

کارایی روش‌های مختلف نمونه‌برداری از جمعیت ملخ ایتالیایی *Calliptamus italicus* (Linnaeus, 1758) (Orthoptera: Acrididae)

منصور عالی پور^۱، شهزاد ایرانی پور^{۲*}، محمدحسین کاظمی^۱ و قدیر نوری قنبلانی^۳

۱- گروه گیاهپزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز.

۲- گروه گیاهپزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۳- گروه گیاهپزشکی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی.

*مسئول مکاتبه: shiranipour@tabrizu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۸/۷/۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۱۳

چکیده

یکی از مسائلی اساسی در بررسی جمعیت حشرات، انتخاب روش نمونه‌گیری مناسب می‌باشد. نمونه‌ی خوب باید دقیق، نا اریب و منطبق بر پارامتر جامعه باشد و روش نمونه‌گیری هزینه‌ی نمونه‌برداری را افزایش ندهد. بنابراین مقایسه‌ی کارایی نمونه‌گیری و هزینه و دقت خالص نسبی از اهم مسائلی نمونه‌برداری علمی می‌باشد. در این بررسی کارایی روش‌های مختلف نمونه‌برداری از جمعیت ملخ ایتالیایی *Calliptamus italicus* (Orthoptera: Acrididae) در مراتع منطقه‌ی خدا آفرین در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ مورد مطالعه قرار گرفت. نمونه‌گیری با سه اندازه‌ی مختلف کوادرات (۰/۶۴، ۱/۴۴ و ۴ متر مربع)، تور حشره‌گیری و روش علامتگذاری و شکار مجدد انجام گرفت. زمان نمونه‌برداری به‌عنوان شاخصی از هزینه ثبت شد. نتایج نشان داد که تخمین کوادرات‌های با اندازه‌های مختلف مشابه، ولی دقت خالص نسبی کوادرات بزرگ‌تر بیشتر بود. رابطه‌ی معنی‌داری بین تخمین تور حشره‌گیری با کوادرات‌ها مشاهده نشد، ولی هر یک دقیقه تور زدن معادل تقریبی ۲/۳۶ متر مربع نمونه‌گیری تعیین شد. بر این اساس تور حشره‌گیری روشی کم‌هزینه و غیر دقیق تعیین گردید که فقط می‌تواند به‌منظور نمونه‌برداری‌های فوری برای تصمیم‌گیری در مدیریت آفت به‌کار رود. روش علامتگذاری و شکار مجدد نیز نمی‌تواند برای تخمین جمعیت این حشره به‌کار رود.

واژه‌های کلیدی: انبوهی، تخمین مطلق، تخمین نسبی، دقت خالص نسبی، هزینه‌ی خالص نسبی

مقدمه

فرد و خواجه زاده ۲۰۰۱، محمدرضایی و مفیدی نیستانک ۱۳۹۰، حسینی و مفیدی نیستانک ۱۳۹۰). این ملخ‌ها به‌خاطر داشتن فاز مهاجری و قدرت پرواز زیاد قادرند مناطق وسیعی را تحت اشغال خود در آورند (Tanaka, 2005). بنابراین مطالعه‌ی جمعیت ملخ‌ها و تغییرات آن بسیار ضروری می‌نماید. نخستین موضوعی که در این راستا جلب نظر می‌نماید، نیاز به یک روش نمونه‌برداری دقیق چه برای بررسی دینامیسم جمعیت و چه تصمیم‌گیری برای اقدامات کنترلی می‌باشد. مطالعات زیادی در مورد نمونه‌برداری ملخ‌ها انجام نشده که به‌نظر می‌رسد دشواری‌های حاصل از انتشار وسیع، جابه‌جایی‌های زیاد ملخ‌ها و استقرار در مناطق صعب‌العبور و ناهموار به ویژه در منطقه‌ی مورد بررسی در این تحقیق، از موانع اصلی بوده است. در بررسی که در

ملخ‌ها از مهم‌ترین آفات مزارع و مراتع در سراسر دنیا، به‌شمار می‌آیند. در کشورهای آسیای میانه، خاور میانه و ایران با اقلیم خشک و معتدل، ملخ‌ها اهمیت بالایی دارند. بررسی‌های اخیر نشان داد که گونه‌ی غالب ملخ در منطقه‌ی خدا آفرین آذربایجان شرقی، ملخ ایتالیایی *Calliptamus italicus* (Linnaeus, 1758) است (عالی پور و همکاران ۱۳۹۳) که به همراه ملخ مراکشی *Dociostaurus marrocanus* (Thunberg, 1815) ملخ آسیایی *Locusta migratoria* L. و ملخ صحرائی *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) در زمره-ی مهم‌ترین گونه‌های جهان هستند که در ایران نیز فعالیت آن‌ها به‌طور گسترده ملاحظه می‌شود (آزمایش

(Pedigo and Buntin 1994, Southwood and Henderson 2000). بررسی‌های انجام گرفته برای تعیین بهترین روش نمونه‌گیری، بیشتر مربوط به حشرات و بندپایان دیگر از قبیل کنه‌ی دو لکه‌ای *Tetranychus urticae* Koch (احمدی و همکاران ۱۳۸۴)، زنجبرک مو *Arboridia kermanshah* Dlabola (لطیفیان و همکاران ۱۳۸۸) و تریپس غربی گل *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Palumbo 2003) بوده است و نگارندگان به موردی از بررسی‌های مشابه روی ملخ‌ها برخورد ننمودند. لذا در این بررسی بر آن شدند که با تعیین هزینه و دقت خالص نسبی روش‌های مختلف نمونه‌گیری (کوادرات‌های با اندازه‌ی مختلف)، کارآیی آن‌ها را برای مقاصد تحقیقاتی و مدیریت آفت مورد ارزیابی قرار دهند.

یکی دیگر از روش‌هایی که کارآیی خوبی در تحقیقات حشره‌شناسی دارد تورزنی می‌باشد که برای تصمیمات مدیریتی روشی سریع، کم هزینه و آسان است (Metcalf and Luchmann 1982). بنابراین بخش دیگری از اهداف این تحقیق، بر امکان به کارگیری این شیوه در تخمین انبوهی ملخ‌ها و برگردان آن به تخمین‌های مطلق متمرکز گردید.

در نهایت شیوه‌ی علامت‌گذاری و نمونه‌گیری مجدد نیز یک روش نمونه برداری دقیق و پر طرفدار می‌باشد که نخست برای جمعیت‌های بسته ابداع شد، ولی بعداً به جمعیت‌های غیر بسته نیز بسط داده شد. (Seber 1982, Lettink and Armstrong 2003). شرط‌های به کارگیری این روش، جمعیت‌های بسته، عدم آسیب رسان بودن روش علامت‌گذاری و عدم وقوع تلفات و تولد در بین دو نمونه‌گیری می‌باشد، اما بیلی (Bailey 1951, 1952) آن را برای جمعیت‌های باز بسط داد و کارایی و دقت آن را در تخمین جمعیت‌های با بزرگی مختلف ارزیابی نمود. در این تحقیق از این روش نیز برای تخمین جمعیت ملخ ایتالیایی در منطقه‌ی خدا آفرین استفاده شد و کارآیی آن برای جمعیت ملخ مذکور مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مکان و زمان نمونه برداری

مورد توزیع فضایی آفت در منطقه‌ی مذکور انجام شد، معلوم شد که آفت یک نسل در سال دارد که با تفریح تخم‌های زمستانگذران آغاز و با ظهور حشرات کامل بعد از نیمه‌ی تابستان و تخمگذاری آن‌ها خاتمه می‌یابد (ایرانی پور و همکاران ۱۳۹۶). ایشان نشان دادند که پوره‌های سن اول آفت که همزمان از تخم‌ها خارج می‌شوند توزیع کپه‌ای دارند و به تدریج با پیشرفت فصل و رشد ملخ‌ها رو به انتهای فصل و همراه با وقوع تلفات و کاهش تراکم آفت، از حالت تجمعی خارج شده و به حالت تصادفی نزدیک می‌شوند. در بررسی مشابهی در کشور چین (Ni et al., 2003, Ni 2005) افزایش تجمع با عبور از مرز پراکنش به سمت مرکز پراکنش مشاهده گردید. بررسی‌های انجام گرفته در فرانسه نیز موید نتایج کلی محققین مذکور بود (Badenhausser et al. 2007).

نمونه برداری هم در تحقیقات اکولوژیک و هم در IPM به‌عنوان ابزار جمع آوری اطلاعات پایه و ضروری محسوب می‌شود. در اکولوژی جمعیت داشتن اطلاعات در مورد تراکم جمعیت، پراکنش، بافت سنی، تولید مثل و مهاجرت برای درک دینامیسم جمعیت اساسی است و در IPM نیز اساس تصمیم‌گیری اطلاع از تغییرات جمعیت است. انجام یک نمونه‌گیری دقیق و علمی نیازمند یک برنامه‌ی نمونه برداری است. برنامه‌ی نمونه برداری، اصول علمی نمونه‌برداری برای به‌دست آوردن یک تخمین دقیق را تشکیل می‌دهد. مسایلی از قبیل اندازه‌ی واحد نمونه‌گیری، تعداد نمونه، توزیع مکانی نمونه‌ها و زمان نمونه‌گیری چارچوب یک برنامه‌ی نمونه‌گیری را تشکیل می‌دهد. در این رابطه، نخستین موضوع انتخاب واحد نمونه‌گیری مناسب می‌باشد. آماره‌های جمعیت (میانگین و واریانس) از بزرگی واحد نمونه‌گیری متاثر می‌شوند و از طرفی می‌توانند هزینه‌های نمونه‌گیری را تحت تاثیر قرار دهند. نمونه‌ی خوب نمونه‌ای است که ضمن برخورداری از دقت بالا، از هزینه‌ی کمتری برخوردار باشد. محقق تنها زمانی قادر خواهد بود بین نمونه‌های با بزرگی مختلف مقایسه به عمل آورد، که با واحدهای با بزرگی مختلف نمونه‌گیری نماید و هزینه و واریانس را بر مبنای مساحت یکسان محاسبه نماید

دارد، در زمان های نمونه برداری، تورزنی توسط یک فرد با شعاع ۱۸۰ درجه و مماس با پوشش گیاهی انجام گرفت. داده ها در محل نمونه برداری در جدول هایی به-تفکیک سنین، ثبت شدند. نظر به این که در مقایسه ی روش های نمونه برداری هزینه ی اجرای روش نمونه برداری نیز مطرح می باشد، مدت زمان تورزنی و شمارش ملخ داخل تور نیز به عنوان هزینه ی نمونه برداری در هر واحد نمونه برداری ثبت شد.

۳- شکار دوباره ی افراد علامت گذاری شده: مبنای اصلی این روش این است که نمونه برداری در یک محیط بسته انجام می گیرد و در مورد ملخ ایتالیایی در منطقه ی مورد بررسی این امر میسر نبود. بنا بر این، محدوده ی مورد نظر نمونه برداری، به مساحت ۲۰۰۰ متر مربع، توسط نوار رنگی علامت گذاری شد و از آنجایی که زمان کافی برای خروج و ورود افراد وجود نداشت، فرض شد که جابه جایی در جزء کوچکی از جمعیت انجام می گیرد. در نمونه برداری اول با انتخاب ۱۰ تور به عنوان یک واحد نمونه برداری، افراد شکار، علامت گذاری و همانجا رها شدند. علامت گذاری با استفاده از رنگ کردن با ماژیک انجام شد. در تمام نمونه برداری های مربوط به این روش، فاصله ی شکار دوباره ۲۴ ساعت پس از رهاسازی افراد علامت دار بود که نسبت افراد علامت دار به کل افراد شکار شده مشخص و میانگین در واحد سطح (متر مربع) با استفاده از رابطه ی لینکلن محاسبه شد (رجبی ۱۳۸۷):

$$\hat{N} = \frac{Mn}{m} \quad [1]$$

در این روش، M ، n و m به ترتیب تعداد افراد شکار شده در نمونه ی اول و دوم و جزء علامت دار در شکار دوم و \hat{N} تخمین جمعیت مطلق، می باشد.

در اولین نمونه برداری سال ۱۳۸۹ مجموعاً ۱۰ نمونه و در سایر نمونه برداری ها مجموعاً ۲۰ نمونه در هر نوبت برای تخمین به کار رفت. هر سال در دو تاریخ مختلف (پنج تیر و ۱۵ مرداد ۱۳۸۹، ۲۵ مرداد و ۱۳ شهریور ۱۳۹۰) ارزیابی انجام شد. لازم به توضیح است، نمونه برداری با سایر روش ها نیز در داخل محدوده ی مشخص شده انجام گرفت.

مطالعه ی جمعیت ملخ ایتالیایی طی سال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در یکی از اصلی ترین کانون های ملخ در منطقه ی خدا آفرین موسوم به ایری بوجاق، در پایلوتی به مساحت ۲۰۰۰ متر مربع انجام گرفت. نمونه برداری در تابستان هر سال در دو نوبت در تاریخ های مختلف انجام گردید.

روش های نمونه برداری و تخمین جمعیت

در این بررسی از روش های مختلف برای تخمین جمعیت ملخ ایتالیایی به شرح زیر استفاده شد:

۱- کوادرات با سطح معین: برای بررسی میزان کارایی اندازه های مختلف کوادرات در تعیین تراکم، نمونه برداری با سه اندازه ی متفاوت یعنی 0.8×0.8 ، $1/2 \times 1/2$ و 2×2 متر مربع انجام گرفت. برای این منظور زمین مذکور به ۲۰ واحد ۱۰۰ متر مربعی تقسیم و از هر کدام یک نمونه به طور تصادفی با هر یک از کوادرات ها گرفته شد و تمامی ملخ های موجود در محدوده ی داخلی آن شمارش گردید. جهت ممانعت از گریز ملخ ها، کوادرات ها مجهز به تور بودند. در این روش با توجه به این که در مقایسه ی روش های نمونه برداری هزینه ی اجرای روش نمونه برداری نیز مطرح می باشد، مدت زمان شمارش ملخ داخل هر یک از اندازه های کوادرات به عنوان هزینه ی نمونه برداری در هر واحد نمونه برداری ثبت شد.

۲- تور زدن: برای نمونه برداری با این روش، از یک تور حشره گیری با قطر دهانه ی ۳۰ سانتی متر و طول دسته ی یک متر استفاده شد. هر ۱۰ بار تورزنی به عنوان یک واحد نمونه برداری در نظر گرفته شد. با توجه به این که در نظر بود داده های این روش با روش های دیگر مقایسه شود، تورزنی در داخل منطقه ی نمونه برداری در یک قطعه به مساحت ۲۰۰۰ متر مربع که توسط یک نوار رنگی مشخص شده بود، مانند قبل و در امتداد مسیر حرکت فرد نمونه گیر با یک قدم فاصله در هر ضربه انجام گرفت. همچنین برای این که بتوان داده های این روش را با سایر روش های نمونه برداری مقایسه کرد، نمونه برداری با این روش همزمان با سایر روش های نمونه برداری انجام گرفت. از آنجایی که در روش تورزنی بیشترین امکان خطا در نحوه ی انجام کار وجود

فرض این تخمین بسته بودن جمعیت است که عملاً اگر جمعیت بسته نباشد و کاهش و افزایش بین دو نمونه-گیری اتفاق افتد، آنگاه روابط [۱] و [۵] به صورت روابط تغییر یافته‌ی بیلی (Bailey 1951, 1952) (روابط [۶] و [۷] زیر) برای یک جمعیت باز در می‌آید:

$$\hat{N} = \frac{M(n+1)}{(m+1)} \quad [۶]$$

$$\text{var}\hat{N} = \frac{M^2(n+1)(n-m)}{(m+1)^2(m+2)} \quad [۷]$$

برای برآورد حدود اطمینان میانگین یا حدود اطمینان تخمین، ابتدا ضریب تغییرات تخمین بر مبنای رابطه‌ی زیر برآورد شد:

$$\text{Est}(V) = \sqrt{\frac{1-p}{Np^2}} \quad [۸]$$

که در آن p جزء نمونه‌گیری شده است که بهترین تخمین نمونه‌ای آن $p = \frac{m}{M}$ می‌باشد که همان جزء علامت‌دار در نوبت دوم می‌باشد و N جمعیت مطلق واقعی است که مقدار دقیق آن در دست نیست، ولی \hat{N} تخمین آن با روش نمونه‌گیری مجدد می‌باشد. راف (Roff 1973) نشان داد که یک تخمین دقیق (با خطای مساوی یا کمتر از ۱۰٪ پیرامون میانگین) زمانی به دست می‌آید که رابطه‌ی زیر بین نسبت خطای قابل قبول ($e=0.1$) و ضریب تغییرات r برقرار باشد:

$$r \geq \frac{e}{2(1 \pm e)} \quad [۹]$$

که بر این اساس r باید بیش از ۰/۰۵ نباشد که برای نیل به این میزان دقت، لازم است در جمعیت‌های کوچک‌تر، جزء بزرگ‌تری از جمعیت نمونه‌برداری گردد. مثلاً برای جمعیتی به بزرگی ۵۰۰، باید ۵۷٪ جمعیت نمونه‌گیری شود و برای جمعیتی به بزرگی ۵۰۰۰ لازم است ۲۵٪ آن نمونه‌گیری شود تا $\text{Est}(V)$ یا r مساوی ۰/۰۵ بماند. در نهایت، حدود اطمینان برآورد با رابطه‌ی $\hat{N} \pm 2r\hat{N}$ به دست آمد.

بررسی میزان کارایی و دقت روش‌های نمونه برداری پارامترهای مورد استفاده در تحلیل داده‌های مربوط به نمونه‌برداری از سنین مختلف ملخ ایتالیایی با استفاده از روش کوادرات و روش تورزنی به شرح زیر محاسبه گردیدند:

$$S_{\bar{x}}(SE) = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad [۲]$$

$$RV = \frac{SE}{\bar{x}} \times 100 \quad [۳]$$

$$RNP = \frac{100}{(RV \times C)} \quad [۴]$$

در این روابط S انحراف معیار نمونه‌ها، \bar{x} میانگین نمونه، $S_{\bar{x}}$ خطای معیار میانگین، RV تغییرات نسبی، RNP دقت خالص نسبی^۲ و C هزینه‌ی نمونه‌برداری (زمان صرف شده برحسب نفر- دقیقه) می‌باشد. در مدیریت تلفیقی آفات اگر RV برابر با ۲۵ و یا نزدیک آن باشد، روش مناسب‌تری است (Todd et al. 1998). در مطالعات اکولوژیکی اگر RV برابر ۱۰ و یا کمتر از آن باشد روش نمونه‌برداری رضایت بخش تلقی می‌شود و از طرفی هرچه مقدار RNP بزرگ‌تر باشد از دیدگاه مطالعات اکولوژیکی نیز روش مناسب‌تری است (Willson 1991).

برای تخمین میانگین، واریانس، ضریب تغییرات و جزء نمونه‌گیری شده در روش علامت‌گذاری و شکار مجدد، از الگوریتم مورد استفاده‌ی راف (Roff 1973) بر مبنای محاسبه‌ی شاخص لینکلن یا پیترسان برای تخمین جمعیت مطلق و روش بیلی و روش تغییر یافته‌ی بیلی برای محاسبه‌ی واریانس آن استفاده شد. تخمین جمعیت مطلق، \hat{N} با استفاده از شاخص لینکلن یا پیترسان (معادله‌ی ۱) به دست می‌آید. واریانس این تخمین عبارت است از:

$$\text{var}\hat{N} = \frac{M^2n(n-m)}{m^2} \quad [۵]$$

^۱ Relative variation

^۲ Relative net precision

نتایج و بحث

تعیین میزان کارایی روش های نمونه برداری

به طوری که در جدول ۱ ملاحظه می شود، نتایج نمونه برداری با کوادرات تا حدودی از اندازهی کوادرات مورد استفاده متأثر می گردد. روند عمومی این تغییرات به نحوی بود که با افزایش اندازهی کوادرات، میانگین، واریانس (و در نتیجه SE) و زمان نمونه برداری افزایش، ولی RNP کاهش یافت. کمیت RV روند مشخصی نشان نداد، اما در کل در کوچکترین کوادرات همواره بیشتر بود. تغییرات این کمیت در نمونه های مختلف بین ۱۸ تا ۴۱٪ متغیر بود که جز در مورد کوچکترین اندازهی کوادرات، در بقیه، در محدودهی مورد قبول مدیریت آفات (۲۵٪) می باشد. باید توجه داشت که قضاوت در مورد ابعاد کوادرات تنها در صورتی مقرون به واقعیت است که تمام کوادرات ها بر مبنای سطح واحدی از زیستگاه تعریف شده باشند. به عبارتی مقایسهی کوادراتی که هر بار مساحت ۰/۶۴ متر مربع (۸×۸/۸ متر) را نمونه برداری می کند، مستقیماً قابل قیاس با کوادرات چهار متر مربعی (۲×۲ متر) نیست و باید هر دو بر حسب واحد معینی بیان شوند. Southwood and Henderson (2000) برگردان تمام واحدها را به کوچکترین واحد نمونه گیری پیشنهاد نموده اند، اما در این تحقیق تمام کوادرات ها بر مبنای واحد سطح (متر مربع) برگردان شد. این یکسان سازی نشان داد که کوادرات چهار متر مربعی هر چند به ازای یک واحد نمونه گیری موجب افزایش هزینه، میانگین و واریانس گردیده است، ولی به لحاظ مساحت نمونه برداری شده، موجب کاهش هزینه و افزایش دقت خالص نسبی (RNP) گردید و برآورد میانگین و واریانس با استفاده از کوادرات چهار متر مربعی در سال ۹۰ کمتر از دو کوادرات دیگر و در سال ۸۹ مشابه کوادرات ۰/۶۴ مترمربعی و کمتر از کوادرات دیگر بود. گفتنی است اختلاف بین هیچ یک از کوادرات ها از نظر برآورد میانگین انبوهی با یکدیگر معنی دار نبود (۰/۹۰۱، ۰/۲۹۲، ۰/۸۲۰، $F=1/574$ و $P=0/23$ ، ۰/۴۵، ۰/۷۵، ۰/۴۲) به ترتیب برای تاریخ های ۸۹/۴/۵، ۸۹/۵/۱۵، ۹۰/۵/۲۵ و ۹۰/۶/۱۳ با ۲۷،

$df=2$ در تمام موارد). مضافاً مقدار RNP نشان می دهد که هرچه کوادرات بزرگتر باشد دقت خالص نسبی بیشتر و در نتیجه هزینهی خالص نسبی که معکوس این کمیت است کمتر خواهد بود، لذا در انتخاب اندازهی مناسب بین کوادرات های مورد استفاده، کوادرات چهار متر مربعی مناسب ترین آن ها خواهد بود.

در تمام موارد نمونه برداری هایی با تور حشره گیری با زمان ثابت یک دقیقه نیز انجام شد که رابطهی مشخصی با شمارش های مطلق درون کوادرات بین آن ها مشهود نبود، لذا امکان برگردان این شمارش ها به واحد سطح و مقایسه با کوادرات های با اندازه های مختلف میسر نگردید. در این نمونه ها مقدار RV بین ۱۹ تا ۴۱ متغیر و قابل مقایسه با کوادرات های مختلف بود و RNP بیش از کوادرات ها (۲/۴ تا ۵/۲) بود که به دلیل نامشخص بودن سطح نمونه برداری شده قابل مقایسهی مستقیم با کوادرات ها نمی باشد. لازم به ذکر است که در سه مورد میانگین شمارش تور حشره گیری بیش از واحد سطح کوادرات ها و تنها در یک مورد کمتر بود و در صورت صرف نظر کردن از این مشاهده، رابطهی غیرمعنی داری بین شمارش کوادرات و تور حشره گیری وجود داشت، به طوری که هر یک دقیقه تور زدن تقریباً معادل ۲/۳۶ مترمربع نمونه برداری با کوادرات می باشد که در این صورت دقت خالص نسبی تور حشره گیری با ضریب ۲/۳۶ افزایش خواهد یافت که بیش از تمام کوادرات ها خواهد بود و چنین تفاوتی به خاطر کاهش قابل توجه هزینهی نمونه برداری حاصل می شود. بر این اساس، استفاده از تور حشره گیری برای نمونه برداری از جمعیت ملخ ایتالیایی قابل توصیه خواهد بود، ولی قبل از هرگونه توصیه ای بایستی مطالعات تکمیلی انجام شود تا رابطهی بین نمونه های مطلق و تور حشره گیری به طرز دقیق تری احراز گردد.

از جمله مطالعات انجام شده در این خصوص، بررسی تراکم جمعیت و الگوی توزیع فضایی کنه ی تارتن دو لکه ای *Tetranychus urticae* روی چهار رقم مختلف لوبیا در قزوین است که همانند تحقیق حاضر، کمیت RV جهت مقایسهی روش های مختلف نمونه برداری و انتخاب

جدول ۱- آماره‌های مربوط به مقایسه‌ی اندازه‌ی کوادرات در نمونه‌برداری از ملخ ایتالیایی در خدا آفرین*
 Table 1. Comparative statistics of samples taken from *Calliptamus italicus* by quadrats of different sizes in Khodafarin region
 Size of quadrat (اندازه کوادرات)

2m × 2m (متر ۲×۲)		1.2 m × 1.2 m (متر ۱/۲×۱/۲)		0.8 m × 0.8 m (متر ۰/۸×۰/۸)		Statistics (آماره)	Date (تاریخ)
m ⁻² (بر مترمربع)	per quadrat (بر کوادرات)	m ⁻² (بر مترمربع)	per quadrat (بر کوادرات)	m ⁻² (بر مترمربع)	per quadrat (بر کوادرات)		
0.6	2.4	0.97	1.4	0.63	0.4	\bar{X}	25 June 2010 (۱۲۸۹ تیر ۲۵)
						S ²	
0.45	7.16	0.34	0.71	0.65	0.27		
0.211	0.846	0.185	0.267	0.255	0.163	SE	
1.35	5.4	3.06	4.4	2.66	1.7	C (min)	
0.12-1.08	0.49-4.31	0.55-1.39	0.8-2	0.05-1.20	0.03-0.77	95% CI (دامنه اطمینان ۹۵٪)	
0.0-1.29	0-5.15	0.37-1.57	0.53-2.27	0.0-1.45	0.0-0.93	99% CI (دامنه اطمینان ۹۹٪)	
35.25	35.25	19.05	19.05	40.82	40.82	RV	
2.10	0.53	1.72	1.19	0.92	1.44	RNP	
1.13	4.5	1.39	2.0	1.09	0.7	\bar{X}	
						S ²	
0.41	6.5	1.18	2.44	1.11	0.46		
0.202	0.806	0.343	0.494	0.333	0.213	SE	
2.1	8.4	3.68	5.3	2.97	1.9	C (min)	
0.67-1.58	2.68-6.32	0.61-2.17	0.88-1.12	0.34-1.85	0.22-1.18	95% CI (دامنه اطمینان ۹۵٪)	
0.48-1.79	1.88-7.12	0.27-2.5	0.39-3.61	0.01-2.18	0.01-1.39	99% CI (دامنه اطمینان ۹۹٪)	
17.92	17.92	24.72	24.72	30.49	30.49	RV	
2.66	0.66	1.10	0.76	1.10	1.73	RNP	
1.1	4.4	1.81	2.6	1.56	1.0	\bar{X}	15 August 2011 (۱۳۹۰ مرداد ۱۵)
						S ²	
0.57	9.16	1.41	2.93	2.71	1.11		
0.239	0.957	0.376	0.542	0.521	0.333	SE	
1.85	7.4	4.09	5.9	3.75	2.4	C (min)	
0.56-1.64	2.24-6.56	0.95-2.66	1.37-3.83	0.38-2.74	0.25-1.75	95% CI (دامنه اطمینان ۹۵٪)	
0.32-1.88	1.29-7.51	0.58-3.03	0.84-4.36	0.0-3.25	0.0-2.08	99% CI (دامنه اطمینان ۹۹٪)	
21.75	21.75	20.83	20.83	33.33	33.33	RV	
2.49	0.62	1.17	0.81	0.8	1.25	RNP	
0.33	1.3	0.63	0.9	0.78	0.5	\bar{X}	
						S ²	
0.08	1.34	0.26	0.54	0.68	0.28		
0.092	0.367	0.162	0.233	0.260	0.167	SE	
1.03	4.1	2.71	3.9	2.97	1.9	C (min)	
0.12-0.53	0.47-2.13	0.26-0.99	0.37-1.43	0.19-1.37	0.12-0.88	95% CI (دامنه اطمینان ۹۵٪)	
0.03-0.62	0.11-2.49	0.10-1.15	0.14-1.66	0.0-1.63	0.0-1.04	99% CI (دامنه اطمینان ۹۹٪)	
28.21	28.21	25.93	25.93	33.33	33.33	RV	
3.46	0.86	1.42	0.99	1.01	1.58	RNP	

* در مواردی که حد پایین دامنه‌ی اطمینان ۹۹٪ عدد منفی به دست آمد، صفر به جای آن درج شد زیرا شمارش منفی مفهومی ندارد.

* Value of 0 was inserted instead negative lower confidence limit, because negative count is meaningless

نمی‌باشد و با توجه به تحرکات زیاد ملخ، فرض‌های این روش در عمل نقض می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که به‌طور تخمینی در چهار نمونه‌ی گرفته شده طی دو سال، حداقل ۵ و حداکثر ۲۰٪ جمعیت موجود نمونه‌گیری شده است که برای نیل به سطح خطای قابل قبول ۵٪ با توجه به انبوهی ملخ که بین ۲۵۰ تا ۲۰۰۰ متغیر بوده است، ناکافی به‌نظر می‌رسد. در عمل بایستی برای جمعیتی به بزرگی ۵۰۰ فرد که سه نمونه از چهار نمونه‌ی مورد بررسی را پوشش می‌دهد باید حداقل ۵۷٪ جمعیت کل نمونه‌گیری می‌شد که در این سه نمونه ۱۰ تا ۲۰٪ جمعیت نمونه‌گیری شده است و مشخص است که نمونه‌گیری ناکافی بوده است. در تنها نمونه‌ی باقی مانده نیز که تقریباً جمعیت ۲۰۰۰ است باید حداقل یک چهارم جمعیت نمونه‌گیری می‌شد تا به تخمین دقیق دست می‌یافتیم، اما در عمل تنها ۵٪ جمعیت کل مورد تخمین نمونه‌گیری شده است. به‌دلیل شرایط خاص به‌کارگیری این روش که بیشتر برای تخمین جمعیت در فضای بسته انجام می‌گیرد، بررسی چندانی در خصوص تخمین جمعیت به‌خصوص در مورد ملخ‌ها با استفاده از این روش انجام نشده است. از بررسی‌های صورت گرفته می‌توان به بررسی تغییرات جمعیت و تراکم *Rhyzopertha dominica* اشاره کرد که در ایالت کانزاس در مزرعه‌ای که عملیات کشاورزی در آن انجام نمی‌گرفت، در طول سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ میلادی انجام شد. در این بررسی نیز همانند بررسی حاضر، خطای برآورد بالا بود و تخمین حاصل $N=872$ بود که جمعیت واقعی را با ۶۰٪ خطا برآورد کرد (کمپبل و همکاران ۲۰۰۴). تخمین‌های جمعیت مطلق را باید تخمینی برای کل مساحت نمونه‌گیری شده دانست. با توجه به این‌که مساحت هر واحد ۲۰۰۰ مترمربع و تعداد آن‌ها در نمونه‌ی اول سال ۱۳۸۹ جمعاً ۱۰ واحد و در سایر تاریخ‌ها ۲۰ واحد بوده است، بنابراین در مجموع تخمین‌های حاصل، جمعیت مطلق را در ۲۰۰۰۰ و ۴۰۰۰۰ مترمربع برآورد نموده است و برای تبدیل شمارش‌های مطلق بر واحد سطح باید جمعیت مطلق را بر این مقادیر تقسیم کرد که در این‌صورت تخمین‌هایی بین ۰/۱ تا ۰/۵ بر متر مربع به‌دست خواهد آمد که به‌مراتب کمتر

مناسب‌ترین روش مورد استفاده قرار گرفت و بر این اساس، نمونه‌برداری به‌روش شستشوی اندام‌های گیاهی به‌عنوان روش مناسب توصیه شد (احمدی و همکاران ۱۳۸۴). همچنین در بررسی دیگری با محاسبه‌ی کمیت‌های مشابه (RV و RNP)، سه روش نمونه‌برداری در تخمین تراکم زنجربک مو شامل شمارش مستقیم، شستشوی برگ و دستگاه مکنده‌ی الکترونیکی کوچک برای نمونه‌برداری از جمعیت از دیدگاه‌های اکولوژیک و مدیریت تلفیقی آفات مقایسه شدند و روش شستشو با $RV=20/9$ و $RNP=7/49$ از دیدگاه مدیریت تلفیقی نسبت به دو روش دیگر روش مناسب‌تر بود. در این بررسی همچنین در تراکم‌های مختلف کارایی روش‌ها تحت تاثیر قرار گرفت که لزوم آزمودن شیوه‌های مختلف در انبوهی‌های مختلف را گوشزد می‌نماید (لطیفیان و همکاران ۱۳۸۸).

کمیت RV همچنین کارآیی خود را در مقایسه‌ی سه روش نمونه‌برداری مختلف از جمعیت تریپس غربی گل *Frankliniella occidentalis* (Pergande) روی گیاه کاهو در دانشگاه آریزونا نشان داد که در نهایت روش شمارش مستقیم با $RV \pm SE = 20/6 \pm 4/8$ انتخاب شد (Palumbo 2003). این بررسی‌ها نشان می‌دهند که کمیت‌های RV و RNP شاخص‌های مناسبی برای انتخاب دقیق‌ترین و کم هزینه‌ترین روش نمونه‌برداری یا واحدهای نمونه‌گیری با ابعاد مختلف می‌باشند و حتی برای مقایسه روش‌های مختلف در انبوهی‌های مختلف نیز کارآیی خود را نشان داده‌اند.

نتایج روش علامت‌گذاری و شکار دوباره‌ی افراد علامت‌دار، در جدول ۲ آورده شده است. تخمین جمعیت و محاسبه‌ی حدود اطمینان در تمام تاریخ‌های نمونه‌برداری، نشان می‌دهد که انحراف تخمین به‌غیر از نمونه‌برداری پنج تیر ۱۳۸۹ در محدوده‌ی $50 \pm \%$ از تخمین می‌باشد که براساس نظریه‌ی Robson and Regier (1964) در برنامه‌های مدیریت آفت قابل استناد است ولی برای بررسی‌های پژوهشی انحراف زیادی از مقدار واقعی جمعیت نشان می‌دهد و قابل استناد نیست. علت احتمالی آن این است که جمعیت مذکور در اصل بسته

مطلق مربوطه را به همین مساحت ها نسبت دهیم، این بار هم برآوردهایی خیلی بیشتر از کوادرات ها به دست خواهیم آورد (۱۰ تا ۲۰ برابر و در مواردی حتی بیشتر). این اختلافها بار دیگر ناکافی بودن تعداد نمونه و غیر معتبر بودن تخمینهای این روش را نشان می دهد. تخمین واقعی چیزی بین دو تخمین مذکور هست که در مواردی نیاز به نمونه ای تا ۵ بار بزرگتر خواهد داشت. در واقع بهتر بود در هر واحد به جای ۱۰ یا ۲۰ تور، دست کم ۵۰ تور زده می شد تا نمایندگی مناسبی از مساحت نمونه گیری شده باشد.

از تخمین کوادراتها خواهد بود (۲۰ تا ۵۰ برابر و در مواردی حتی کمتر). شاید یک علت تخمینهای غیرواقعی این باشد که ۱۰ چرخش تور حشره گیری جزء کوچکی از کل مساحت ۲۰۰۰ متر مربعی هر واحد را جاروب می نماید. قبلاً ملاحظه نمودیم که هر یک دقیقه تور زدن، به طور تخمینی ۲/۳۶ متر مربع را جاروب می کند. اگر فرض شود ۱۰ بار تور زدن در هر واحد چیزی حدود یک دقیقه وقت بگیرد، در این صورت، هر نمونه چیزی حدود یک تا دو هزارم مساحت مورد نظر را نمونه برداری نموده است (۲۳/۶ متر مربع در ۱۰ نمونه ی نوبت اول و ۴۷/۲ مترمربع در ۲۰ نمونه ی سایر تاریخها). اگر برآوردهای

جدول ۲ - آماره های مربوط به جمعیت کل، خطای معیار و جزء نمونه گیری شده (P) در روش شکار دوباره ی افراد علامت گذاری شده ی ملخ ایتالیایی در سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در منطقه ی خداآفرین

Table 2. Total population, standard error and sampling fraction of *Calliptamus italicus* sampled by method of recapturing of marked individuals in Khodafarin, in 2010, 2011

حداقل جمعیت با تخمین قابل قبول Minimum number of population for an acceptable estimation	Est(V)	P=m/M	$\bar{N} \pm 2r\bar{N}$		پارامترها Parameters	تاریخ نمونه برداری Sampling date
			جمعیت باز Open population	جمعیت بسته Closed population		
34496	0.593	0.102	212.33±312.28	245±290.72	49 M	25 June 2010 (۱۳۸۹/۴/۵)
					5 m	
					25 n	
15111	0.321	0.15	336±245.90	366.67±235.39	60 M	5 August 2010 (۱۳۸۹/۵/۱۵)
					9 m	
					55 n	
159900	0.451	0.049	1590.8±1973.07	1968±1773.93	82 M	15 August 2011 (۱۳۹۰/۵/۲۵)
					4 m	
					96 n	
8000	0.2	0.2	478.42±204.46	500±200	90 M	3 September 2011 (۱۳۹۰/۶/۱۳)
					18 m	
					100 n	

معنی داری در تخمین کوادراتهای با اندازه های مختلف ملاحظه نشد، ولی معلوم شد که از نظر دقت خالص نسبی کوادرات چهار متر مربعی دقیق ترین و کم هزینه ترین روشها است. ممکن است افزایش ابعاد کوادرات تغییراتی ایجاد نماید که با توجه به دشواری شمارش در کوادراتهای بزرگتر که مستلزم ورود به مساحت کوادرات است، توصیه نمی شود. تور حشره گیری روشی کم هزینه اما غیردقیق است، ولی باید اذعان داشت که بر

در نهایت، این بررسی به منظور نشان دادن کارایی روشهای مختلف نمونه برداری از جمعیت ملخ ایتالیایی انجام شد. قبل از انجام چنین پژوهشی تعیین روشهایی که کارایی مناسبی ندارند امکان پذیر نمی بود. در بین تمام روشهای نمونه گیری مورد استفاده در این بررسی، از آنجایی که تمام روشها از نظر زمانی و مکانی به صورت یکسان انجام شد، روش کوادرات دقیق ترین تخمینهای قابل قبول را ایجاد کرد و هر چند تفاوت

عبارت دیگر باید مشخص شود تخمینی که از جمعیت کل به دست آمده برای چه مساحتی است و ممکن است مساحتی که توسط محقق جدا شده و نمونه گیری می شود، عملاً متفاوت از چیزی باشد که نمونه گیری شده و این در جمعیت های باز شدیدتر است ولی در جمعیت بسته نیز حتماً باید توجه کرد که مساحت نمونه گیری شده نماینده ی تام مساحت زیستگاه باشد یا نسبت آن با مساحت زیستگاه مشخص باشد. ممکن است در عمل کسر کوچکی از مساحت کل نمونه گیری شده و مثلاً جمعیت کل به جای آن که نماینده ۲۰۰۰ متر مربع باشد، در عمل نماینده ی ۳۰۰ متر مربع باشد. در اینصورت تخمین مربوطه جمعیت کل را در ۳۰۰ متر مربع برآورد نموده است و محقق ممکن است آن را به کل مساحت ۲۰۰۰ مترمربع نسبت دهد.

اساس داده های موجود رابطه ی بین شمارش های این روش با تعداد بر واحد سطح مشخص نیست و باید نمونه برداری های گسترده تری برای کشف ارتباط بین آنها انجام گیرد (Dent 2000). در حال حاضر با توجه به کم هزینه بودن می تواند برای تخمین های سریع با هدف تصمیم گیری در مدیریت آفت مورد استفاده قرار گیرد، ولی برای مقاصد تحقیقاتی مناسب نیست و هنوز نیاز به بررسی های تکمیلی برای اظهار نظر قطعی وجود دارد. در نهایت، روش علامت گذاری و شکار مجدد نیز چشم انداز نوید بخشی برای این حشره نشان نمی دهد و لازم است برای این منظور تحقیقات گسترده تر با نمونه برداری های بزرگتر انجام شود و علی الخصوص باید رابطه ی بین بزرگی نمونه و مساحت نمونه گیری شده و اثر آن بر تخمین های جمعیت کل مشخص گردد. به

منابع

- احمدی م، فتحی پوری، و کمالی ک، ۱۳۸۴. تراکم جمعیت و الگوی توزیع فضایی کنه تارتن دو لکه ای *Tetranychus urticae* Koch روی ارقام مختلف لوبیا در منطقه تهران. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۶، شماره ۵، صفحه های ۱۰۸۷ تا ۱۰۹۲.
- ایرانی پور ش، عالی پور م، کاظمی م ح، و نوری قنبلانی ق، ۱۳۹۶. توزیع فضایی مراحل نابالغ و بالغ ملخ ایتالیایی *Calliptamus italicus* (Orthoptera: Acrididae) در منطقه خداآفرین آذربایجان شرقی. دانش گیاهپزشکی ایران، جلد ۴۸، شماره ۱، صفحه های ۲۹ تا ۴۲.
- حسینی س ع، و مفیدی نیستانک م، ۱۳۹۰. بررسی فونستیک و تاکسونومیک ملخ های استان کردستان. مجله ی حشره شناسی گیاهان زراعی، جلد اول، شماره ی ۳، صفحه های ۹ تا ۲۶.
- رجبی غ، ۱۳۸۷. اکولوژی حشرات (با توجه به شرایط ایران و با تأکید بر نکات کاربردی). انتشارات سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران. ۵۸۷ صفحه.
- عالی پور م، ایرانی پور ش، کاظمی م ح، نوری قنبلانی ق، و مفیدی نیستانک م، ۱۳۹۳. شناسایی گونه های ملخ در منطقه ی خداآفرین آذربایجان شرقی و تعیین گونه ی غالب در منطقه. نشریه ی حشره شناسی گیاهان زراعی، جلد ۴، شماره ۱، صفحه های ۳۷ تا ۴۷.
- لطیفیان م، سیدالاسلامی ح، و خواجه علی ج، ۱۳۸۸. مقایسه چند روش نمونه برداری در تخمین تراکم جمعیت زنجبرک مو *Arboridia kermanshah* Dlabola (Hem., Cicadellidae) فصلنامه تخصصی تحقیقات حشره شناسی، جلد ۱، شماره ۲، صفحه های ۹۵ تا ۱۰۸.
- محمدرضایی ر، و مفیدی نیستانک م، ۱۳۹۰. بررسی فونستیک ملخ های دامنه ی جنوبی البرز حد فاصل بوبین زهرا و تاکستان. مجله ی حشره شناسی گیاهان زراعی، جلد اول، شماره ی ۲، صفحه های ۱ تا ۱۴.
- Azmayeshfard P, and Khajezadeh Y, 2001. Investigation of *Locusta migratoria* in Khuzestan province. Proceedings of the 8th International Conference on Orthopteroid Insects, France, 100 pp.

- Badenhausser I, Amouroux P, and Bretagnolle V, 2007. Estimating acridid densities in grassland habitats: A comparison between presence-absence and abundance sampling designs. *Environmental Entomology* 36(6): 1494-1503.
- Bailey NJ, 1951. On estimating the size of mobile populations from recapture data. *Biometrika* 88: 293-306.
- Bailey NJ, 1952. Improvements in the interpretation of recapture data. *Journal of Animal Ecology*, No. 21: 120-127.
- Campbell JF, Chingoma GP, Toews MD, and Ramaswamy SB, 2004. Spatial distribution and movement patterns of stored-product insects. Pp. 361-369. Ninth Working Conference on Stored Product Protection. U.S. Department of Agriculture, USA.
- Dent D, 2000. *Insect Pest Management* (2nd ed.). Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Lettink M, and Armstrong DP, 2003. An introduction to using mark-recapture analysis for monitoring threatened species. Department of Conservation Technical Series 28A: 5-32.
- Metcalf RL, and Luckmann WH, 1982. *Introduction to Insect Pest Management*. John Wiley & Sons Inc.
- Ni S, 2005. Mapping and assessment of grasshopper habitats based on landsat tm imagery in the Qinghai lake region of China. *Journal of Environmental Sciences* 11(11): 211-215.
- Ni S, Lockwood A, Wei Y, Jiang J, Zha Y, and Zhang H, 2003. Spatial clustering of rangeland grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in the Qinghai Lake region of northwestern China. *Agriculture Ecosystems and Environment* 95(1): 61-68.
- Palumbo JC, 2003. Comparison of sampling methods for estimating western flower thrips abundance on lettuce. Arizona University, index at <http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1323>. [Accessed on 4 February 2012].
- Pedigo LP, and Buntin GD, 1994. *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture*. CRC Press.
- Robson DS, and Regier HA, 1964. Sample size in Peterson mark-recapture experiments. *Biometrics* 20(3): 215-226.
- Roff DA, 1973. On the accuracy of some mark-recapture estimators. *Oecologia* 12: 15-34.
- Seber GAF, 1982. *The estimation of animal abundance and related parameters* (2nd ed.). McMillan, New York.
- Southwood TRE, and Henderson PA, 2000. *Ecological Methods*, 3rd ed. Oxford: Blackwell Science.
- Tanaka S, 2005. Hormonal control of phase polyphenism in locusts. *Formosan Entomology* 25: 131-143.
- Todd AD, Pedigo LP, and Rice MR, 1998. Evaluation of Growers-oriented sampling techniques and proposal of a management program for potato leafhopper (Hom., Cicadellidae) in alfalfa. *Journal of Economic Entomology* 91(1): 143-149.
- Willson HR, 1991. Variability among field personnel in sampling potato leafhopper (Hom., Cicadellidae) populations in alfalfa. *Journal of Agricultural Entomology* 8(1): 71-76.

Efficacy of Different Sampling Methods of Italian Locust, *Calliptamus italicus* (Orthoptera: Acrididae)

M Aalipour¹, Sh Iranipour², MH Kazemi¹ and G Nouri Ganbalani³

¹Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

²Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

³Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

*Corresponding author: shiranipour@tabrizu.ac.ir

Received: 25 September 2019

Accepted: 3 March 2020

Abstract

Choosing a suitable sampling method is a crucial step in insect population studies. A good sample must be precise, unbiased and consistent to population parameter and meanwhile should not increase costs. Therefore comparison of different sampling methods in terms of relative net cost, and relative net precision (RNP) is the most important task of a scientific sampling. In this study, efficacy of different sampling methods of Italian locust, *Calliptamus italicus* L. (Orthoptera, Acrididae) was studied in pastures of Khodafarin region in 2010-2011. Quadrats of three sizes (0.64, 1.44 and 4 m²), a standard sweep net and mark-recapture methods were adopted for sampling. Costs were recorded as time consumed for sampling. Estimates by quadrats of different size were similar, while RNP was higher for 4m² quadrat. Sweeping for a minute provided a rough estimate of population size per 2.36 m². Sweep net was determined as a cost-effective, low precision method, which may be used only as a tool for quick decisions in IPM programs. Mark-recapture method is not consistent for population estimations of the Italian locust.

Keywords: Density, Absolute estimate, Relative estimate, Relative net precision, Relative net cost.