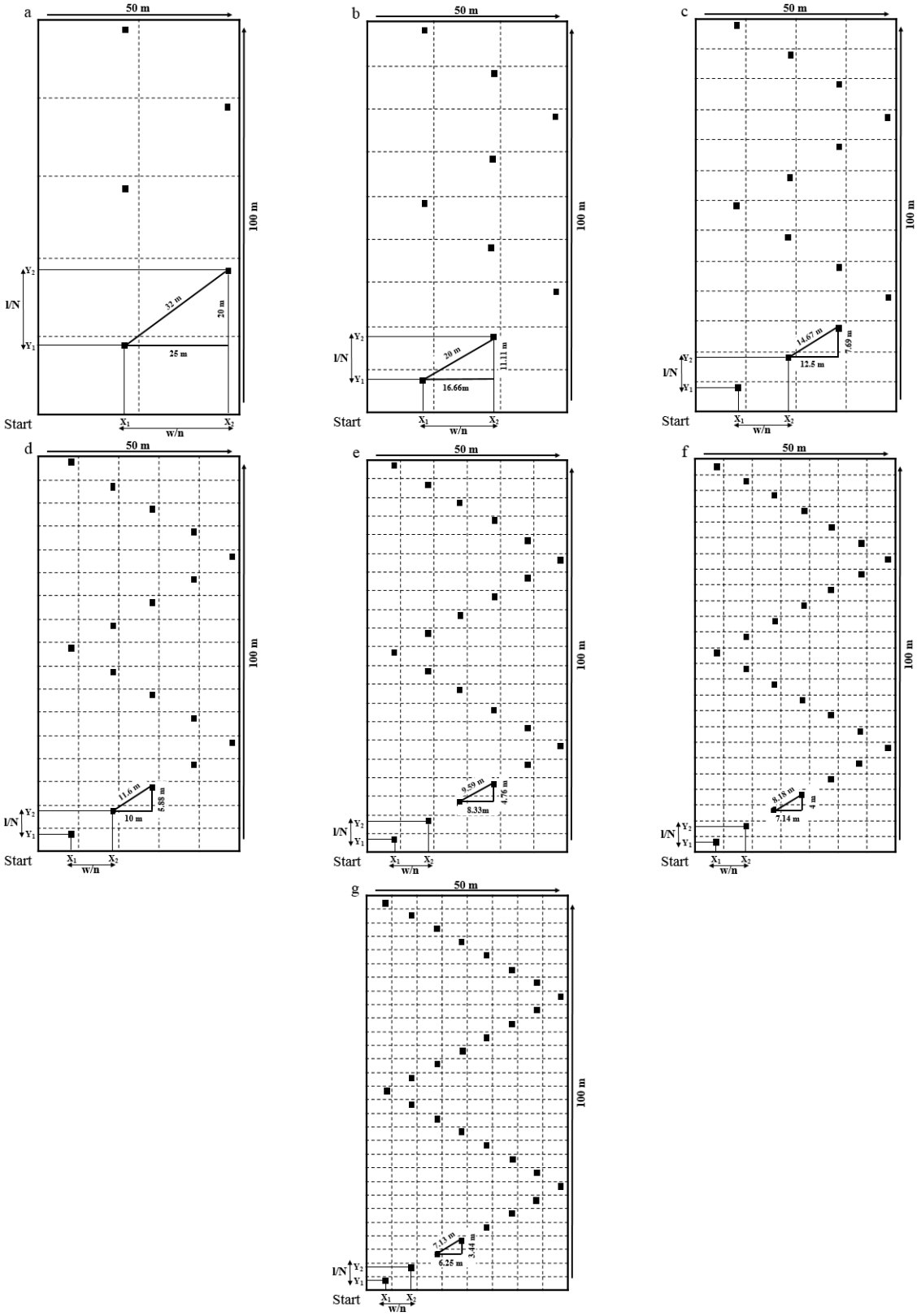
رابطه (۷): $\text{Number of rectangles in field} = n \times N$

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 به صورت حرکت زیگزاگ (**W**) در عرض زمین با هفت سطح پنج، نه، ۱۳، ۱۷، ۲۱، ۲۵ و ۲۹ نقطه نمونه‌برداری و با استفاده از کوآدرات مربع (۱۰۰ × ۱۰۰ سانتی‌متر) به صورت عمود بر خطوط کاشت، در مزارع مورد مطالعه اجرا و نوع و تراکم علف‌های هرز به تفکیک گونه ثبت شد. برای سهولت در اجرا، ابتدا نقاط نمونه‌برداری با استفاده از میخ‌های چوبی و پرچم‌های زردرنگ مشخص شدند.

6. Zig-zag sampling method



شکل ۵- شماتیک روش نمونه‌برداری سیستماتیک زیگزاگ در سطوح مختلف.

Figure 5. Schematic of systematic zigzag sampling method at different levels.

a: 5 quadrates (I), b: 9 quadrates (II), c:13 quadrates (III), d:17 quadrates (IV), e:21 quadrates (V), f:25 quadrates (VI), g:29 quadrates (VII).

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 & Booth *et al.*, 2010; Johnson, 2000**). دقت سایر روش‌ها در برآورد میانگین تراکم و غنای 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): $Accuracy = (1 - \left(\frac{y_e}{y}\right))$

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: غنای گونه‌ای به‌دست‌آمده از روش‌های مختلف نمونه‌برداری و y: غنای گونه‌ای به‌دست‌آمده از روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی معیار می‌باشد.

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزار **JMP 17** استفاده شد. دقت روش‌های مختلف نمونه‌برداری با استفاده از روش آماری غیر پارامتریک[۷] و آنالیز مدل مخلوط[۸] مورد بررسی قرار گرفت. در این روش متغیر مزارع به‌عنوان اثر تصادفی[۹] و سایر منابع تغییر شامل سیستم‌های آبیاری (**Irr type**)، نوع روش نمونه‌برداری (**SM type**)، و سطوح نمونه‌برداری (**SML**) و اثرات متقابل آن‌ها به‌عنوان اثرات ثابت[۱۰] در نظر گرفته شد. تفاوت بین روش‌های نمونه‌برداری در برآورد جمعیت علف‌های هرز مزارع ذرت با استفاده از خطای معیار[۱۱] نشان داده شد.

نتایج و بحث

غنای گونه‌ای علف‌های هرز در مزارع ذرت مورد مطالعه شامل ۲۸ گونه بود. بیشترین غنای گونه‌ای در مزارع دارای سیستم آبیاری بارانی با ۱۷ گونه و کمترین تنوع گونه‌ای در سیستم آبیاری قطره‌ای با ۱۲ گونه مشاهده شد (جدول ۱). علف‌های هرز یکساله تاج‌خروس خوابیده (***Amaranthus belitoides***)، تاج‌خروس ریشه‌قرمز (***Amaranthus retroflexus***)، سلمه‌تره (***Chenopodium album***)، ارزنی زبر (***Setaria verticillata***) و علف‌هرز چندساله پیچک صحرایی (***Convolvulus arvensis***)، گونه‌های رایج در مزارع مورد مطالعه بودند و به‌ترتیب ۸۶، ۹۹، ۶۳، ۳۶، ۹۰ و ۷۲ درصد از میانگین کل تراکم جمعیت علف‌های هرز را در مزارع به خود اختصاص دادند. میانگین تراکم جمعیت علف‌های هرز در مزارع مورد مطالعه بین ۱۰/۰۷ تا ۱۹۲/۷۷ بوته در متر مربع متغیر بود که کمترین تراکم علف‌های هرز در سیستم آبیاری نشتی و بیشترین تراکم در سیستم آبیاری بارانی مشاهده شد (جدول ۲).

7. Nonparametric statistics
8. Mixed Model Analysis
9. Random effect
10. Fixed effects
11. Standard error

جدول ۱- غنای گونه‌ای علف‌های‌هرز در مزارع ذرت مورد مطالعه.

Table 1. Species richness of weeds in the studied corn fields.

No.	Weed Species	Life cycle	Family	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	*Amaranthaceae*	●	●	●	●	●	●
2	*Amaranthus retroflexus* L.	A	*Amaranthaceae*	●	●	●	●	●	●
3	*Chenopodium album* L.	A	*Amaranthaceae*	●	●	●	●	●	●
4	*Setaria verticillata* P.Beauv.	A	*Poacea*	●	●	●	●	●	●
5	*Convolvulus arvensis* L.	P	*Convolvulaceae*	●	●	●	-	●	●
6	*Salsola kali* L.	A	*Amaranthaceae*	●	-	●	●	●	●
7	*Malva neglecta* Wallr	P	*Malvaceae*	●	●	●	-	●	●
8	*Portulaca oleracea* L.	A	*Portulacaceae*	-	●	●	●	-	●
9	*Tribulus Terrestris* L.	A	*Zygophyllaceae*	-	-	●	●	●	●
10	*Heliotropium europaeum* L.	A	*Boraginaceae*	-	-	●	●	●	●
11	*Sonchus oleraceus* L.	A	*Asteraceae*	●	●	-	-	●	●
12	*Euphorbia inderiensis* Less.	P	*Euphorbiaceae*	●	●	●	●	-	-
13	*Hibiscus trionum* L.	A	*Malvaceae*	-	●	-	-	●	●
14	*Xanthium strumarium* L.	A	*Asteraceae*	-	●	●	●	-	-
15	*Circium arvense* (L.) Scop.	P	*Asteraceae*	●	-	●	●	-	-
16	*Chrozophora tinctoria* (L.) Juss.	A	*Euphorbiaceae*	-	-	-	●	●	●
17	*Tragopogon sp.*	P	*Asteraceae*	●	●	-	-	-	●
18	*Lepidium draba* L.	P	*Brassicaceae*	●	●	-	-	●	-
19	*Erodium cicutarium* L.	A	*Geraniaceae*	-	-	-	-	●	●
20	*Chodrilla juncea* L.	B	*Asteraceae*	-	-	●	●	-	-
21	*Echinops sp.*	P	*Asteraceae*	-	-	●	●	-	-
22	*Heliotropium aucheri DC.*	P	*Boraginaceae*	-	-	-	●	-	-
23	*Galium aparine* L.	A	*Rubiaceae*	-	-	-	-	●	-
24	*Anchusa ovata* Lehm.	A	*Boraginaceae*	-	-	-	-	●	-
25	*Vicia sp.*	A	*Fabaceae*	-	-	-	-	●	-
26	*Solanum nigrum* L.	A	*Solanaceae*	-	-	-	-	-	●
27	*Glycyrrhiza aspera* Pall.	P	*Fabaceae*	-	-	-	-	-	●
28	*Eleusine indica* L.	A	*Poacea*	-	-	-	●	-	-
	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

جدول ۲- مقادیر برآوردشده از جمعیت علف‌های هرز مزارع مورد مطالعه با استفاده از روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی معیار.

Table 2. The estimated values of the weeds 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. belitoieds*	*A. retrofelexus*	*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 سطوح نمونه‌برداری در دقت برآورد غنای گونه‌ای جمعیت علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و سایر اثرات غیر معنی‌دار بود. اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × روش نمونه‌برداری و اثر متقابل نوع روش نمونه‌برداری × سطوح نمونه‌برداری در دقت

برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز، به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود. دقت برآورد تراکم بوته گونه‌های ***A. belitoides***، ***S. verticillata*** و ***C. arvensis*** تحت تأثیر اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × روش نمونه‌برداری قرار گرفت و به‌ترتیب در سطح احتمال پنج، یک و یک درصد معنی‌دار شد. اثر نوع روش آبیاری بر دقت برآورد تراکم گونه ***A. retroflexus*** در سطح احتمال یک درصد و اثر نوع روش نمونه‌برداری و سطوح نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم گونه ***C. album*** در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۳- تجزیه واریانس کارایی سطوح روش‌های نمونه‌برداری بر دقت برآورد غنای گونه‌ای و تراکم جمعیت علف‌های هرز.

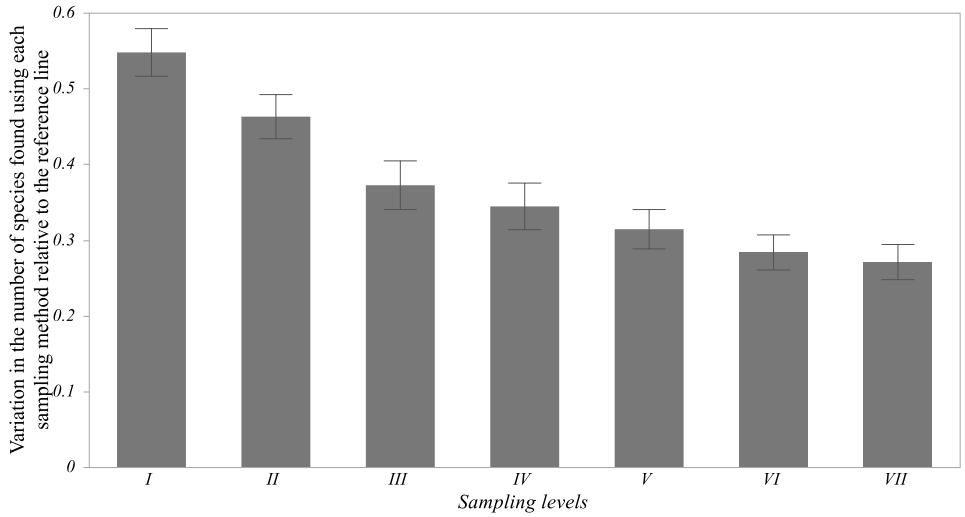
Table 3. Variance analysis of the efficiency of sampling methods levels on the accuracy of estimating the species richness and density of the weed population.

Source of variance*	Degrees of freedom	Probability level						
		Species No.	Total plants density	*A. blitoides*	*A. retroflexus*	*C. album*	*S. verticillata*	*C. arvensis*
Irr type (IT)	2	0.2405	0.1373	0.3944	<.0001	0.9214	0.6325	0.8063
SM type (SMT)	2	0.6981	0.0062	0.0518	0.7689	0.0505	0.0197	0.0001
IT×SMT	4	0.1050	<.0001	0.0209	0.2777	0.4721	0.0095	0.0015
SML	6	<.0001	0.0298	0.7713	0.9656	0.0509	0.8133	0.9543
IT×SML	12	0.1217	0.6232	0.9463	0.9996	0.3881	0.8634	0.9723
SMT×SML	12	0.9738	0.0175	0.7911	0.9804	0.8205	0.9201	0.8049
IT× SMT×SML	24	0.9286	0.0741	0.4954	0.9989	0.9944	0.9875	0.9995

P ≤ 0.01: significant at 0.01 probability level, P ≤ 0.05: significant at 0.05 probability level and P > 0.05: no significant.
***. Irr: Irrigation, SM: Sampling methods, SML: Sampling methods levels.**

برآورد غنای گونه‌ای علف‌های هرز

اثر سطوح نمونه‌برداری در دقت برآورد غنای گونه‌ای جمعیت علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳)؛ به‌طوری‌که با افزایش سطوح نمونه‌برداری در روش‌های مختلف، خطای دقت برآورد تعداد گونه‌های علف‌های هرز در سه سیستم آبیاری کاهش یافت. افزایش سطوح نمونه‌برداری سبب شده تا نمونه‌ها پوشش بهتری از جمعیت علف‌های هرز موجود در مزرعه را داشته و غنای گونه‌ای علف‌های هرز را بهتر شناسایی کنند. در روش‌های مختلف نمونه‌برداری، سطوح **V**، **VI** و **VII** به‌ترتیب با ۰/۳۱، ۰/۲۸ و ۰/۲۷ برآورد کمتر از تعداد واقعی گونه‌های علف‌های هرز،کمترین خطا را در برآورد غنای گونه‌ای جمعیت علف‌های هرز نشان داده و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. از این‌رو، سطح **V** نمونه‌برداری با تعداد ۲۰ نمونه در روش‌های تصادفی و قطری و ۲۱ نمونه در روش نمونه‌برداری زیگزاگ با دقت قابل قبولی تعداد گونه‌های علف‌های هرز را در سیستم‌های آبیاری مختلف برآورد کرد (شکل ۶).

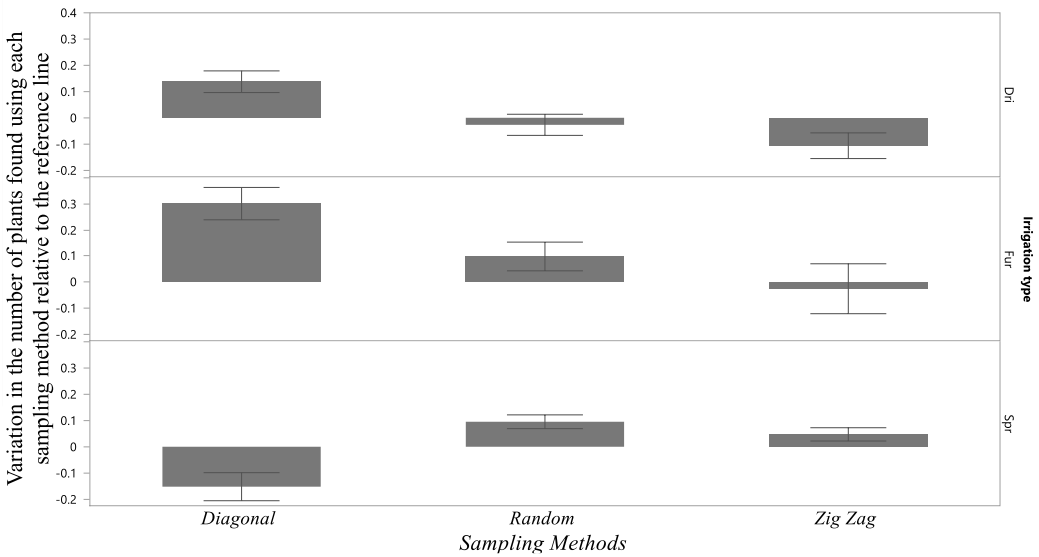


شکل ۶- مقایسه میانگین اثر سطوح نمونه‌برداری بر دقت برآورد غنای گونه‌ای جمعیت علف‌های هرز.

Figure 6. Comparison of the average effect of sampling levels on the accuracy of estimating species richness of weed populations. Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively. Bars indicate standard error of mean.

برآورد تراکم مجموع علف‌های هرز

اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × روش نمونه‌برداری در دقت برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). در سیستم آبیاری قطره‌ای با الگوی خیس‌شدن محدودتر خاک در مقایسه با دو سیستم آبیاری بارانی و نشتی، روش نمونه‌برداری تصادفی با خطای ۰/۰۲- علی‌رغم برآورد بیش از تراکم واقعی علف‌های هرز که شامل ۱۲ گونه پهن‌برگ و یک گونه باریک‌برگ بود، کمترین خطا را در برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار نشان داد؛ درحالی‌که در سیستم‌های آبیاری نشتی و بارانی با الگوی وسیع‌تر خیس‌شدن خاک مزرعه و غنای بیشتر علف‌هرز، روش نمونه‌برداری سیستماتیک زیگزاگ به‌ترتیب با ۰/۰۲- و ۰/۰۴ بیشترین دقت را در برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز در مقایسه با سایر روش‌های نمونه‌برداری نشان داد (شکل ۷). محققان گزارش کردند روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک به عنوان روش‌هایی با کمترین میزان خطا در نمونه‌برداری از گونه‌های علف‌های هرز شناخته شده‌اند (**Chauvel *et al.*, 1998**؛ **Eberhardt & Thomas, 1991**).



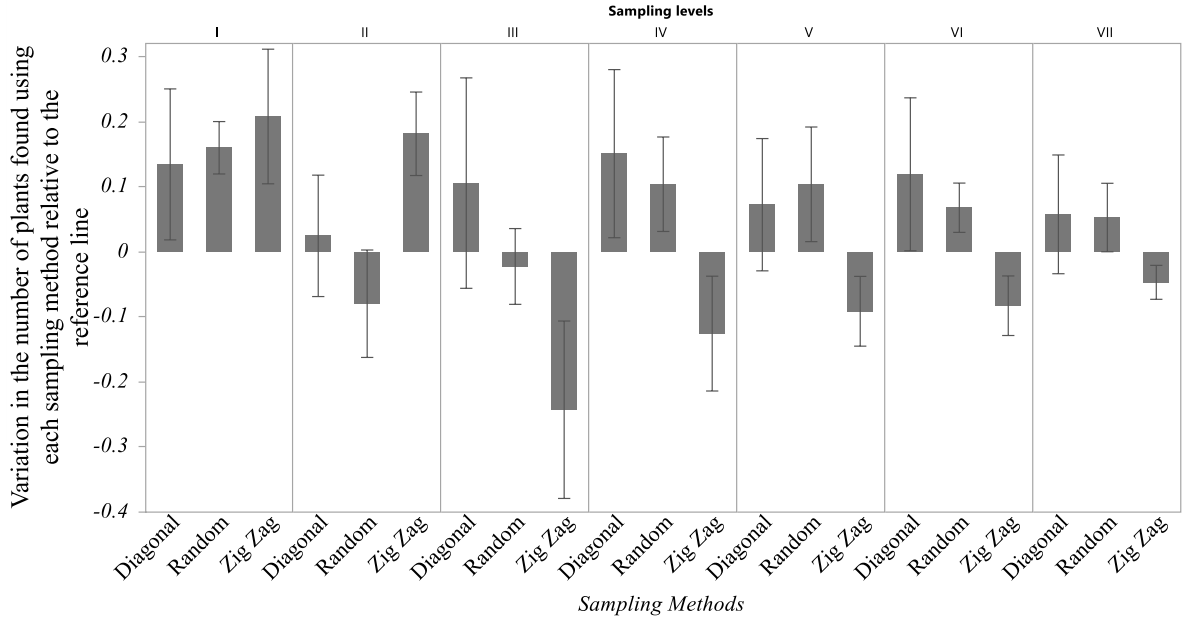
شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × روش نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز.

Figure 7. Comparison of the average interaction effect of irrigation system type × sampling method on the accuracy of weed population density estimation.

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

برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر اثر متقابل نوع روش نمونه‌برداری × سطوح نمونه‌برداری قرار گرفت (جدول ۳). در روش نمونه‌برداری تصادفی، سطوح **II** (با هشت واحد نمونه‌برداری) و **III** (با ۱۲ واحد نمونه‌برداری) به‌ترتیب با خطای ۰/۰۷- و ۰/۰۲- برآورد بیش از تراکم واقعی و سطوح **VI** (با ۲۴ واحد نمونه‌برداری) و **VII** (با ۲۸ واحد نمونه‌برداری) به‌ترتیب با خطای ۰/۰۶ و ۰/۰۵ برآورد کمتر از تراکم واقعی جمعیت علف‌های هرز را داشته و کمترین خطا را در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار نشان دادند. در روش نمونه‌برداری قطری، سطوح **II** (با چهار واحد نمونه‌برداری)، **V** (با ۲۰ واحد نمونه‌برداری) و **VII** (با ۲۸ واحد نمونه‌برداری) نمونه‌برداری به‌ترتیب با خطای ۰/۰۲، ۰/۰۷ و ۰/۰۵ کمترین خطا را در برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار داشتند. میزان خطا در برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار در روش زیگزاگ در سطوح بالای نمونه‌برداری علی‌رغم برآورد بیش از تراکم واقعی جمعیت علف‌های هرز، کاهش یافت؛ به‌طوری‌که میزان خطا در سطوح **V** (با ۲۱ واحد نمونه‌برداری)، **VI** (با ۲۵ واحد نمونه‌برداری) و **VII** (با ۲۹ واحد نمونه‌برداری) نمونه‌برداری به‌ترتیب ۰/۰۹-، ۰/۰۸- و ۰/۰۴- برآورد گردید (شکل ۸). محققان گزارش کردند در صورتی که تعداد واحدهای نمونه‌برداری کم باشد، روش نمونه‌برداری تصادفی در برآورد جمعیت علف‌های هرز در مقایسه با روش سیستماتیک (**W**) کارایی بیشتری دارد چرا که روش سیستماتیک در تعداد کم نمونه حاشیه مزرعه را بیشتر و داخل مزرعه را کمتر پوشش می‌دهد؛ در نتیجه برآورد ضعیفی از

تراکم جمعیت علف‌های هرز در داخل مزرعه نشان می‌دهد؛ اما این مشکل با افزایش تعداد نمونه برطرف می‌شود (**Colbach *et al.*, 2000**؛ **Chauvel *et al.*, 1998**).



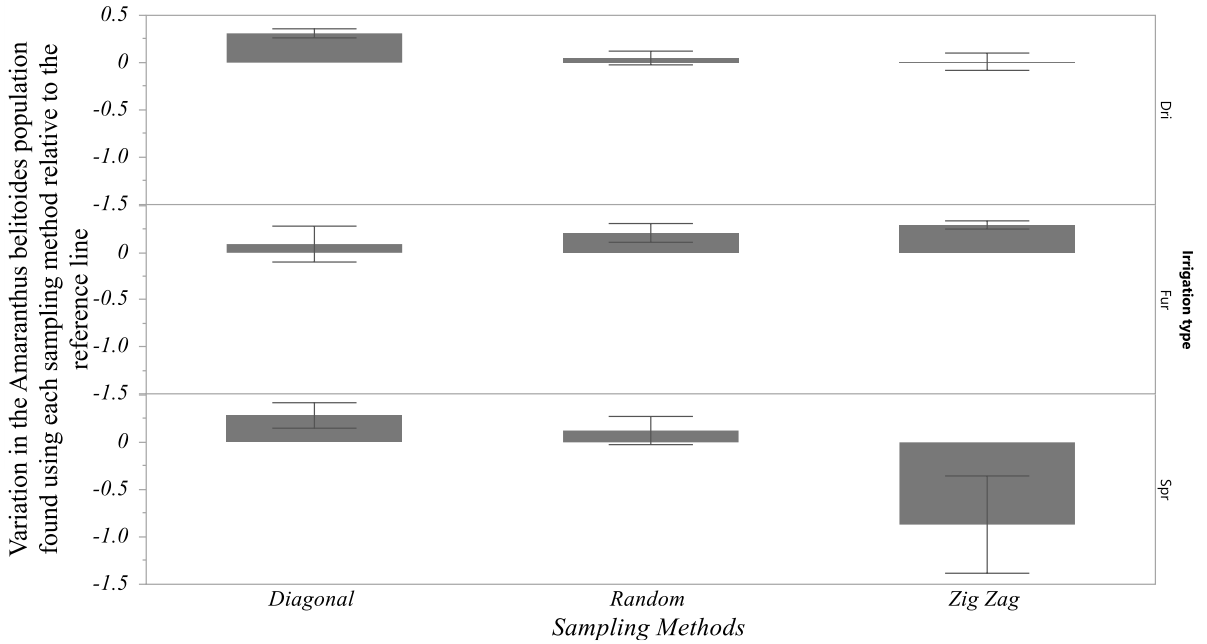
شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع روش نمونه‌برداری × سطوح نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم جمعیت علف‌های هرز.

Figure 8. Comparison of the average interaction effect of sampling method type × sampling levels on the accuracy of weed population density estimation.

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

برآورد تراکم گونه *Amaranthus belitoides*

دقت برآورد تراکم بوته گونه ***A. belitoides*** تحت تأثیر اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × روش نمونه‌برداری قرار گرفت و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در سیستم آبیاری قطره‌ای، روش‌های نمونه‌برداری زیگزاگ و تصادفی به‌ترتیب با خطای ۰/۰۱ و ۰/۰۵ در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار تراکم بوته گونه ***A. belitoides*** را برآورد کردند. روش نمونه‌برداری قطری با خطای ۰/۰۹، بیشترین دقت را در برآورد تراکم بوته این گونه دارا بود. در سیستم آبیاری بارانی، روش نمونه‌برداری زیگزاگ ضمن برآورد بیش از تراکم واقعی گونه ***A. belitoides***، بیشترین خطا (۰/۸۷-) را در تعیین تراکم گونه مذکور نشان داد. روش‌های نمونه‌برداری تصادفی و قطری به‌ترتیب با خطای ۰/۱۲ و ۰/۲۸ در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار، برآورد تراکم گونه مذکور را با دقت بیشتری انجام دادند (شکل ۹). الگوی خیس‌شدن خاک مزرعه و به تبع آن چگونگی ظهور لکه‌ها و دامنه پراکنش علف‌هرز سبب تفاوت در دقت برآورد روش‌های مختلف نمونه‌برداری تحت سیستم‌های آبیاری مختلف شده است.

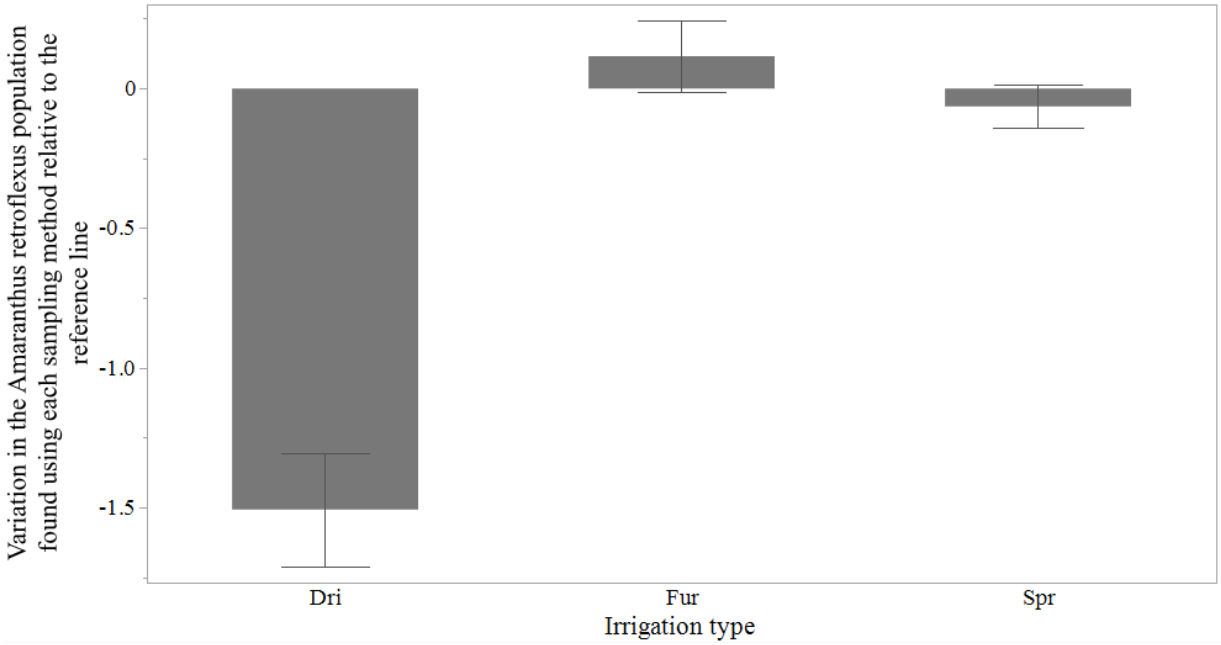


شکل ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × روش نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم *A. belitoides*

Figure 9. Comparison of the average interaction effect of type of irrigation system × sampling method on the accuracy of estimation of *A. belitoides* density.
Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively. Bars indicate standard error of mean.

برآورد تراکم گونه *A. retroflexus*

اثر نوع روش آبیاری بر دقت برآورد تراکم گونه ***A. retroflexus*** در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به الگوی خیس‌شدن خاک در سیستم آبیاری قطره‌ای که به صورت نوارهای باریک در طول مزرعه بوده و این امر مستقیما بر نحوه ظهور بوته‌های علف‌هرز مؤثر است؛ در این روش آبیاری بیشترین خطای نمونه‌برداری تراکم بوته ***A. retroflexus*** مشاهده شد؛ به‌طوری‌که در این روش آبیاری تراکم بوته گونه مذکور به میزان ۱/۵ برابر بیشتر از تراکم واقعی برآورد شد. خطای روش‌های نمونه‌برداری در برآورد تراکم این گونه در دو سیستم آبیاری بارانی و نشتی به واسطه الگوی خیس‌شدن وسیع‌تر خاک و به عبارت دیگر اثرگذاری کمتر محدودیت دسترسی آب به‌منظور جوانه‌زنی بذور علف‌هرز، کاهش یافت و به‌ترتیب ۰/۰۶- و ۰/۱۱ برآورد شد (شکل ۱۰).

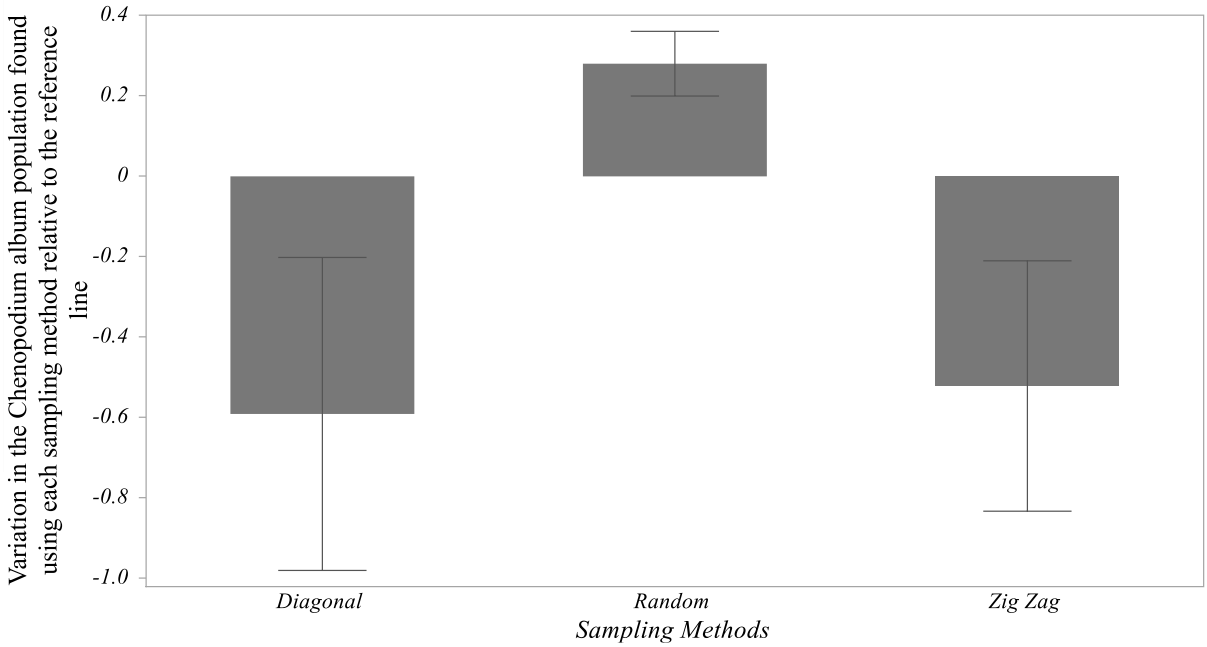


شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثر نوع سیستم آبیاری بر دقت برآورد تراکم *A. retroflexus*.

Figure 10. Comparison of the average effect of irrigation system type on the accuracy of *A. retroflexus* density estimation.
Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively. Bars indicate standard error of mean.

برآورد تراکم گونه *Chenopodium album*

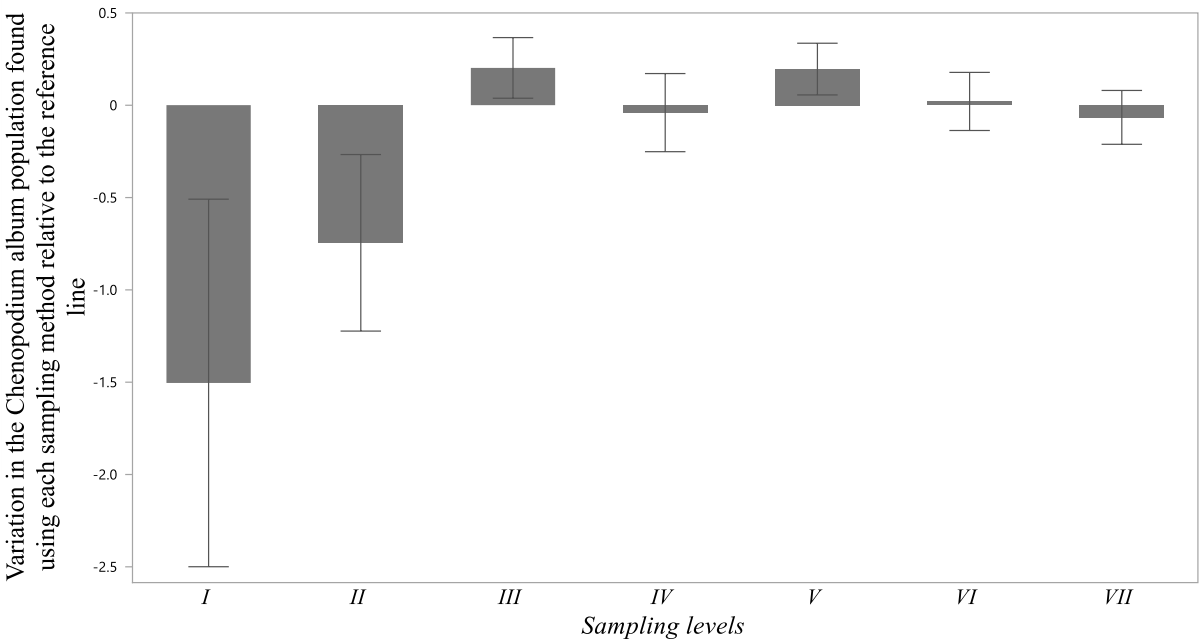
اثر نوع روش نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم گونه ***C. album*** در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۳). روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک قطری و زیگزاگ در سیستم‌های آبیاری مختلف، برآورد بیش از تراکم واقعی این گونه را نشان دادند و به‌ترتیب با خطای ۰/۵۹- و ۰/۵۲- بیشترین خطا را در برآورد تراکم گونه مذکور دارا بودند. این در حالی است که روش نمونه‌برداری تصادفی با خطای ۰/۲۸ با دقت بیشتری تراکم گونه ***C. album*** را برآورد کرد (شکل ۱۱). در مطالعه‌ای فلور علف‌های هرز در مزرعه ذرت با استفاده از سه روش نمونه‌برداری سیستماتیک زیگزاگ، سیستماتیک اریب و تصادفی مورد بررسی قرار گرفت (**Gholami Golafshan & Yasari, 2012**). نتایج نشان داد که روش نمونه‌برداری تصادفی کمترین واریانس خطا را در برآورد تراکم گونه‌های علف‌های هرز پهن‌برگ دارا بود. آنها اظهار داشتند نحوه توزیع گونه‌های علف‌های هرز در سطح مزرعه در کارایی روش‌های نمونه‌برداری مختلف اثرگذار بود (**Gholami Golafshan & Yasari, 2012**).



شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثر نوع روش نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم *C. album*.

Figure 11. Comparison of the average effect of the type of sampling method on the accuracy of *C. album* density estimation. Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively. Bars indicate standard error of mean.

اثر سطوح نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم گونه ***C. album*** در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). جمعیت سلمه‌تره نه به‌طور تصادفی و نرمال بلکه به‌صورت لکه توزیع می‌شود (**Cardina *et al.*, 1995**). از این‌رو سطوح پایین نمونه در روش‌های مختلف نمونه‌برداری سبب برآورد بیش از تراکم واقعی این گونه شد و به‌ترتیب در سطوح **I** (با چهار نمونه در روش‌های تصادفی و قطری و پنج نمونه در روش زیگزاگ) و **II** (با هشت نمونه در روش‌های تصادفی و قطری و نه نمونه در روش زیگزاگ) خطای ۱/۵- و ۰/۷۴- را تحت سیستم‌های آبیاری مختلف نشان داد. با افزایش سطوح نمونه‌برداری میزان خطا در برآورد تراکم گونه ***C. album*** کاهش یافت؛ به‌طوری‌که کمترین خطا در سطوح **IV** (با ۱۶ نمونه در روش‌های تصادفی و قطری و ۱۷ نمونه در روش زیگزاگ)، **VI** (با ۲۴ نمونه در روش‌های تصادفی و قطری و ۲۵ نمونه در روش زیگزاگ) و **VII** (با ۲۸ نمونه در روش‌های تصادفی و قطری و ۲۹ نمونه در روش زیگزاگ) به‌ترتیب با ۰/۰۴، ۰/۰۲ و ۰/۰۶- مشاهده شد. افزایش نمونه ما را از پوشش بیشتر مزرعه مطمئن می‌کند. محققان گزارش کردند که روش نمونه‌برداری سیستماتیک از ۱۵ تا ۲۰ نمونه، روش مطلوبی برای نمونه‌گیری از علف‌های هرز است. لازم به ذکر است که برآورد بیش از تراکم واقعی گونه ***C. album*** در بالاترین سطح نمونه‌برداری نیز مشاهده شد؛ اما میزان خطا در مقایسه با سطوح پایین نمونه‌برداری ناچیز بود (شکل ۱۲).

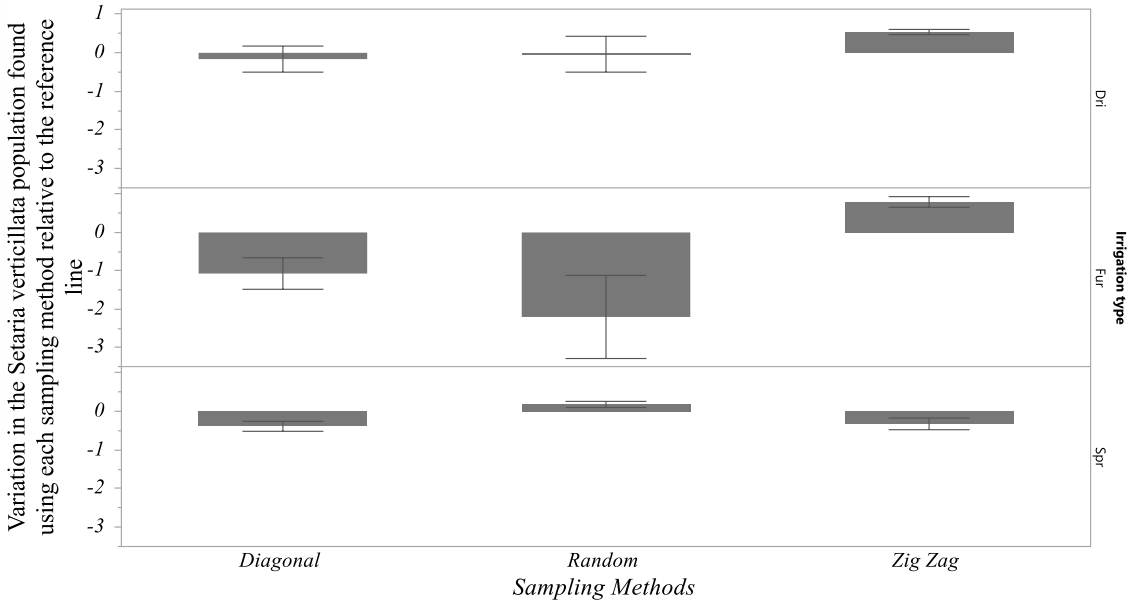


شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثر سطوح نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم *C. album*.

Figure 12. Comparison of the average effect of the sampling levels on the accuracy of *C. album* density estimation. Values greater (positive) and less (negative) than zero indicate a lower and greater estimate than the true value, respectively. Bars indicate standard error of mean.

برآورد تراکم گونه *Setaria verticillata*

دقت برآورد تراکم بوته گونه ***S. verticillata*** تحت تأثیر اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × روش نمونه‌برداری قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در سیستم آبیاری قطره‌ای، روش نمونه‌برداری زیگزاگ ضمن برآورد کمتر از تراکم واقعی گونه باریک‌برگ ***S. verticillata***، بیشترین خطا (۰/۵۳) را در برآورد تراکم این گونه نشان داد. روش‌های نمونه‌برداری تصادفی و قطری با توجه به نحوه پراکنش واحدهای نمونه‌برداری، برآورد بیشتر از تراکم واقعی این گونه را داشته و به‌ترتیب با خطای ۰/۰۳- و ۰/۱۶- با دقت بیشتری تراکم بوته گونه مذکور را برآورد کردند. هر سه روش نمونه‌برداری در سیستم آبیاری نشتی خطای بالایی را در برآورد تراکم بوته ***S. verticillata*** در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار داشتند. از این بین روش نمونه‌برداری زیگزاگ کمترین خطا (۰/۷۹) را در برآورد تراکم گونه مذکور دارا بود. روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک قطری و زیگزاگ در سیستم آبیاری بارانی، برآورد بیش از تراکم واقعی گونه ***S. verticillata*** را داشتند و به‌ترتیب خطای ۰/۳۸- و ۰/۳۲- را نشان دادند. روش نمونه‌برداری تصادفی در سیستم آبیاری بارانی کمترین خطا را در برآورد تراکم ***S. verticillata*** در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار دارا بود (شکل ۱۳).



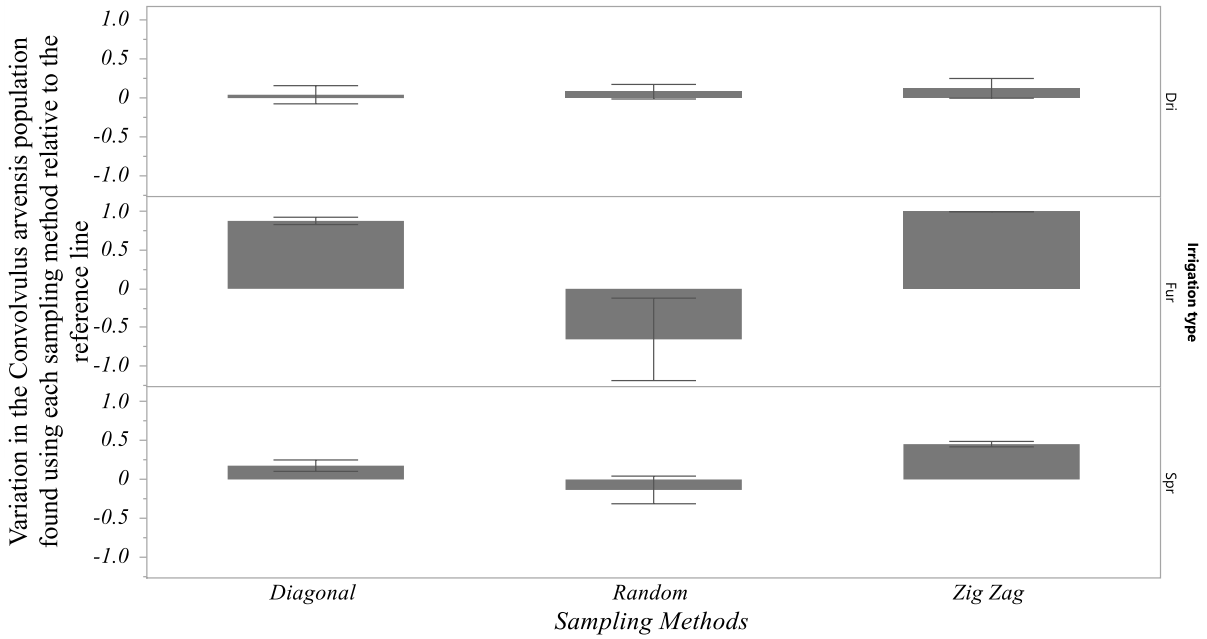
شکل ۱۳- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × روش نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم *S. verticillata*.

Figure 13. Comparison of the average interaction effect of type of irrigation system × sampling method on the accuracy of estimation of *S. verticillata* density.

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

برآورد تراکم گونه *Convolvulus arvensis*

اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × روش نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم بوته گونه ***C. arvensis*** در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در مورد گونه چندساله ***C. arvensis*** که ظهور بوته‌ها ناشی از ترکیب تکثیر جنسی و غیر جنسی می‌باشد، در سیستم آبیاری قطره‌ای هر سه روش نمونه‌برداری خطای کمی را در برآورد تراکم بوته این گونه در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار داشتند. روش نمونه‌برداری قطری با خطای ۰/۰۴ و روش نمونه‌برداری زیگزاگ با خطای ۰/۱۲ به‌ترتیب کمترین و بیشترین خطا را در برآورد تراکم بوته گونه مذکور در مزارع ذرت مورد مطالعه داشتند. در حالی‌که در سیستم آبیاری نشتی هر سه روش نمونه‌برداری در برآورد تراکم بوته گونه مذکور ضعیف عمل کرده و خطای بالایی را در مقایسه با روش شبکه‌بندی معیار داشتند؛ روش نمونه‌برداری تصادفی با خطای ۰/۶۵- خطای کمتری را در مقایسه با روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک دارا بود. روش‌های نمونه‌برداری تصادفی و قطری به‌ترتیب با خطای ۰/۱۳ و ۰/۱۷ در مقایسه با روش نمونه‌برداری شبکه‌بندی معیار، کمترین خطا را در سیستم آبیاری بارانی نشان دادند؛ درحالی‌که روش زیگزاگ در برآورد تراکم گونه ***C. arvensis*** در مزارع ذرت ضعیف عمل کرده و خطای ۰/۴۵ را دارا بود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سیستم آبیاری × روش نمونه‌برداری بر دقت برآورد تراکم *C. arvensis*.

Figure 14. Comparison of the average interaction effect of type of irrigation system × sampling method on the accuracy of estimation of *C. arvensis* density.

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

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، نتایج نمونه‌برداری از علف‌های هرز در مقیاس مزرعه‌ای نشان داد که افزایش سطوح نمونه‌برداری سبب افزایش دقت در برآورد تعداد گونه‌های علف‌های هرز شد. در روش‌های مختلف نمونه‌برداری، سطوح **V**، **VI** و **VII** به‌ترتیب با ۰/۳۱، ۰/۲۸ و ۰/۲۷ برآورد کمتر از تعداد واقعی گونه‌های علف‌های هرز، کمترین خطا را در برآورد غنای گونه‌ای جمعیت علف‌های هرز نشان داده و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. ازاین‌رو، سطح **V** نمونه‌برداری با تعداد ۲۰ نمونه در روش‌های تصادفی و قطری و ۲۱ نمونه در روش نمونه‌برداری زیگزاگ با دقت قابل قبولی تعداد گونه‌های علف‌های هرز را در سیستم‌های آبیاری مختلف برآورد کرد. در سطوح پایین نمونه‌برداری (۱۲-۸ نمونه) روش نمونه‌برداری تصادفی با خطای کمتری تراکم علف‌های هرز را برآورد کرد؛ درحالی‌که با افزایش سطوح نمونه‌برداری دقت روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک قطری و زیگزاگ نیز افزایش یافت و به‌ترتیب با ۲۰ و ۲۱ واحد نمونه‌برداری با دقت قابل قبولی تراکم گیاهچه‌های علف‌های هرز را برآورد کردند. میزان خطا در برآورد تراکم گونه ***C. album*** با افزایش سطوح نمونه‌برداری، کاهش یافت؛ به‌طوری‌که کمترین خطا در سطوح **IV** (با ۱۶ نمونه در روش‌های تصادفی و قطری و ۱۷ نمونه در روش زیگزاگ)، **VI** (با ۲۴ نمونه در روش‌های تصادفی و قطری و ۲۵ نمونه در روش زیگزاگ) و **VII** (با ۲۸ نمونه در روش‌های تصادفی و قطری و ۲۹ نمونه در روش زیگزاگ) به‌ترتیب با ۰/۰۴، ۰/۰۲ و ۰/۰۶- مشاهده شد. افزایش نمونه ما را از پوشش

بیشتر مزرعه مطمئن می‌کند. در سیستم آبیاری بارانی که الگوی خیس‌شدن خاک سطح کل مزرعه را در-برمی‌گیرد، روش‌های نمونه‌برداری قطری و تصادفی با خطای کمتری تراکم گیاهچه‌های گونه‌های ***A. blitoides*** ،***S. verticillata*** و ***C. arvensis*** را برآورد کردند. در سیستم آبیاری قطره‌ای که الگوی خیس‌شدن خاک محدودتر و در طول مزرعه بود، روش‌های نمونه‌برداری زیگزاگ، تصادفی و قطری به‌ترتیب با کمترین خطا تراکم گیاهچه‌های گونه‌های ***A. blitoides*** ،***S. verticillata*** و ***C. arvensis*** را برآورد کردند. با توجه به خصوصیات بیولوژیکی متفاوت علف‌های هرز، نوع عملیات مدیریتی مزرعه (همچون سیستم آبیاری) و هدف از مطالعات علف‌های هرز، انتخاب نوع روش نمونه‌برداری و تعداد نمونه بایستی صورت پذیرد تا نتایج قابل اعتمادی حاصل شود.

منابع

Barnett, D.T. and Stohlgren, T.J. 2003. A nested intensity design for surveying plant diversity. Biodivers. Conserv. J. 12(2): 255–278.

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

Cardina, J. Sparrow, D.H. and McCoy, E.L. 1995. 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), Coordinated by South Dakota State University (SDSU).

Clay, S.A. Kreutner, B. Clay, D.E. Reese, C. Kleinjan, J. and Forcella, F. 2006. Spatial distribution, temporal stability, and yield loss estimates for annual grasses and common ragweed (*Ambrosia artimisiifolia*) in a corn /soybean production field over nine years. Weed Sci. 54: 380-390.

Colbach, N. and Debaeke, P. 1998. Integrating crop management and crop rotation effects into models of weed population dynamics: A review. Weed Sci. 46: 717–728.

Colbach, N. Dessaint, F. and Forcella, F. 2000. Evaluating field-scale sampling methods for the estimation of mean plant densities of weeds. Weed Res. 40: 411-430.

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.

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.

Majrashi, A.A. 2022. Preliminary assessment of weed population in vegetable and fruit farms of Taif, Saudi Arabia. Brazilian J. of Biol. 82: 1-9.

Mcgarvey, R. Burch, P. and Matthews, M. 2016. Precision of systematic and random sampling in clustered populations: Habitat patches and aggregating organisms. Ecological Applications, 26(1): 233-248.

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. Agriculture Sci. 3(5): 631-639.

Wallinga, J. Grasman, J. Groeneveld, R.M.W. Kropff, M.J. and Lotz, L.A.P. 1999. Prediction of weed density: The increase of error with prediction interval, and the use of long-term prediction for weed management. J. Appl. Ecol. 36: 307–316.