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 مسایل 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 مسایل نمونه‌برداری علمی می‌باشد. در این بررسی کارایی روش-های مختلف نمونه برداری 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 به-عنوان شاخصی از هزینه ثبت شد. نتایج نشان داد که تخمین کوادرات‌های با اندازه های 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 تصمیم گیری 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

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 صحرایی *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) در زمره-ی مهم‌ترین گونه‌های جهان هستند که در ایران نیز فعالیت آن‌ها به‌طور گسترده ملاحظه می‌شود (آزمایش 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 نمونه برداری ملخ‌ها انجام نشده که به-نظر می‌رسد دشواری‌های حاصل از انتشار وسیع، جابه-جایی‌های زیاد ملخ‌ها و استقرار در مناطق صعب العبور و ناهموار به ویژه در منطقه‌ی مورد بررسی در این تحقیق، از موانع اصلی بوده است. در بررسی که در

مورد توزیع فضایی آفت در منطقه‌ی مذکور انجام شد، معلوم شد که آفت یک نسل در سال دارد که با تفریخ 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 می-شوند توزیع کپه ای دارند و به‌تدریج 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 اکولژیک و هم در IPM به‌عنوان ابزار جمع آوری اطلاعات پایه و ضروری محسوب می‌شود. در اکولژی 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 نمونه گیری، تعداد نمونه، توزیع مکانی نمونه ها و زمان نمونه گیری 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 نمونه ای 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 نمونه گیری نماید و هزینه و واریانس را بر مبنای مساحت یکسان محاسبه نماید (Pedigo and Buntin 1994, Southwood and Henderson 2000). بررسی‌های انجام گرفته برای تعیین بهترین روش نمونه گیری، بیشتر مربوط به حشرات و بندپایان دیگر از قبیل کنه‌ی دو لکه ای *Tetranychus urticae* Koch (احمدی و همکاران ۱۳۸۴)، زنجرک 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 حشره شناسی 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 تخمین-های 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 بعدا به جمعیت‌های غیر بسته نیز بسط داده شد. (Seber 1982، Lettink and Armstrong 2003). شرط‌های به‌کار گیری 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

مطالعه‌ی جمعیت ملخ ایتالیایی طی سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در یکی از اصلی‌ترین کانون‌های ملخ در منطقه‌ی 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 تاریخ‌های مختلف انجام گردید.

روش‌های نمونه برداری و تخمین جمعیت

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

۱- **کوادرات با سطح معین**: برای بررسی میزان کارایی اندازه‌های مختلف کوادرات در تعیین تراکم، نمونه‌برداری با سه اندازه‌ی متفاوت یعنی ۰/۸× ۰/۸، ۱/۲ ×۲ /۱ و۲ × ۲ متر مربع انجام گرفت. برای این منظور زمین مذکور به ۲۰ واحد ۱۰۰ متر مربعی تقسیم و از هر کدام یک نمونه به‌طور تصادفی با هر یک از کوادرات ها گرفته شد و تمامی ملخ‌های موجود در محدوده‌ی داخلی آن شمارش گردید. جهت ممانعت از گریز ملخ‌ها، کوادرات‌ها مجهز به تور بودند. در این روش با توجه به این‌که در مقایسه‌ی روش‌های نمونه‌برداری هزینه‌ی اجرای روش نمونه-برداری نیز مطرح می‌باشد، مدت زمان شمارش ملخ داخل هر یک از اندازه‌های کوادرات به‌عنوان هزینه‌ی نمونه‌برداری در هر واحد نمونه‌برداری ثبت شد.

۲- **تور زدن**: برای نمونه‌برداری با این روش، از یک تور حشره گیری با قطر دهانه‌ی ۳۰ سانتی‌متر و طول دسته-ی یک متر استفاده شد. هر ۱۰ بار تورزنی به‌عنوان یک واحد نمونه‌برداری در نظر گرفته شد. با توجه به این‌که در نظر بود داده‌های این روش با روش‌های دیگر مقایسه شود، تورزنی در داخل منطقه‌ی نمونه‌برداری در یک قطعه به مساحت ۲۰۰۰ متر مربع که توسط یک نوار رنگی مشخص شده بود، مانند قبل و در امتداد مسیر حرکت فرد نمونه‌گیر با یک قدم فاصله در هر ضربه انجام گرفت. همچنین برای این‌که بتوان داده‌های این روش را با سایر روش‌های نمونه‌برداری مقایسه کرد، نمونه‌برداری با این روش همزمان با سایر روش‌های نمونه‌برداری انجام گرفت. از آنجایی که در روش تورزنی بیشترین امکان خطا در نحوه‌ی انجام کار وجود دارد، در زمان‌های نمونه برداری، تورزنی توسط یک فرد با شعاع ۱۸۰ درجه و مماس با پوشش گیاهی انجام گرفت. داده‌ها در محل نمونه‌برداری در جدول‌هایی به-تفکیک سنین، ثبت شدند. نظر به این‌که در مقایسه‌ی روش‌های نمونه‌برداری هزینه‌ی اجرای روش نمونه-برداری نیز مطرح می‌باشد، مدت زمان تورزنی و شمارش ملخ داخل تور نیز به‌عنوان هزینه‌ی نمونه-برداری در هر واحد نمونه‌برداری ثبت شد.

۳- **شکار دوباره‌ی افراد علامت‌گذاری شده**: مبنای اصلی این روش این‌است که نمونه‌برداری در یک محیط بسته انجام می‌گیرد و در مورد ملخ ایتالیایی در منطقه‌ی مورد بررسی این امر میسر نبود. بنا بر این، محدوده‌ی مورد نظر نمونه‌برداری، به مساحت ۲۰۰۰ متر مربع، توسط نوار رنگی علامت‌گذاری شد و از آنجایی که زمان کافی برای خروج و ورود افراد وجود نداشت، فرض شد که جابه‌جایی در جزء کوچکی از جمعیت انجام می‌گیرد. در نمونه‌برداری اول با انتخاب ۱۰ تور به‌عنوان یک واحد نمونه‌برداری، افراد شکار، علامت‌گذاری و همانجا رها شدند. علامت‌گذاری با استفاده از رنگ کردن با ماژیک انجام شد. در تمام نمونه‌برداری‌های مربوط به این روش، فاصله‌ی شکار دوباره ۲۴ ساعت پس از رهاسازی افراد علامت‌دار بود که نسبت افراد علامت‌دار به کل افراد شکار شده مشخص و میانگین در واحد سطح (متر مربع) با استفاده از رابطه‌ی لینکلن محاسبه شد (رجبی ۱۳۸۷):

$$\widehat{N} = \frac{Mn}{m} \quad [۱]$$

در این روش، M، n و m به‌ترتیب تعداد افراد شکار شده در نمونه‌ی اول و دوم و جزء علامت‌دار در شکار دوم و $\widehat{N}$ تخمین جمعیت مطلق، می‌باشد.

در اولین نمونه‌برداری سال ۱۳۸۹ مجموعاً ۱۰ نمونه و در سایر نمونه‌برداری‌ها مجموعاً ۲۰ نمونه در هر نوبت برای تخمین به‌کار 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 روش‌ها نیز در داخل محدوده‌ی مشخص شده انجام گرفت.

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[1]، RNP دقت خالص نسبی[2] 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 اکولژیکی اگر RV برابر ۱۰و یا کمتر از آن باشد روش نمونه‌برداری رضایت بخش تلقی می‌شود و از طرفی هرچه مقدار RNP بزرگ‌تر باشد از دیدگاه مطالعات اکولژیکی 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 پترسان (معادله‌ی ۱) به‌دست می‌آید. واریانس این تخمین عبارت است از:

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

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] به‌صورت روابط تغییر یافته‌ی بیلی (Bailey 1951, 1952) (روابط [۶] و [۷] زیر) برای یک جمعیت باز در می‌آید:

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

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

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

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

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 به‌دست می‌آید که رابطه‌ی زیر بین نسبت خطای قابل قبول (e=۰/۱) 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 نمونه گیری شود و برای جمعیتی به بزرگی ۵۰۰۰ لازم است ۲۵٪ آن نمونه‌گیری شود تا Est(V) یا r مساوی ۰/۰۵ بماند. در نهایت، حدود اطمینان برآورد با رابطه‌ی $\hat{N} \pm 2r\hat{N}$ به-دست آمد.

[1] Relative variation
[2] Relative net precision

نتایج و بحث

تعیین میزان کارایی روش‌های نمونه‌برداری

به‌طوری‌که در جدول۱ ملاحظه می‌شود، نتایج نمونه‌برداری با کوادرات تا حدودی از اندازه‌ی کوادرات مورد استفاده متأثر می‌گردد. روند عمومی این تغییرات به‌نحوی بود که با افزایش اندازه‌ی کوادرات، میانگین، واریانس (و درنتیجه SE) و زمان نمونه‌برداری افزایش، ولی RNP کاهش یافت. کمیت RV روند مشخصی نشان نداد، اما درکل در کوچک‌ترین کوادرات همواره بیشتر بود. تغییرات این کمیت در نمونه‌های مختلف بین ۱۸ تا ۴۱٪ متغیر بود که جز در مورد کوچک‌ترین اندازه‌ی کوادرات، در بقیه، در محدوده‌ی مورد قبول مدیریت آفات (۲۵٪) می‌باشد. باید توجه داشت که قضاوت درمورد ابعاد کوادرات تنها در صورتی مقرون به واقعیت است که تمام کوادرات‌ها برمبنای سطح واحدی از زیستگاه تعریف شده باشند. به‌عبارتی مقایسه‌ی کوادراتی که هربار مساحت ۰/۶۴ متر مربع (۰/۸×۰/۸متر) را نمونه‌برداری می‌کند، مستقیماً قابل قیاس با کوادرات چهار متر مربعی (۲×۲ متر) نیست و باید هر دو بر حسب واحد معینی بیان شوند. Southewood and Henderson (2000) برگردان تمام واحدها را به کوچک‌ترین واحد نمونه‌گیری پیشنهاد نموده اند، اما در این تحقیق تمام کوادرات‌ها بر مبنای واحد سطح (متر مربع) برگردان شد. این یکسان‌سازی نشان داد که کوادرات چهار متر مربعی هرچند به‌ازای یک واحد نمونه‌گیری 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 هیچ‌یک از کوادرات‌ها از نظر برآورد میانگین انبوهی با یک‌دیگر معنی‌دار نبود(۰/۹۰۱، ۰/۲۹۲، ۰/۸۲۰، F=۱/۵۷۴، و ۰/۴۲، ۰/۷۵، ۰/۴۵، P=۰/۲۳ به‌ترتیب برای تاریخ‌های ۸۹/۴/۵، ۸۹/۵/۱۵، ۹۰/۵/۲۵ و ۹۰/۶/۱۳، با ۲۷، df=۲ در تمام موارد). مضافاً مقدار RNP نشان می‌دهد 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 کوادرات‌های مورد استفاده، کوادرات چهار متر مربعی مناسب‌ترین آن‌ها خواهد بود.

در تمام موارد نمونه‌برداری‌هایی با تور حشره-گیری با زمان ثابت یک دقیقه نیز انجام شد که رابطه‌ی مشخصی با شمارش‌های مطلق درون کوادرات بین آن‌ها مشهود نبود، لذا امکان برگردان این شمارش‌ها به واحد سطح و مقایسه با کوادرات‌های با اندازه‌های مختلف میسر نگردید. در این نمونه‌ها مقدار RV بین ۱۹ تا ۴۱ متغیر و قابل مقایسه با کوادرات‌های مختلف بود و RNP بیش از کوادرات‌ها (۲/۴ تا ۵/۲) بود که به‌دلیل نامشخص بودن سطح نمونه‌برداری شده قابل مقایسه‌ی مستقیم با کوادرات‌ها نمی‌باشد. لازم به ذکر است که در سه مورد میانگین شمارش تور حشره‌گیری بیش از واحد سطح کوادرات‌ها و تنها در یک مورد کمتر بود و در صورت صرف‌نظر کردن از این مشاهده، رابطه‌ی غیرمعنی‌داری بین شمارش کوادرات و تورحشره‌گیری وجود داشت، به‌طوری‌که هر یک دقیقه تور زدن تقریباً معادل ۲/۳۶ مترمربع نمونه‌برداری با کوادرات می‌باشد که در این صورت دقت خالص نسبی تور حشره‌گیری با ضریب ۲/۳۶ افزایش خواهد یافت که بیش از تمام کوادرات‌ها خواهد بود و چنین تفاوتی به‌خاطر کاهش قابل توجه هزینه‌ی نمونه‌برداری حاصل می‌شود. بر این اساس، استفاده از تورحشره‌گیری برای نمونه‌برداری از جمعیت ملخ ایتالیایی قابل توصیه خواهد بود، ولی قبل از هرگونه توصیه‌ای بایستی مطالعات تکمیلی انجام شود تا رابطه‌ی بین نمونه‌های مطلق و تور حشره‌گیری به‌طرز دقیق‌تری احراز گردد.

از جمله مطالعات انجام شده در این خصوص، بررسی تراکم جمعیت و الگوی توزیع فضایی کنه‌ی تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae* روی چهار رقم مختلف لوبیا در قزوین است که همانند تحقیق حاضر، کمیت RV جهت مقایسه‌ی روش‌های مختلف نمونه‌برداری 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 (۲×۲ متر)		1.2 m × 1.2 m (۱/۲×۱/۲ متر)		0.8 m × 0.8 m (۰/۸×۰/۸ متر)		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	$\overline{X}$	25 June 2010 (۵ تیر ۱۳۸۹)
0.45	7.16	0.34	0.71	0.65	0.27	S^2	
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	$\overline{X}$	5 August 2010 (۱۵ مرداد ۱۳۸۹)
0.41	6.5	1.18	2.44	1.11	0.46	S^2	
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	$\overline{X}$	15 August 2011 (۲۵ مرداد ۱۳۹۰)
0.57	9.16	1.41	2.93	2.71	1.11	S^2	
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	$\overline{X}$	3 September 2011 (۱۲ شهریور ۱۳۸۹)
0.08	1.34	0.26	0.54	0.68	0.28	S^2	
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 مواردی‌که حد پایین دامنه‌ی اطمینان ۹۹٪ عدد منفی به‌دست آمد، صفر به‌جای آن درج شد زیرا شمارش منفی مفهومی ندارد.

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

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 کمیت-های مشابه (RV و RNP)، سه روش نمونه‌برداری در تخمین تراکم زنجرک مو شامل شمارش مستقیم، شستشوی برگ و دستگاه مکنده‌ی الکترونیکی کوچک برای نمونه‌برداری ازجمعیت از دیدگاه‌های اکولژیک و مدیریت تلفیقی آفات مقایسه شدند و روش شستشو با RV= ۲۰/۹ و RNP= ۷/۴۹ 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 انبوهی های مختلف را گوشزد می نماید (لطیفیان و همکاران ۱۳۸۸).

کمیت RV همچنین کارآیی خود را در مقایسه‌ی سه روش نمونه برداری مختلف از جمعیت تریپس غربی گل (Pergande) *Frankliniella occidentalis* روی گیاه کاهو در دانشگاه آریزونا نشان داد که در نهایت روش شمارش مستقیم با RV ± SE = ۲۰/۶ ۴± ۸/ انتخاب شد (Palumbo 2003). این بررسی‌ها نشان می-دهند که کمیت‌های RV وRNP شاخص‌های مناسبی برای انتخاب دقیق‌ترین و کم هزینه‌ترین روش نمونه-برداری یا واحدهای نمونه‌گیری با ابعاد مختلف می‌باشند و حتی برای مقایسه روش‌های مختلف در انبوهی‌های مختلف نیز کارآیی خود را نشان داده اند.

نتایج روش علامت‌گذاری و شکار دوباره‌ی افراد علامت‌دار، در جدول۲ آورده شده است. تخمین جمعیت و محاسبه‌ی حدود اطمینان در تمام تاریخ‌های نمونه-برداری، نشان می‌دهد که انحراف تخمین به‌غیر از نمونه-برداری پنج تیر ۱۳۸۹ در محدوده‌ی ٪ ۵۰± 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 نمی‌باشد و با توجه به تحرکات زیاد ملخ، فرض‌های این روش در عمل نقض می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که به-طور 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 نمونه-گیری ناکافی بوده است. در تنها نمونه‌ی باقی مانده نیز که تقریباً جمعیت ۲۰۰۰ است باید حداقل یک چهارم جمعیت نمونه گیری می‌شد تا به تخمین دقیق دست می-یافتیم، 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=۸۷۲ 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 تخمین های 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 ۰/۰۱ تا ۰/۰۵ بر متر مربع به‌دست خواهد آمد که به‌مراتب کمتر

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 می‌نماید. قبلاً ملاحظه نمودیم که هر یک دقیقه تور زدن، به‌طور تخمینی ۲/۳۶ متر مربع را جاروب می‌کند. اگر فرض شود ۱۰ بار تور زدن در هر واحد چیزی حدود یک دقیقه وقت بگیرد، در این‌صورت، هر نمونه چیزی حدود یک تا دو هزارم مساحت مورد نظر را نمونه‌برداری نموده است (۲۳/۶ متر مربع در ۱۰ نمونه‌ی نوبت اول و ۴۷/۲ مترمربع در ۲۰ نمونه‌ی سایر تاریخ‌ها). اگر برآوردهای مطلق مربوطه را به همین مساحت ها نسبت دهیم، این‌بار هم برآوردهایی خیلی بیشتر از کوادرات‌ها به‌دست 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 می‌دهد. تخمین واقعی چیزی بین دو تخمین مذکور هست که در مواردی نیاز به نمونه‌ای تا ۵ بار بزرگ‌تر خواهد داشت. در واقع بهتر بود در هر واحد به‌جای ۱۰ یا ۲۰ تور، دست کم ۵۰ تور زده می‌شد تا نماینده‌ی مناسبی از مساحت نمونه‌گیری شده باشد.

جدول۲ - آماره‌های مربوط به جمعیت کل، خطای معیار و جزء نمونه گیری شده (P) در روش شکار دوباره‌ی افراد علامت‌گذاری شده‌ی ملخ ایتالیایی در سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در منطقه‌ی 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

تاریخ نمونه برداری Sampling date	پارامترها Parameters		$\hat{N} \pm 2r\hat{N}$ جمعیت بسته Closed population	$\hat{N} \pm 2r\hat{N}$ جمعیت باز Open population	P=m/M	Est(V)	حداقل جمعیت با تخمین قابل قبول Minimum number of population for an acceptable estimation
25 June 2010 (۱۳۸۹/۴/۵)	49 5 25	M m n	245±290.72	212.33±312.28	0.102	0.593	34496
5 August 2010 (۱۳۸۹/۵/۱۵)	60 9 55	M m n	366.67±235.39	336±245.90	0.15	0.321	15111
15 August 2011 (۱۳۹۰/۵/۲۵)	82 4 96	M m n	1968±1773.93	1590.8±1973.07	0. 049	0.451	159900
3 September 2011 (۱۳۹۰/۶/۱۳)	90 18 100	M m n	500±200	478.42±204.46	0.2	0.2	8000

در نهایت، این بررسی به منظور نشان دادن کارآیی روش‌های مختلف نمونه برداری از جمعیت ملخ ایتالیایی انجام شد. قبل از انجام چنین پژوهشی تعیین روش‌هایی که کارآیی مناسبی ندارند امکان پذیر نمی‌بود. در بین تمام روش‌های نمونه‌گیری مورد استفاده در این بررسی، از آنجایی‌که تمام روش‌ها از نظر زمانی و مکانی به‌صورت یکسان انجام شد، روش کوادرات دقیق‌ترین تخمین‌های قابل قبول را ایجاد کرد و هر چند تفاوت معنی‌داری در تخمین کوادرات‌های با اندازه‌های مختلف ملاحظه نشد، ولی معلوم شد که از نظر دقت خالص نسبی کوادرات چهار متر مربعی دقیق‌ترین 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 نمی‌شود. تور حشره‌گیری روشی کم هزینه اما غیردقیق است، ولی باید اذعان داشت که بر

اساس داده‌های موجود رابطه‌ی بین شمارش‌های این روش با تعداد بر واحد سطح مشخص نیست و باید نمونه‌برداری‌های گسترده تری برای کشف ارتباط بین آن‌ها انجام گیرد (Dent 2000). در حال حاضر با توجه به کم هزینه بودن می‌تواند برای تخمین‌های سریع با هدف تصمیم‌گیری در مدیریت آفت مورد استفاده قرار گیرد، ولی برای مقاصد تحقیقاتی مناسب نیست و هنوز نیاز به بررسی‌های تکمیلی برای اظهار نظر قطعی وجود دارد. در نهایت، روش علامت‌گذاری و شکار مجدد نیز چشم انداز نوید بخشی برای این حشره نشان نمی‌دهد و لازم است برای این منظور تحقیقات گسترده تر با نمونه-برداری‌های بزرگ‌تر انجام شود و علی‌الخصوص باید رابطه‌ی بین بزرگی نمونه و مساحت نمونه‌گیری شده و اثر آن بر تخمین‌های جمعیت کل مشخص گردد. به عبارت دیگر باید مشخص شود تخمینی که از جمعیت کل به‌دست 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 نمونه‌گیری شده و این در جمعیت‌های باز شدیدتر است ولی در جمعیت بسته نیز حتماً باید توجه کرد که مساحت نمونه‌گیری شده نماینده‌ی 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 مثلا جمعیت کل به‌جای آن‌که نماینده ۲۰۰۰ متر مربع باشد، در عمل نماینده‌ی 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.

منابع

احمدی م، فتحی پور ی، و کمالی ک، ۱۳۸۴. تراکم جمعیت و الگوی توزیع فضایی کنه تارتن دو لکه‌ای *Tetranychus urticae* Koch روی ارقام مختلف لوبیا درمنطقه تهران. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۶، شماره ۵، صفحه‌های ۱۰۸۷ تا۱۰۹۲.

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 ۲۹تا۴۲.

حسینی س ع، و مفیدی نیستانک م، ۱۳۹۰. بررسی فونستیک و تاکسونومیک ملخ‌های استان کردستان. مجله‌ی 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 گونه‌های ملخ در منطقه‌ی خداآفرین آذربایجان‌شرقی و تعیین گونه‌ی غالب در منطقه. نشریه‌ی حشره‌شناسی 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 زنجرک 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 ملخ‌های دامنه‌ی جنوبی البرز حد فاصل بویین زهرا و تاکستان. مجله‌ی حشره شناسی گیاهان زراعی، جلد اول، شماره‌ی ۲، صفحه های ۱ تا ۱۴.

Azemayeshfard 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 habitate 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 Unite, Cornell University Journal 93(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 Aalipour[1], Sh Iranipour[2], MH Kazemi[1] and G Nouri Ganbalani[3]

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

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

[3]Department 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 m^2), 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 4m^2 quadrat. Sweeping for a minute provided a rough estimate of population size per 2.36 m^2. 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.