نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۷۰-۱۵۵

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 155-170

ارزیابی تغییرات طولانی‌مدت تنوع گونه‌های زراعی در بوم‌نظام‌های زراعی استان‌های خراسان شمالی، جنوبی و رضوی

مهدی نصیری محلاتی[۱]، علیرضا کوچکی[۱*]، آرش قلعه گلاب بهبهانی[۲]، آگرین داوری[۳] و سیدشهاب الدین معین‌الدینی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۲۹

نصیری محلاتی، م.، کوچکی، ع.، قلعه گلاب بهبهانی، آ.، داوری، آ.، و معین‌الدینی، س.ش. ۱۳۹۸. ارزیابی تغییرات طولانی مدت تنوع گونه‌های زراعی در بوم‌نظام‌های زراعی استان‌های خراسان شمالی، جنوبی و رضوی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱(۱):۱۷۰-۱۵۵.

چکیده

دو فاکتور مهم حفاظت از تنوع زیستی کمی‌سازی و پایش مداوم آن می‌باشد. در این راستا استفاده از شاخص‌های رایج تنوع زیستی مانند شاخص تنوع شانون و سیمپسون به تنهایی نمی‌تواند تغییرات ایجاد شده در تنوع زیستی را از تمامی جوانب بررسی نماید. به همین جهت استفاده همزمان از شاخص‌های رایج تنوع زیستی و شاخص‌های عدم دستخوردگی می‌تواند راه حلی مناسب برای شناخت دقیق‌تر این تغییرات در پراکنش جمعیتی گونه‌ها و یا تعداد گونه‌های حاضر درون یک بوم‌نظام باشد. هدف از انجام این مطالعه بررسی و ارزیابی طولانی‌مدت تنوع زیستی کشاورزی با استفاده از دو گروه شاخص رایج تنوع زیستی و عدم دستخوردگی در بوم‌نظام‌های زراعی سه استان خراسان شمالی، جنوبی و رضوی با استفاده از داده‌های طولانی‌مدت سطح زیر کشت شهرستان‌های استان در بازه زمانی ۱۹۸۳ الی ۲۰۰۸ میلادی (۱۳۶۲-۱۳۸۷) بود. نتایج حاصل از برآورد دو شاخص غنای گونه‌ای و شاخص تنوع شانون روند رو به رشد تنوع زیستی کشاورزی را در اکثر مناطق استان نشان داد، اگر چه شاخص تنوع شانون روند رو به کاهش را در برخی از شهرستان‌های این استان‌ها مانند تربت حیدریه، فاروج و جاجرم نشان داد و از سوی دیگر، نتایج حاصل از برآورد شاخص عدم دستخوردگی روند رو به کاهش را نسبت به پنج ساله مبنا (طی سال‌های ۱۹۸۳-۱۹۸۸ میلادی) نشان داد، از این نتایج استنباط می‌گردد که الگوی کشت گونه‌های زراعی در این مناطق تغییر یافته و برخی از گونه‌های بومی و قدیمی توسط گونه‌های جدیدالورود جایگزین شده‌اند و این امر سبب شده این گونه‌ها به عنوان گونه‌های فراموش شده معرفی گردند و با غالبیت گونه‌های جدید، بوم‌نظام‌های زراعی این مناطق به طور گسترده‌ای به سمت نظام‌های کشت فشرده در حال گذار می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: پایش، شاخص‌های رایج تنوع زیستی، شاخص‌های عدم دستخوردگی، کشاورزی فشرده

مقدمه

تنوع زیستی شبکه‌ای از همه موجودات زنده، اعم از گیاهی و جانوری است که قارچ‌ها و سایر جانداران تک‌سلولی را نیز در بر می‌گیرد، در حقیقت تنوع زیستی به تنوع حیات بر روی کره زمین و روابط متقابل میان موجودات زنده اشاره دارد (Long et al., 2000). تنوع‌زیستی کشاورزی زیرمجموعه‌ای از تنوع زیستی بوده و به آن بخش از تنوع اشاره دارد که توسط کشاورزان بکار گرفته شده و در نهایت منجر به تولید غذا می‌شود (Pimentel et al., 19992). تنوع زیستی کشاورزی در نتیجه اثرات متقابل بین منابع گیاهی و جانوری، محیط زنده و غیرزنده و مدیریت زراعی شکل می‌گیرد (Brookfield & Stocking, 1999) و شامل دامنه وسیعی از موجودات زنده در سطح و درون خاک از جمله آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز، گرده-افشان‌ها و نیز بعضی از موجودات کنترل‌کننده چرخه مواد غذایی است که می‌توانند برای کشاورزان مضر یا مفید باشند (Koocheki et al., 2004). کیریت (Kirit, 2008) گزارش کرد که تنوع زیستی کشاورزی اغلب به منابع ژنتیکی گیاهی قابل استفاده برای تولید غذا

۱ و ۲- به ترتیب استاد و دانش‌آموخته دکتری اگرواکولوژی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- پژوهشگر پسادکتری، آزمایشگاه تحقیقاتی حشره‌شناسی، گروه علوم خاک و گیاه، دانشگاه ورمونت، برلینگتون ورمونت، ایالات متحده
(*- نویسنده مسئول: Email:akooch@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v11i1.32433

گفته می‌شود که نتیجه سه فرآیند تکامل طبیعی، اهلی‌سازی و اصلاح گیاهان زراعی است.

تنوع زیستی کشاورزی دارای ابعاد زمانی و مکانی می‌باشد، در مورد گیاهان زراعی، تنوع مکانی می‌تواند معیاری از تنوع سطح زیر کشت گونه‌ها و ارقام مختلف گیاهی باشد و تنوع زمانی شاخصی از سرعت تغییر تنوع مکانی یا به عبارت دیگر، سرعت جایگزینی این گونه‌ها و ارقام با یکدیگر می‌باشد (Bajwa, 1995). در قرون گذشته، بوم‌نظام‌های کشاورزی بر پایه نظام‌های متنوعی از گونه‌های زراعی و توده‌های بومی استوار بودند، با تک کشتی شدن نظام‌های زراعی در سطوح وسیع، ورود مکانیزاسیون به بخش کشاورزی و اصلاح گیاهان، تنوع در بوم‌نظام‌های کشاورزی به ویژه طی ۱۰۰ سال اخیر از روند سریع و رو به کاهش، برخوردار گشته است (Finickh & Machan, 2002; Vandermeer et al., 1998). فشرده‌سازی در ابعاد مکانی و زمانی و استفاده بی‌رویه از نهاده‌های برون مزرعه‌ای موجب ایجاد بوم‌نظام‌هایی با تنوع کمتر و ریسک‌پذیری بالاتر شده است (Smith et al., 2008). از آنجا که نقش اکولوژیک تنوع در بوم‌نظام‌های زراعی چیزی فراتر از تولید مواد غذایی است و اثرات مثبتی از جمله حفظ چرخه مواد غذایی، کنترل مؤثر علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها و مقاومت بیشتر در برابر شرایط متغیر محیطی را نیز در بر می‌گیرد، تلاش برای حفظ و افزایش تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی می‌تواند توازنی میان تولید مواد غذایی و دیگر خدمات این بوم‌نظام‌ها ایجاد کند (Jackson et al., 2007). در واقع، می‌توان بیان نمود که تمامی بوم‌نظام‌ها و جوامع انسانی به محیطی بارور، سالم و در برگیرنده گونه‌های متنوع گیاهی و جانوری وابسته هستند و بقای بوم‌نظام‌های طبیعی بدون وجود تنوع امکان‌پذیر نخواهد بود (Pimentel et al., 1997). برخی مطالعات انجام شده در این رابطه نشان می‌دهد که افزایش تنوع زیستی کشاورزی موجب کاهش معنی‌دار واریانس عملکرد در طول زمان می‌گردد (Di Falco et al., 2003; Smale et al., 1998; Di Falco & Chavaz, 2008; Di Falco et al., 2003; Omer et al., 2007) و این نکته را نباید فراموش کرد که لازمه دستیابی به یک نظام پایدار، ثبات و پایداری عملکرد در طولانی‌مدت است و نه افزایش عملکرد در یک بازه زمانی محدود (Loreau et al., 2002).

با توجه به آنچه گفته شد و اهمیت تنوع زیستی در نظام‌های کشاورزی و ضرورت حفاظت از آن و همچنین گسترش و رشد تحقیقات در این زمینه، به نظر می‌رسد که راه‌اندازی و مطالعه یک نظام پایش مداوم در مناطق مختلف و همچنین انجام مقایسات صحیح در ابعاد زمانی و مکانی امری اجتناب‌ناپذیر است (Smith et al., 2004). در این راستا، هدف از انجام این مطالعه ارزیابی روند تغییرات تنوع گونه‌های زراعی با استفاده از شاخص‌های متنوع زیستی در فاصله زمانی ۱۹۸۳ الی با ۲۰۰۸ میلادی با استناد به اطلاعات رسمی منتشر شده توسط سازمان جهاد کشاورزی استان‌های خراسان رضوی، جنوبی و شمالی بود. همچنین معرفی دو گروه جدید از شاخص‌های تنوع زیستی به عنوان روش‌هایی مناسب در کمی‌سازی تغییرات تنوع زیستی در بخش کشاورزی یکی دیگر از اهداف این پژوهش بود.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی تغییرات تنوع زیستی گونه‌های زراعی در سه استان خراسان رضوی، شمالی و جنوبی، از داده‌های سطح زیرکشت محصولات کشاورزی برخی از شهرستان‌های این سه استان منتشر شده توسط جهاد کشاورزی استان، استفاده گردید. جهت کمی‌سازی تنوع زیستی گونه‌های زراعی در محدوده مورد مطالعه، سه دسته کلی از شاخص‌های تنوع زیستی کشاورزی برای هر شهرستان در بازه زمانی ذکر شده برآورد گردید و با استفاده از رگرسیون، مدل خطی روند زمانی تغییرات هر یک از این شاخص‌ها برازش داده شد.

الف. شاخص‌های تنوع زیستی نظام‌های سنتی یا رایج (Eric et al., 2009)

شاخص‌هایی که تحت عنوان شاخص‌های سنتی یا رایج در این مطالعه از آنها یاد می‌شود، عبارتند از: شاخص‌های اصلی که در اکثر مطالعات مربوط به تنوع‌زیستی در بخش کشاورزی به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱-شاخص غنای گونه‌ای[1]: این شاخص ساده بیان‌کننده تعداد گونه‌های موجود در یک بوم‌نظام می‌باشد و چون در این مطالعه هدف ارزیابی تنوع زیستی گونه‌های زراعی بود، مقدار عددی این شاخص بیان‌کننده تعداد کل گونه‌های زراعی موجود در بوم‌نظام‌های کشاورزی استان خراسان است.

۲-شاخص شانون[2] (Margalef, 1958): با استفاده از معادله (۱) برآورد گردید:

$$H' = -\sum_i p_i \log(p_i)$$

معادله (۱)

که در این معادله، Pi: احتمال تعلق یک فرد به گونه ni می‌باشد.

ب. شاخص‌های تنوع زیستی بر مبنای نسبیت (Eric et al., 2009)

گروه دوم از شاخص‌های تنوع زیستی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند و به عنوان شاخص‌های نوین تنوع زیستی قلمداد

1- Species richness index
2- Shannon index

می‌شوند، شاخص‌های عدم دستخوردگی بر مبنای احتمال وقوع یا نسبیت[1] بودند. مبنای برآورد این شاخص‌ها بر اساس نسبت فراوانی گونه‌های زراعی در زمان مبنا[2] (R) و اختلاف آن با زمان مورد نظر[3] (مشاهده شده) (O) می‌باشد. در بررسی این گروه از شاخص‌ها، زمان مبنا زمانی قلمداد می‌گردد که در آن زمان کمترین سطح دستخوردگی نسبت به شرایط گذشته بر قرار باشد. با توجه به اینکه این مطالعه در سطح بوم‌نظام‌های زراعی انجام شد، زمان مبنا میانگین نسبت سطح زیر کشت گونه‌های زراعی مورد نظر در بازه زمانی ۱۹۸۳ الی ۱۹۸۷ میلادی (این بازه زمانی مربوط است اولین سال‌هایی که داده‌های آنها به طور رسمی منتشر شده و سال‌هایی که کشور درگیر جنگ تحمیلی بوده و فعالیت‌های چندانی در بخش‌های اصلاحی و مدیریتی در کشاورزی به شکل سازمان یافته صورت نگرفته است) و زمان مشاهده شده، چهار بازه زمانی پنج ساله از سال‌های ۱۹۸۸ الی ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ الی ۱۹۹۷، ۱۹۹۸ الی ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ الی ۲۰۰۸ میلادی در نظر گرفته شد. تغییرات عددی تمام شاخص‌های عدم دستخوردگی بر مبنای نسبیت بین ۰ تا ۱۰۰ همگن شده‌اند که عدد ۱۰۰ نشان‌دهنده وضعیت مطلوب و عدم تغییر است و عدد صفر نشان‌دهنده تخریب کامل در بوم‌نظام زراعی می‌باشد. شکل ۱ تغییرات این شاخص‌ها را در حالتی که فراوانی نسبی ۰/۵ برابر با ۱۰۰ درصد است را برای یک گونه نشان می‌دهد.

شاخص‌های عدم تغییر یافتگی بر مبنای نسبیت عبارتند از:

۱- شاخص نسبیت نیلسن[4] (Nielsen et al., 2007): این شاخص که با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید:

$$\text{Nielsen-OI} = \frac{1}{s}\sum_{i}\left\{100 - \left[\frac{|O_i - R_i|}{R_i} \times 100\right]\right\} \quad \text{معادله (۲)}$$

که در این معادله، O_i برابر با نسبت فراوانی گونه iم در زمان مورد نظر مطالعه می‌باشد و R_i: نسبت سطح زیر کشت گونه iم در زمان مبنا است. از این معادله زمانی استفاده می‌شود که (Oi>Ri) باشد و زمانی که (Ri>Oi) باشد، این معادله به صورت زیر تغییر می‌نماید:

$$\text{Nielsen-OI} = \frac{1}{s}\sum_{i}[100 - (|O_i - R_i| \times 100)] \quad \text{معادله (۳)}$$

مقدار عددی این شاخص در دو حالت به سمت صفر میل پیدا می‌کند: الف- زمانی که نسبت سطح زیر کشت یک گونه به شدت کاهش یابد و ب- در شرایطی که سطح زیر کشت گونه‌ای از مقدار نرمال فراتر رود.

۲- شاخص نسبیت هندسی باکلند[5] (Buckland et al., 2005): این شاخص از طریق معادله (۴) محاسبه شد:

$$\text{BuckGeo-OI} = \left[\exp\left(\frac{1}{s}\sum_{i}\log\left(\frac{O_i}{R_i}\right)\right)\right] \times 100 \quad \text{معادله (۴)}$$

که در این معادله، Oi: سهم گونه iم در زمان مورد نظر مطالعه بوده و Ri: سهم گونه iم درزمان مبنا می‌باشد. مقدار این شاخص زمانی که جمعیت یک گونه از حد مورد انتظار در یک محدوده مشخص فراتر رود بیشتر از ۱۰۰ خواهد شد. برای اینکه مقدار این شاخص مانند سایر شاخص‌های مورد بررسی در این مطالعه بین ۰ تا ۱۰۰ تغییر نماید اریک و همکاران (Eric et al., 2009) در سال ۲۰۰۹ میلادی پیشنهاد کردند که جای صورت و مخرج کسر در این معادله در حالتی که مقدار Oi>Ri باشد عوض شود تا مقدار عددی این شاخص بین صفر (تخریب کامل) و ۱۰۰ (عدم دستخوردگی) باقی بماند.

۳- شاخص احتمال وقوع حسابی باکلند[6]: که بر اساس معادله (۵) قابل برآورد می‌باشد:

$$\text{BuckArith-OI} = \frac{1}{s}\sum_{i}\left(\frac{O_i}{R_i}\right) \times 100 \quad \text{معادله (۵)}$$

در این شاخص نیز مانند شاخص احتمال وقوع هندسی باکلند زمانی که Oi>Ri باشد جای صورت و مخرج کسر عوض خواهد شد.

شاخص‌های تنوع زیستی بر مبنای فراوانی (Eric et al., 2009): گروه سوم از شاخص‌هایی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند عبارتند از: شاخص‌های عدم دستخوردگی بر مبنای فراوانی[7]. مبنای برآورد این گروه از شاخص‌ها اختلاف ایجاد شده بین فراوانی گونه‌ها یا سطح زیر کشت گونه‌های مختلف زراعی، در دو بازه زمانی بود که یکی زمان مبنا و دیگری زمان مورد نظر یا زمان انجام مطالعه در نظر گرفته شد. مقدار عددی تمام شاخص‌های عدم دستخوردگی بر مبنای فراوانی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند، بین صفر (کاملاً تخریب شده) و ۱۰۰ (عدم دستخوردگی) تغییر می‌یابند. اولین شاخصی که از این گروه مورد استفاده قرار گرفت عبارتست از:

۱- شاخص فراوانی نیلسن (Nielsen et al., 2007): مقدار این شاخص بر اساس معادله (۶) برآورد گردید:

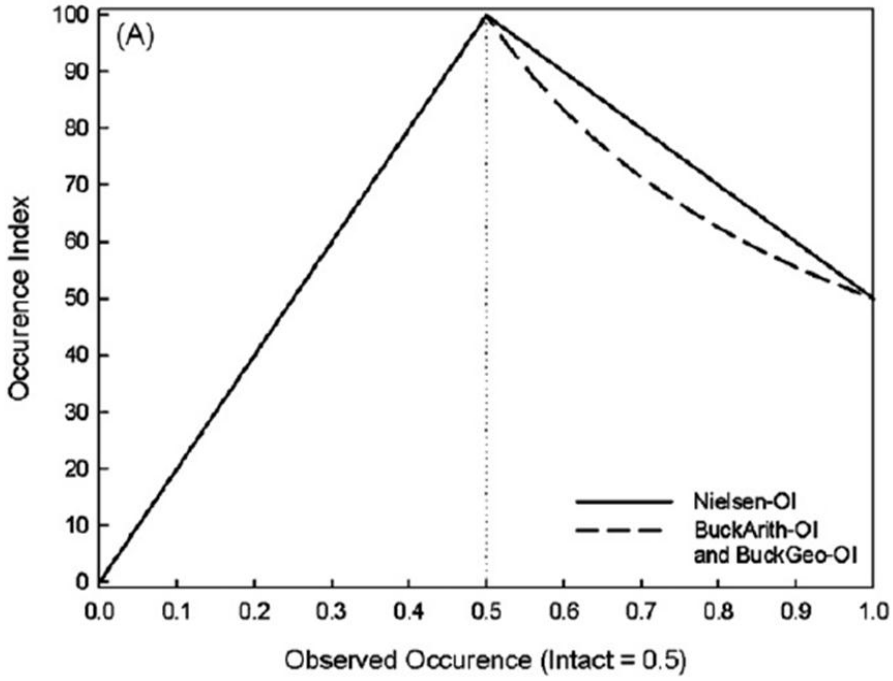
1- Species intactness indices based on occurrence
2- Reference diversity
3- Observed diversity
4- Nielsen occurrence index (NOI)

5- Buckland geometric occurrence index (BGOI)
6- Buckland arithmetic occurrence index (BAOI)
7- Species intactness indices based on abundance

معادله (۶)

$$\text{Nielsen-Abund} = \frac{1}{s}\sum_{i}\left\{100 - \left[\left(\frac{|(A_i+0.5)^{0.5} - (E_i+0.5)^{0.5}|}{(E_i+0.5)^{0.5}}\right) \times 100\right]\right\}$$

که در این معادله، Ai: فراوانی مشاهده شده گونه iم در زمان مورد نظر در مطالعه بود و Ei: نیز فراوانی گونه iم در زمان مبنا یا پایه می‌باشد.



شکل ۱- توزیع شاخص‌های عدم دستخوردگی بر مبنای احتمال وقوع

Fig. 1- Distribution of intactness indices based on occurrence

۲- شاخص فراوانی بیشینه نیلسن[1]: شاخص فراوانی نیلسن دارای یک ایراد می‌باشد که همین امر باعث شد که شاخص فراوانی بیشینه نیلسن معرفی شود. زمانی که مقدار عددی جذر (Ai+0.5) بیش از دو برابر (Ei+0.5) باشد مقدار شاخص فراوانی نیلسن منفی محاسبه خواهد شد، جهت مرتفع ساختن این مشکل، لمب و همکاران (Eric et al., 2009) پیشنهاد دادند که این شاخص به شکل زیر تغییر نماید:

که در این معادله، بزرگترین مقدار عددی Ai که در این شرایط بزرگتر از Ei است را در مخرج کسر جایگزین Ei می‌نماییم.

معادله (۷)

$$\text{Nielsen-Max-Abund} = \frac{1}{s}\sum_{i}\left\{100 - \left[\left(\frac{|(A_i+0.5)^{0.5} - (E_i+0.5)^{0.5}|}{(\max(A_i,E_i)+0.5)^{0.5}}\right) \times 100\right]\right\}$$

دو شاخص دیگری که از این گروه در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند عبارتند از :

۳- شاخص فراوانی هندسی باکلند[2]

۴- شاخص فراوانی حسابی باکلند[3]

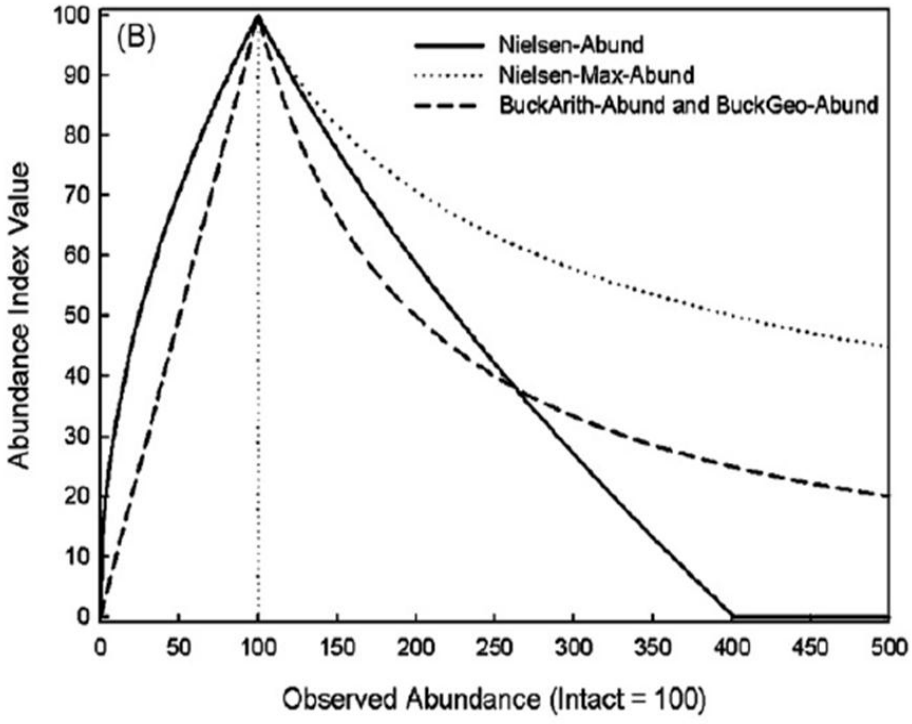
که این دو شاخص توسط باکلند و همکاران (Buckland et al., 2005) جهت ارزیابی تغییرات تنوع زیستی مطرح شدند (Eric et al., 2009). روش برآورد آنها مانند شاخص‌های نسبیت باکلند است، با این تفاوت که در معادله مربوط به این شاخص‌ها به جای نسبت فراوانی یک گونه به کل جمعیت، فراوانی یک گونه یا سطح زیر کشت یک محصول در معادله قرار گرفت.

در شکل ۲ می‌توان توزیع مربوط به شاخص‌های عدم دستخوردگی بر مبنای فراوانی را مشاهده نمود، که در این شکل فراوانی ۱۰۰ از یک گونه برابر با عدم دستخوردگی در نظر گرفته شده است.

یکی از ملزومات استفاده از شاخص‌های تغییر یافتگی مقایسه تنوع در زمان مورد نظر با زمان مبنا است که زمان مبنا زمانی به زمانی اتلاق می‌گردد که بوم‌نظام کمترین میزان دستخوردگی را داشته باشد (Eric et al., 2009)، به همین دلیل در این مطالعه برای شهرستان‌هایی که داده‌های سطح زیر کشت محصولات زراعی در زمان مبنا وجود نداشت، شاخص‌های دستخوردگی محاسبه نشد و تنها

1- Nielsen maximum abundance index (NMAI)
2- Buckland geometric index (BGI)
3- Buckland arithmetic index (BAI)

از شاخص‌های رایج تنوع زیستی جهت کمی‌سازی تغییرات زمانی تنوع گونه‌های زراعی استفاده شد.



شکل ۲- توزیع شاخص‌های عدم دستخوردگی بر مبنای فراوانی
Fig. 2- Distribution of intactness indices based on abundance

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات سطح زیر کشت محصولات زراعی در ۱۴ شهرستان واقع در سه استان خراسان شمالی، جنوبی و رضوی نشان داد که مساحت اراضی زراعی در اکثر شهرستان‌های این سه استان به شدت در حال کاهش می‌باشد و بسیاری از اراضی که قبلا جهت تولید محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گرفتند بنا به دلایل مختلف مانند عدم دسترسی به آب کشاورزی و سایر عوامل محیطی دیگر قابل استفاده نمی‌باشند. نتایج حاصل از برازش مدل خطی نشان داد که شیب این کاهش در برخی از شهرستان‌ها بیشتر و در برخی دیگر کمتر می‌باشد (جدول ۱).

بررسی روند تغییرات شاخص غنای گونه‌ای و همچنین شاخص تنوع شانون، بر خلاف مساحت اراضی زراعی نشان داد که تعداد گونه‌های زراعی مورد استفاده در این بوم‌نظام‌ها با گذشت زمان در حال افزایش است و این کاهش سطح زیر کشت و همچنین افزایش تعداد گونه‌های زراعی به معنی وجود تعداد گونه‌های بیشتر با تراکم بالاتر در این بوم‌نظام‌های کشاورزی است، قابل پیش‌بینی است که در این شرایط، شاخص تنوع زیستی شانون نیز اعداد و ارقام بالاتری را نسبت به گذشته نشان دهد، که این امر نیز در بررسی روند تغییرات زمانی شاخص تنوع زیستی شانون مشاهده شد (جدول ۲). از جمله ایراداتی که می‌توان بر شاخص‌های رایج تنوع زیستی، مانند شاخص تنوع شانون و سیمپسون وارد دانست، این است که مقدار عددی این شاخص‌ها با افزایش تعداد گونه‌های موجود در داخل بوم‌نظام‌های زراعی روند رو به رشد را نشان می‌دهند، این در حالی است که ورود چند گونه جدید زراعی الزاماً نمی‌تواند به معنی بهبود شرایط تنوع در بوم‌نظام‌های کشاورزی باشد، در واقع، استقرار گونه‌های جدیدالورود و به حاشیه رفتن گونه‌های بومی موجود در این بوم‌نظام‌ها توسط این شاخص‌ها نشان داده نمی‌شوند. در چنین شرایطی نیاز است تا با استفاده از شاخص‌های مناسب تنوع‌زیستی کشاورزی تغییرات در ساختار گونه‌ای بوم‌نظام‌های زراعی مورد بررسی قرار گیرد. در راستای بر طرف نمودن این نقیصه، گروه دیگری از شاخص‌های تنوع‌زیستی که به عنوان شاخص‌های نوین تنوع زیستی کشاورزی معرفی گردیدند، در این مطالعه محاسبه شدند.

نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های نوین تنوع زیستی را به تفکیک هر یک از شهرستان‌ها در استان مربوطه در شکل‌های ۳ الی ۱۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- روند تغییرات سطح زیر کشت محصولات زراعی با استفاده از مدل رگرسیون خطی
Table 1- Time trends of cultivated area by using linear regression

شهر City	استان Province	روند تغییرات زمانی (خطی) سطح زیر کشت (هکتار) در مقابل سال Time trend (Linear) Cultivated area (ha) vs. Years	مدت Duration
مشهد Mashhad	خراسان رضوی Khorasan Razavi	Y=-33226x+241559	1983-2008
سبزوار Sabzevar	خراسان رضوی Khorasan Razavi	Y=-24891x+214976	1983-2008
نیشابور Neyshaboor	خراسان رضوی Khorasan Razavi	Y=-14924x+172872	1983-2008
تربت حیدریه Torbat Heydariye	خراسان رضوی Khorasan Razavi	Y=-28535x+207817	1983-2008
قوچان Quchan	خراسان رضوی Khorasan Razavi	Y=-20808x+16977	1983-2008
بجنورد Bojnord	خراسان شمالی North Khorasan	Y=-52700x+291756	1983-2008
شیروان Shirvan	خراسان شمالی North Khorasan	Y=-2138.3x+64647	1983-2008
فاروج Farooj	خراسان شمالی North Khorasan	Y=980.8x+26115	2000-2004
جاجرم Jajarm	خراسان شمالی North Khorasan	Y=-923.46x+19757	1997-2004
فردوس Ferdows	خراسان جنوبی South Khorasan	Y=-1705.2+34782	1995-2005
بیرجند Birjand	خراسان جنوبی South Khorasan	Y=-19951x+127218	1983-2008
قائن Ghaen	خراسان جنوبی South Khorasan	Y=-5831x+57365	1983-2008
نهبندان Nehbandan	خراسان جنوبی South Khorasan	Y=-626.7+14045	1990-2003
سربیشه Sarbishe	خراسان جنوبی South Khorasan	Y=-222.18x+22691	1995-2008

مقادیر عددی شاخص‌های نوین تنوع‌زیستی و همچنین شیب منفی حاصل از برازش مدل خطی تغییرات تمامی این شاخص‌ها در شهرستان مشهد (شکل ۳) نشان داد که فراوانی و همچنین نسبت فراوانی گونه‌های کشاورزی در بوم‌نظام‌های زراعی این شهرستان، دچار تغییرات زیادی در قیاس با زمان مبنا شده و این تغییرات در ساختار گونه‌ای بوم‌نظام‌های زراعی همچنان در حال افزایش است. با در نظر گرفتن این که شاخص‌غنای گونه‌ای در طول زمان در حال افزایش بوده، این امر می‌تواند به منزله غالب شدن گونه‌های جدیدالورود، جایگزینی و به حاشیه رانده شدن برخی از گونه‌های بومی که از قدمت زیادی در بوم‌نظام‌های زراعی این مناطق دارند، باشد. در شهرستان سبزوار نیز تنها شیب مدل خطی تغییرات شاخص نسبیت نیلسن (NOI) مثبت بود (شکل ۴) و این شاخص مقدار عددی نزدیک به ۱۰۰ را نشان داد. لازم به یادآوری است که مقادیر کمتر از ۱۰۰ در تمامی این شاخص‌ها نشان‌دهنده دستخوردگی و تغییر در فراوانی گونه‌های زراعی در بوم‌نظام‌های کشاورزی این شهرستان می‌باشد.

در شهرستان نیشابور واقع در استان خراسان رضوی شاخص نسبیت حسابی باکلند (BAOI)، تغییرات نسبت سطح زیر کشت محصولات زراعی را بیش از ۷۰ درصد زمان مبنا در پنج ساله چهارم (O_4)، نشان داد (شکل ۵).

در شهرستان قوچان نتایج حاصل از برآورد شاخص عدم دستخوردگی نسبیت نیلسن (NOI)، تغییرات تنوع گونه‌های زراعی را در هر یک از چهار بازه زمانی ($O_1.O_2.O_3.O_4$)، مطلوب و کمتر از ۱۰ درصد نشان داد (شکل ۶)، شاخص‌های عدم تغییریافتگی مقادیر بیشینه نیلسن (NMAI) و فراوانی نیلسن (NAI) به ترتیب بیش از ۴۰ و ۳۵ درصد، تغییرات را در آرایش گونه‌های زراعی این شهرستان نشان دادند. همانطور که مشاهده می‌شود، شاخص نسبیت نیلسن در قیاس با شاخص فراوانی نیلسن و همچنین شاخص مقادیر بیشینه

نیلسن مقادیر کمتر دستخوردگی را در آرایش گونه‌های زراعی نشان می‌دهد.

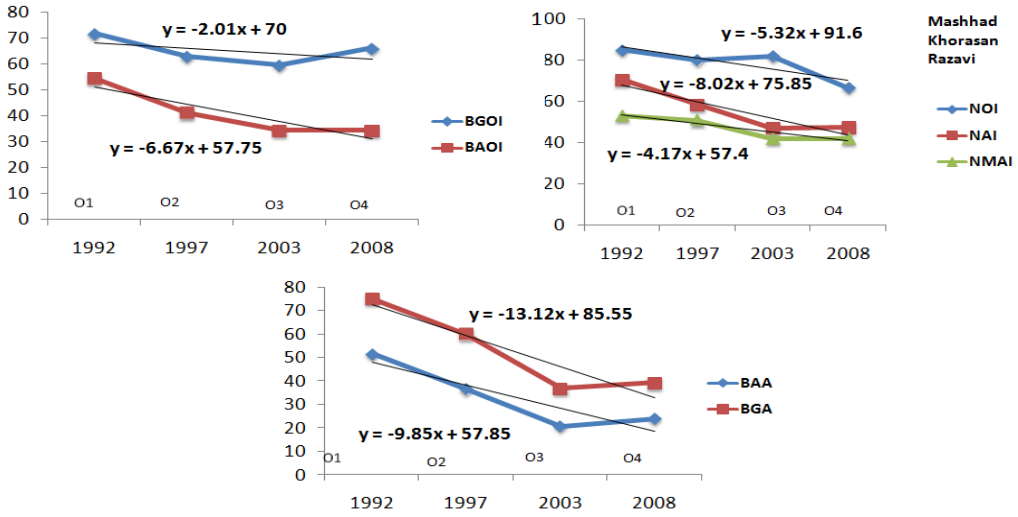
در شهرستان قائن روند تغییرات زمانی شاخص فراوانی هندسی و حسابی باکلند با یکدیگر متفاوت بودند، در حالی‌که شاخص حسابی باکلند روند رو به بهبودی را در این شهرستان نشان می‌داد، شاخص هندسی باکلند دارای روند تغییرات منفی بود (شکل ۱۱).

نتایج مطالعات زمانی تغییرات تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی استان خراسان با استفاده از شاخص‌های متعدد تنوع، نشان داد که هر چند شاخص‌های رایج تنوع زیستی کشاورزی بهبود تنوع گونه‌های زراعی در آینده را پیش‌بینی می‌نمایند، اما در حقیقت این نظام‌ها دچار تغییرات شدید در آرایش و ساختار گونه‌ای شده‌اند و به نوعی گونه‌های قدیمی و بومی این بوم‌نظام‌ها که با شرایط اقلیمی، آفات و بیماری‌ها و سایر عوامل محیطی در این مناطق سازگار بوده‌اند توسط گونه‌های جدید جایگزین شده‌اند که این روند می‌تواند پیامدهای نامطلوبی از جمله از اضمحلال دانش بومی در پرورش گونه‌های مختلف زراعی این مناطق که سینه به سینه طی نسل‌های متمادی به ارث رسیده است و همچنین مساعد نمودن شرایط برای هجوم آفات و بیماری‌ها، داشته باشد (Helenus, 1998; Altieri, 1999; Asman et al., 2001). علاوه بر این، عدم استفاده از گونه‌های زراعی سازگار با شرایط محیطی در این مناطق می‌تواند آسیب‌پذیری بوم‌نظام‌های کشاورزی این مناطق را در برابر تنش‌های اقلیمی همچون خشکسالی و غیره افزایش دهد و در نهایت، مجموعه این عوامل منجر به وابستگی بیشتر این بوم‌نظام‌ها به انرژی‌های تجدیدناپذیر و نهاده‌های برون مزرعه‌ای شده و ثبات و پایداری این بوم‌نظام‌ها را با مخاطرات جدی مواجه می‌سازد (Alain et al., 2012; Malzieux et al., 2009).

جدول ۲- روند تغییرات شاخص‌های تنوع زیستی شانون و غنای گونه‌ای با استفاده از مدل رگرسیون خطی

Table 2- Time trends of Species Ricness Index and Shannon diversity Index by using linear regression

شهر City	روند تغییرات زمانی (خطی) شاخص شانون در مقابل سال Time trend (Linear) Shannon index vs. years	روند تغییرات زمانی (خطی) شاخص غنای گونه‌ای در مقابل سال Time trend (Linear) Richness index vs. years	مدت Duration
مشهد Mashhad	Y=0.0658x +2.09	Y=0.4x +30	1983-2008
سبزوار Sabzevar	Y=0.1x +2.07	Y=0.9x +27.1	1983-2008
نیشابور Neyshaboor	Y=0.2497x +1.37	Y=2.2x +26.4	1983-2008
تربت حیدریه Torbat Heydariye	Y=-0.036x +2.56	Y= x + 29.6	1983-2008
قوچان Quchan	Y=0.1071x +1.52	Y=0.3x +22.3	1983-2008
بجنورد Bojnord	Y=0.194x +1.76	Y=1.4x +27	1983-2008
شیروان Shirvan	Y=0.204x +1.44	Y=1.4x +18	1983-2008
فاروج Farooj	Y=-0.128x +2.435	Y=-0.1x +18	2000-2004
جاجرم Jajarm	Y=-0.0064x +2.56	Y=-0.03x +17.85	1997-2004
فردوس Ferdows	Y=-0.0167x +2.59	Y=-0.02x +27.29	1995-2005
بیرجند Birjand	Y=0.5311x +0.23	Y=4.8x +18.5	1983-2008
قائن Ghaen	Y=0.311x +1.31	Y=3x +24	1983-2008
نهبندان Nehbandan	Y=0.143x +0.78	Y=1.73x +7.7	1990-2003
سربیشه Sarbishe	Y=0.138x +0.94	Y=0.25x +27.48	1995-2008

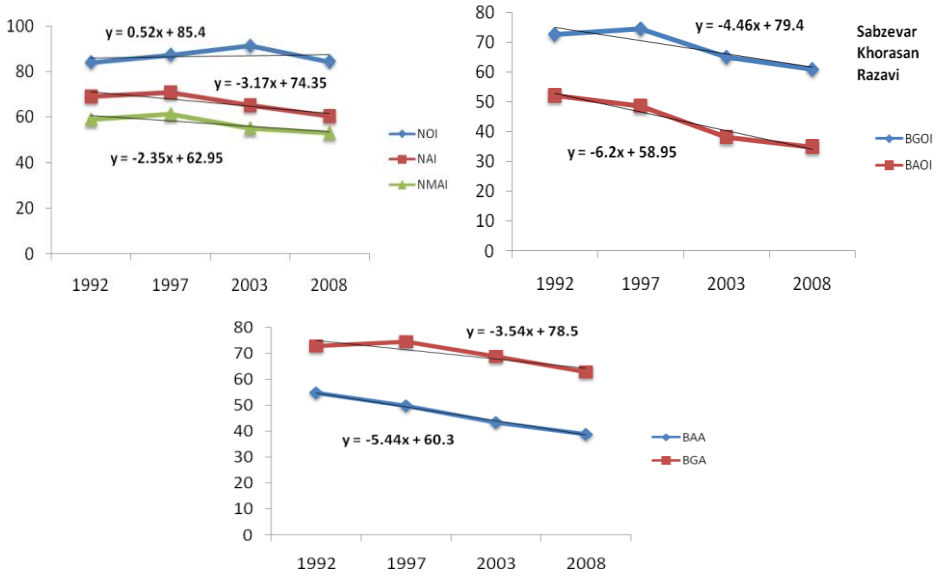


شکل ۳- شاخص‌های عدم دستخوردگی گونه‌های زراعی در شهرستان مشهد

Fig. 3- Species intactness indices of crop species in Mashhad County

BGOI: شاخص نسبیت هندسی باکلند، BAOI: شاخص احتمال وقوع حسابی باکلند، NOI: شاخص نسبیت نیلسن، NAI: شاخص فراوانی نیلسن، NMAI: شاخص فراوانی بیشینه نیلسن، BGA: شاخص فراوانی هندسی باکلند و BAI: شاخص فراوانی حسابی باکلند

BGOI: Buckland geometric occurrence index, BAOI: Buckland arithmetic occurrence index, NOI: Nielsen occurrence index, NMAI: Nielsen maximum abundance index, NAI: Nielsen abundance index, BGI: Buckland geometric index and BAI: Buckland arithmetic index

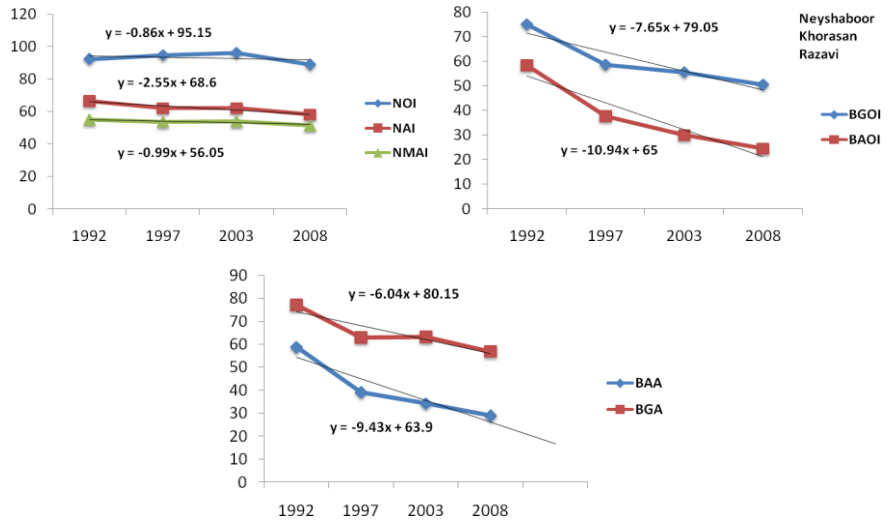


شکل ٤- شاخص‌های عدم دستخوردگی گونه‌های زراعی در شهرستان سبزوار

Fig. 4- Species intactness indices of crop species in Sabzevar County

BGOI: شاخص نسبیت هندسی باکلند، BAOI: شاخص احتمال وقوع حسابی باکلند، NOI: شاخص نسبیت نیلسن، NAI: شاخص فراوانی نیلسن، NMAI: شاخص فراوانی بیشینه نیلسن، BGA: شاخص فراوانی هندسی باکلند و BAI: شاخص فراوانی حسابی باکلند

BGOI: Buckland geometric occurrence index, BAOI: Buckland arithmetic occurrence index, NOI: Nielsen occurrence index, NMAI: Nielsen maximum abundance index, NAI: Nielsen abundance index, BGI: Buckland geometric index and BAI: Buckland arithmetic index

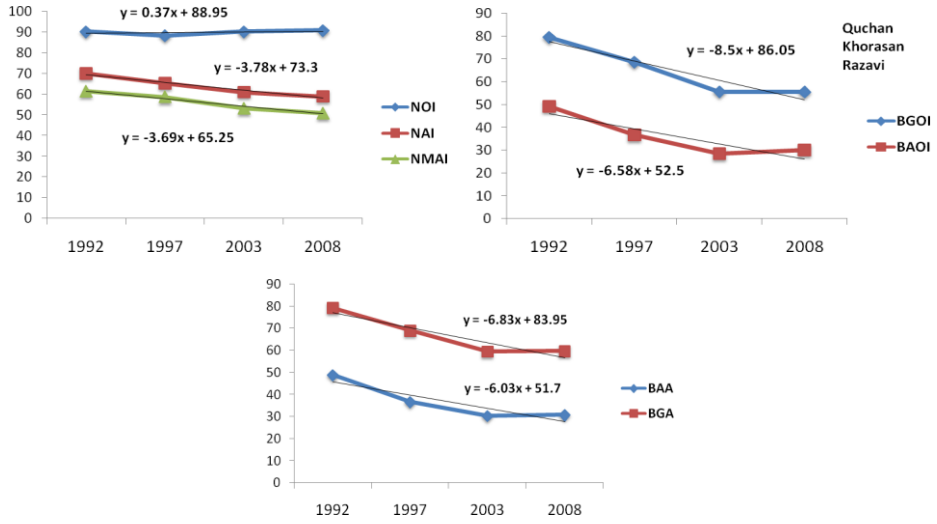


شکل ۵- شاخص‌های عدم دستخوردگی گونه‌های زراعی در شهرستان نیشابور

Fig. 5- Species intactness indices of crop species in Neyshaboor County

BGOI: شاخص نسبیت هندسی باکلند، BAOI: شاخص احتمال وقوع حسابی باکلند، NOI: شاخص نسبیت نیلسن، NAI: شاخص فراوانی نیلسن، NMAI: شاخص فراوانی بیشینه نیلسن، BGA: شاخص فراوانی هندسی باکلند و BAI: شاخص فراوانی حسابی باکلند

BGOI: Buckland geometric occurrence index, BAOI: Buckland arithmetic occurrence index, NOI: Nielsen occurrence index, NMAI: Nielsen maximum abundance index, NAI: Nielsen abundance index, BGI: Buckland geometric index and BAI: Buckland arithmetic index

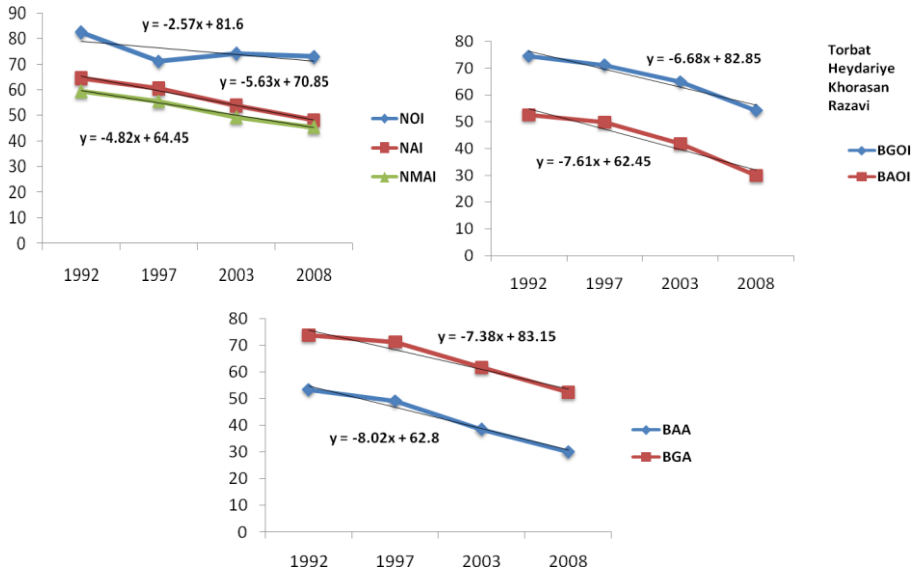


شکل ٦- شاخص‌های عدم دستخوردگی گونه‌های زراعی در شهرستان قوچان

Fig. 6- Species intactness indices of crop species in Quchan County

BGOI: شاخص نسبیت هندسی باکلند، BAOI: شاخص احتمال وقوع حسابی باکلند، NOI: شاخص نسبیت نیلسن، NAI: شاخص فراوانی نیلسن، NMAI: شاخص فراوانی بیشینه نیلسن، BGA: شاخص فراوانی هندسی باکلند و BAI: شاخص فراوانی حسابی باکلند

BGOI: Buckland geometric occurrence index, BAOI: Buckland arithmetic occurrence index, NOI: Nielsen occurrence index, NMAI: Nielsen maximum abundance index, NAI: Nielsen abundance index, BGI: Buckland geometric index and BAI: Buckland arithmetic index

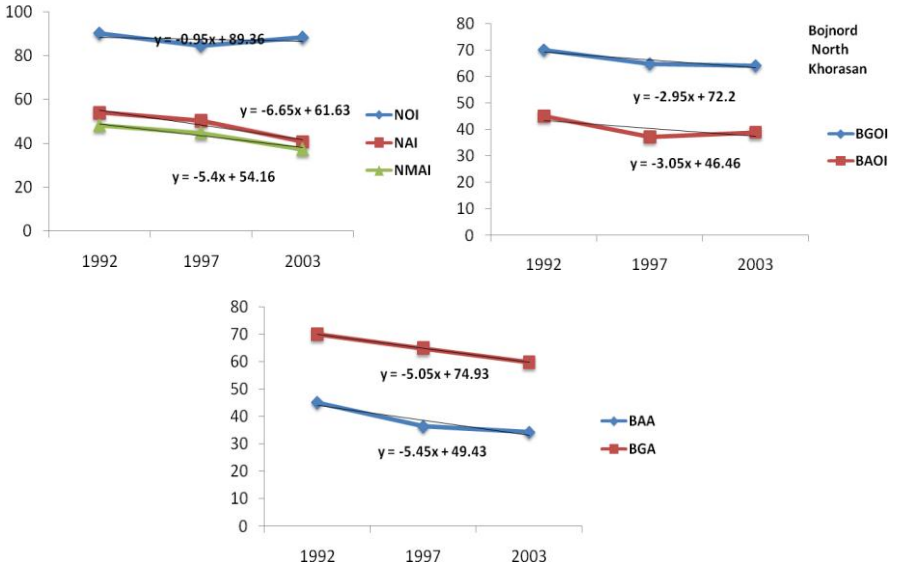


شکل ۷- شاخص‌های عدم دستخوردگی گونه‌های زراعی در شهرستان تربت‌حیدریه

Fig. 7- Species intactness indices of crop species in Torbat Heydariye County

BGOI: شاخص نسبیت هندسی باکلند، BAOI: شاخص احتمال وقوع حسابی باکلند، NOI: شاخص نسبیت نیلسن، NAI: شاخص فراوانی نیلسن، NMAI: شاخص فراوانی بیشینه نیلسن، BGA: شاخص فراوانی هندسی باکلند و BAI: شاخص فراوانی حسابی باکلند

BGOI: Buckland geometric occurrence index, BAOI: Buckland arithmetic occurrence index, NOI: Nielsen occurrence index, NMAI: Nielsen maximum abundance index, NAI: Nielsen abundance index, BGI: Buckland geometric index and BAI: Buckland arithmetic index

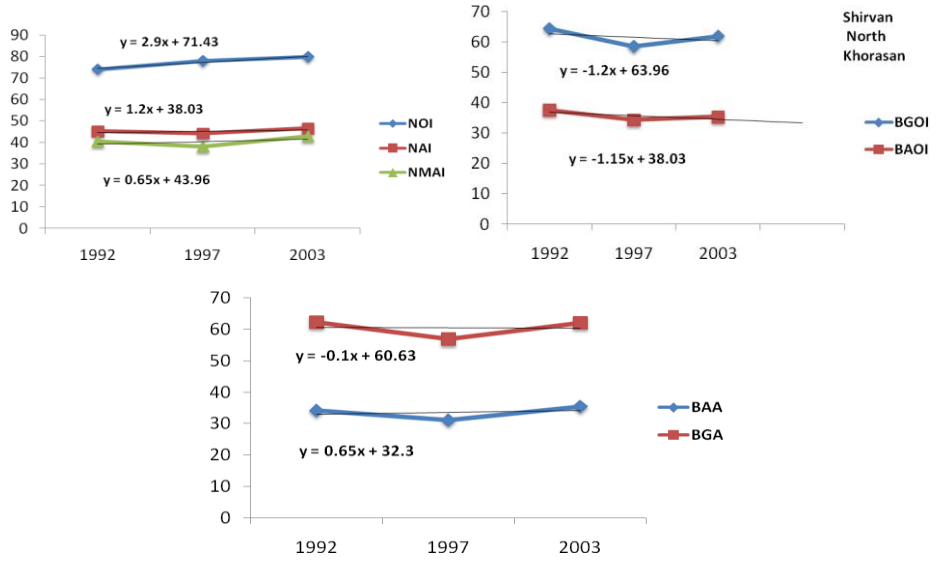


شکل ۸- شاخص‌های عدم دستخوردگی گونه‌های زراعی در شهرستان بجنورد

Fig. 8- Species intactness indices of crop species in Bojnord County

BGOI: شاخص نسبیت هندسی باکلند، BAOI: شاخص احتمال وقوع حسابی باکلند، NOI: شاخص نسبیت نیلسن، NAI: شاخص فراوانی نیلسن، NMAI: شاخص فراوانی بیشینه نیلسن، BGA: شاخص فراوانی هندسی باکلند و BAI: شاخص فراوانی حسابی باکلند

BGOI: Buckland geometric occurrence index, BAOI: Buckland arithmetic occurrence index, NOI: Nielsen occurrence index, NMAI: Nielsen maximum abundance index, NAI: Nielsen abundance index, BGI: Buckland geometric index and BAI: Buckland arithmetic index

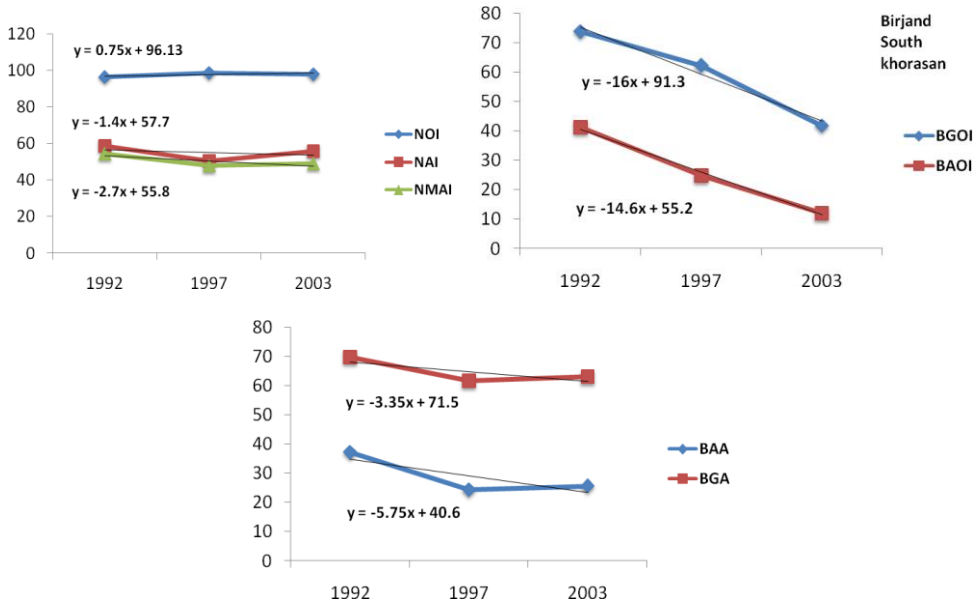


شکل ۹- شاخص‌های عدم دستخوردگی گونه‌های زراعی در شهرستان شیروان

Fig. 9- Species intactness indices of crop species in Shirvan County

BGOI: شاخص نسبیت هندسی باکلند، BAOI: شاخص احتمال وقوع حسابی باکلند، NOI: شاخص نسبیت نیلسن، NAI: شاخص فراوانی نیلسن، NMAI: شاخص فراوانی بیشینه نیلسن، BGA: شاخص فراوانی هندسی باکلند و BAI: شاخص فراوانی حسابی باکلند

BGOI: Buckland geometric occurrence index, BAOI: Buckland arithmetic occurrence index, NOI: Nielsen occurrence index, NMAI: Nielsen maximum abundance index, NAI: Nielsen abundance index, BGI: Buckland geometric index and BAI: Buckland arithmetic index

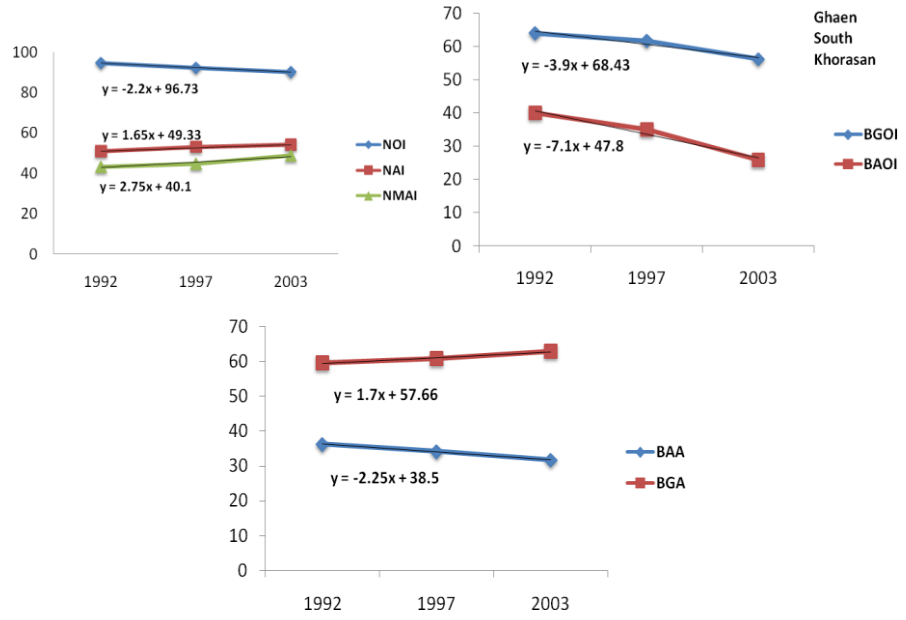


شکل ۱۰- شاخص‌های عدم دستخوردگی گونه‌های زراعی در شهرستان بیرجند

Fig. 10- Species intactness indices of crop species in Birjand County

BGOI: شاخص نسبیت هندسی باکلند، BAOI: شاخص احتمال وقوع حسابی باکلند، NOI: شاخص نسبیت نیلسن، NAI: شاخص فراوانی نیلسن، NMAI: شاخص فراوانی بیشینه نیلسن، BGA: شاخص فراوانی هندسی باکلند و BAI: شاخص فراوانی حسابی باکلند

BGOI: Buckland geometric occurrence index, BAOI: Buckland arithmetic occurrence index, NOI: Nielsen occurrence index, NMAI: Nielsen maximum abundance index, NAI: Nielsen abundance index, BGI: Buckland geometric index and BAI: Buckland arithmetic index



شکل ۱۱- شاخص‌های عدم دستخوردگی گونه‌های زراعی در شهرستان قائن

Fig. 11- Species intactness indices of crop species in Ghaen County

BGOI: شاخص نسبیت هندسی باکلند، BAOI: شاخص احتمال وقوع حسابی باکلند، NOI: شاخص نسبیت نیلسن، NAI: شاخص فراوانی نیلسن، NMAI: شاخص فراوانی بیشینه نیلسن، BGA: شاخص فراوانی هندسی باکلند و BAI: شاخص فراوانی حسابی باکلند

BGOI: Buckland geometric occurrence index, BAOI: Buckland arithmetic occurrence index, NOI: Nielsen occurrence index, NMAI: Nielsen maximum abundance index, NAI: Nielsen abundance index, BGI: Buckland geometric index and BAI: Buckland arithmetic index

تاکنون مطالعات متعددی در رابطه با تنوع زیستی کشاورزی در ایران صورت پذیرفته است (Koocheki et al., 2008; Nassiri et al., 2005; Khorsandi & Hadi, 2001; Ghalegolab et al., 2010)، اما به دلیل تنوع اقلیمی گستردهٔ کشور و همچنین نظام‌های مدیریتی کشاورزی متنوع که پی‌آمد شرایط خاص بوم‌شناختی هر منطقه است، این حجم از مطالعات کافی به نظر نمی‌رسد. لازم به ذکر است که بیشتر مطالعات انجام شده در این راستا از نوع بررسی تنوع مکانی بوده و کمتر تغییرات تنوع در بوم‌نظام‌های کشاورزی از ابعاد زمانی مورد بررسی قرار گرفته است. نصیری و همکاران (Nassiri et al., 2005) طی مطالعه‌ای روی بررسی تنوع گونه‌های زراعی در ۱۸۳ شهرستان در ۲۷ استان کشور مورد نشان دادند که ۳۷ گونه زراعی در ایران کشت می‌شود و از این تعداد ۷ گونه (۱۸/۹ درصد) پائیزه و ۳۰ گونه (۸۱/۱ درصد) بهاره هستند، این مقدار به مراتب از ۹۵ گونه زراعی گزارش شده توسط خرسندی و حاج سید هادی (Khorsandi & Hadi, 2001) کمتر بود که این تفاوت می‌تواند ناشی از عدم تفکیک مناسب گونه‌ها و واریته‌های گیاهان زراعی در مطالعه این محققین باشد. بیش از ۵۶ درصد از گونه‌های زراعی ایران از دو خانواده غلات و بقولات هستند، «سازمان جهانی خوار و بار و کشاورزی در گزارشات خود، ایران را در کنار آمریکا، کانادا، دانمارک و برخی دیگر از کشورها در گروه مناطقی قرار داده است که دارای تنوع گونه‌های زراعی اندک می‌باشند و غالبیت برخی از گیاهان زراعی به ویژه غلات ویژگی اصلی نظام‌های تولیدی آنهاست» (Nassiri et al., 2005). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2003) نیز به منظور بررسی اثرات نظام‌های پرنهاده و تک‌کشتی و استفاده وسیع از ارقام پرمحصول بر پایداری نظام‌های کشاورزی، تنوع زیستی محصولات باغی، سبزی و صیفی را در کشور مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد که محصولات باغی و سبزی و صیفی متنوعی در نواحی مختلف کشور تولید می‌شود، به طوری‌که تعداد گونه‌های زیرکشت در مورد این محصولات قابل توجه است، نتایج این مطالعه نشان داده است که شاخص شانون محصولات باغی و سبزی و صیفی متناسب با غنای گونه‌ای آنها نیست که این امر می‌تواند ناشی از عدم توزیع یکنواخت سطح زیر کشت محصولات باشد. همچنین مطالعات دیگری نیز در کشور در سطوح پایین‌تر و در سطح منطقه‌ای برای نظام‌های زراعی بخش‌هایی از شهرستان‌های استان‌هایی چون تهران و خوزستان انجام شده است (Ghalegolab et al., 2010)، بنابراین همانطور که پیشتر گفته شد، از آنجا که اکثر مطالعات انجام شده در رابطه با تنوع زیستی کشاورزی در کشور، این

موضوع را از بعد مکانی مورد بررسی قرار داده‌اند، به نظر می‌رسد استفاده از شاخص‌های مناسب در راستای بررسی تغییرات از بعد زمانی امری ضروری است، تا شاید از این طریق بتوان با پایش مناسب و شناخت صحیح از این تغییرات و همچنین با استفاده از سیاست‌گذاری‌های مناسب گامی مهم در راستای حفاظت از تنوع گونه‌های زراعی کشور برداشت.

با مروری بر مطالعات تنوع زیستی کشاورزی که پیش از این در کشور و سایر نقاط جهان صورت پذیرفته است به نظر می‌رسد که تا کنون از دو گروه شاخص‌های تنوع زیستی بر مبنای فراوانی و بر مبنای نسبیت، که در این مطالعه از آنها را به عنوان شاخص‌های نوین در تنوع زیستی نام برده شد، در بخش کشاورزی استفاده نشده است (Griffiths et al., 2008; Lopez et al., 2007; Jones and Sieving, 2006; Vandrmeer et al., 2009). نتایج حاصل از مطالعه اریک و همکاران (Eric et al., 2009) که جهت مقایسه این شاخص‌ها با استفاده از شبیه‌سازی اطلاعات طولانی مدت تنوع زیستی در عرصه‌های طبیعی صورت پذیرفته نشان می‌دهد که شاخص‌های نوین در ارزیابی و انجام برنامه‌های پایش و تغییرات طولانی مدت تنوع بسیار مؤثر عمل می‌نمایند و در مقایسه این گروه از شاخص‌های تنوع‌زیستی با شاخص‌های رایج، این شاخص‌ها کارکرد مناسب‌تری دارند (Eric et al., 2009).

نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه و با توجه به نیاز به مطالعات متعدد تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های کشاورزی ایران، چه از بعد زمانی و چه از بعد مکانی، به نظر می‌رسد استفاده همزمان از دو گروه شاخص‌های رایج و نوین تنوع زیستی کشاورزی در کنار یکدیگر می‌تواند راه‌حل مناسبی در راستای شناخت صحیح‌تری از شرایط حاکم بر بوم‌نظام‌های زراعی کشور باشد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل اعتبارات پژوهه شماره ۲۱۳۲۳/۲، معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Alain, R., Paula, F., Jacques, A., and Robert, H. 2012. Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review. Agronomy for Sustainable Development 32(1): 273-303.
2. Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment 74: 19-31
3. Asman, K., Ekbom, B., and Ramert, B. 2001. Effect of intercropping on oviposition and emigration of the leek moth (Lepidoptera: Acroplepiidae) and the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). Environmental Entomology 30: 288–294.
4. Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment 74: 19-31.
5. Bajwa, M.A. 1995. wheat research and production in Pakistan. In: Wheat for more tropical environments. Villarel, L. (Ed.). Proceedings of an International symposium CIMMIT, Mexico, pp. 68-72.
6. Brookfield, H., and Stocking, M. 1999. Agro diversity: definition, description and design. Journal of Global Environmental Change 9: 77-80.
7. Buckland, S.T., Magurran, A.E., Green, R.E., and Fewster, R.M. 2005. Monitoring change in biodiversity through composite indices. Philosophical Transactions of the Royal Society B 360: 243–254.
8. DiFalco, S., and Perrings, C. 2003. Crop genetic diversity, productivity and stability of agroecosystems. A theoretical and empirical investigation. Scottish Journal of Political Economy 50: 207–216.
9. Di Falco, S., and Chavas, J. 2008. Rainfall shocks, resilience and the effects of crop biodiversity on agroecosystem productivity. Land Economics 84(1): 83–96.
10. Lamb, E.G., Bayne, E., Holloway, G., Schieck, J., Boutin, S., Herbers, J., and Haughland, D.L. 2009. Indices for monitoring biodiversity change: Are some more effective than others? Ecological Indicators 9: 432–444.
11. Finckh, M.T., and darpenstein-Machan, M. 2002. Intercropping for Pest Management Encyclopedia of Pest Management. http:// www. Informaworld.com
12. Griffiths-GJK, Holland, J.M., Bailey, A., and Thomas, M.B. 2008. Efficacy and economics of shelter habitats for conservation biological control. Biological Control 45: 200–209.
13. Helenius, J. 1998. Enhancement of predation through within-field diversification. In: Pickett, E., and Bugg, R.L. (Eds.). Enhancing biological control. University of California Press, Berkeley, CA, USA, pp. 121–160.

14. Jackson, L.E., Pascual, U., and hodgkin, T. 2007. Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment 121: 196.
15. Jones, G., and Sieving, K.E. 2006. Intercropping sunflower in organic vegetables to augment bird predatorsn of arthropods. Agriculture, Ecosystems and Environment 117:171–177.
16. Kirit, K.P. 2008. Cultivating diversity on farm: agrobiodiversity in a tribal region of western India. PhD Thesis, India. 446 pp.
17. Koocheki, A. Nassiri Mahllati, M.R., Asgharipoor, M., and Khodashenas, A. 2003. Biodiversity of fruits and vegetables in Iran. Iranian Journal of Field Crops Research 2: 80-86. (In Persian woth English Summary)
18. Koocheki, A., Nassiri Mahllati, M., Zarea Fizabadi, A., and Jahanbin, G. 2004. Diversity of cropping systems in Iran. Pajouhesh and Sazandegi 63: 70-83. (In Persian woth English Summary)
19. Koocheki, A., Nassiri, M., Glissman, S.R., and Zarea, A. 2008. Agrobiodiversity of field crops: A case study for Iran. Journal of Sustainable Agriculture 32(1): 95-122.
20. Long, J., Cromwell, E., and Gold, K. 2000. On-farm management of crop diversity: an introductory bibliography. The Schumacher Center for Technology and Development. Http:// www.oneworld.org/odi/
21. Lopez, B., Montes, C., and Benayas, J. 2007. The non-economic motives behind the willingness to pay for biodiversity conservation. Biological Conservation 139: 67–82.
22. Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J.P., Hector, A., Hooper, D.U., Huston, M.A., Raffaeli, D., Schmid, B., Tilman, D., and Wardle, D.A. 2002. Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. Science 294: 804–808.
23. Malézieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C., Laurans, M., Makowski, D., Ozier-Lafontaine, H., Rapidel, B., de Tourdonnet, S., and Valantin-Morison, M. 2009. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models: a review. Agronomy for Sustainable Development 29: 43–62.
24. Margalef, R.D. 1958. Information theory in ecology. General Systems 3: 36–71.
25. Nassiri, M., Koocheki, A., and Mazaheri, D. 2005. Diversity of crop species in Iran. Desert 10(1): 33-50. Nielsen, S.E., Bayne, E.M., Schieck, J., Herbers, J., and Boutin, S. 2007. A new method to estimate species and biodiversity intactness using empirically derived reference conditions. Biological Conservation 137: 403–414.
26. Omer, A., Pascual, U., and Russell, N.P. 2007. Biodiversity conservation and productivity in intensive agricultural systems. Journal of Agricultural Economics 58: 308–329.
27. Pimentel, D.A., Stachow, U., Takacs, D.A., Brubaker, H.W., Dumas, A.R., Meaney, J.J., Oneil., J.A.S., Onsi., D.E., and Corzilius, D.B. 1992. Conserving biological diversity in agricultural and forestry systems. Journal of BioScience 42: 354-364.
28. Pimentel, D., Wilson, C., Maccullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman, T., and Cliff, B. 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. Journal of Bioscience 47: 747-757.
29. Smale, M., Hartell, J., Heisey, P.W., and Senauer, B. 1998. The contribution of geneticresources and diversity to wheat production in the Punjab of Pakistan. American Journal of Agricultural Economics 80(3): 482-493.
30. Smith, J., Potts, S.G., Woodcock, B.A., and Eggleton, P. 2008. Can arable field argins be managed to enhance their biodiversity, conservation and functional value for soil macrofauna? Journal of Applied Ecology 45: 269-278.
31. Smith, A.K., Chewings, V.H., Bastin, G.N., Ferrier, S., Manion, G., and Clifford, B. 2004. Integrating historical datasets to priorities areas for biodiversity monitoring? In: Australian Rangelands Society 13th Biennial Conference: "Living in the outback", Alice Springs, Northern Territory.
32. Vandermeer, J., Van Noordwijk, M., Anderson, J., and Ong, C. 1998. Global change and multi-species agroecosystems: Concepts and issues. Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment 67: 1-22.
33. Vandermeer, J., Perfecto, I., and Liere, H. 2009. Evidence for hyperparasitism of coffee rust (*Hemileia vastatrix*) by the entomogenous fungus, *Lecanicillium lecanii*, through a complex ecological web. Plant Pathology 58: 636–641.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 155-170

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۷۰-۱۵۵

Evaluation of Long Term changes of Crop Species Diversity in Agro-ecosystems of North, Central (Razavi) and South Khorasan provinces (Iran)

M. Nassiri Mahallati[1], A. Koocheki[1*], A. Ghalehgolabbehbahani[2], A. Davari[3], S.S. Moinoddini[2]

Submitted: 19-02-2014
Accepted: 21-08-2014

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Ghalehgolabbehbahani, A., Davari, A and Moinoddini, S.S. 2019. Evaluation of long term changes of crop species diversity in agro-ecosystems of North, Central (Razavi) and South Khorasan provinces (Iran). Journal of Agroecology. 11(1):155-170.

Introduction

Biodiversity is a network of all living organisms, including plants, animals, fungi and other living organisms. In fact, biodiversity refers to the diversity of life and the interactions between living organisms. Agricultural biodiversity as a subset of biodiversity refers to the part of biodiversity used by farmers to produce food. It is well documented that conservation of agricultural biodiversity is crucial for maintaining multifunctional characteristics of agroecosystem as a basis for sustainable crop production. Quantification and monitoring the spatio-temporal variations of crop biodiversity are essential elements for the purpose of biodiversity conservation. Such studies, however, with focusing on spatial variability and temporal changes of crop diversity is largely overlooked. On the other hand, recent studies have shown that merely use of traditional measures such as Shannon and Simpson diversity indices may cause misinterpretation of the results. Therefore, using new measures such as species intactness indices would help to find out the amount of intactness in individual or a number of species over a long period of time. Therefore, the main objective of this study was evaluation of changes over time in crop species diversity at regional scale. Furthermore, two new groups of biodiversity indices for quantification of temporal variation of biodiversity are compared with the common diversity indices.

Materials and Methods

In this study, crop diversity intactness and traditional diversity indices were investigated for North, Central (Razavi) and South Khorasan provinces (located at Northeast of Iran). Long-term data (1983-2008) regarding cultivated area of different crop species within selected cities across three studied provinces were collected from official databases. Time course of crop species diversity was quantified using 3 groups of indices.

- Traditional indices i.e. species richness and Shannon species diversity index (H'), where H' was calculated on the basis of relative cultivated area of species.
- Species intactness indices based on occurrence, calculated by the difference between crop species diversity at the reference time (reference diversity) and observed species diversity at any given time.
- Species intactness indices based on abundance, estimated from the difference between cultivated area (frequency) of crop species at reference time and any given time during the study period.

Finally, time trend of each group of indices was evaluated using regression analysis.

Results and Discussion

Results showed that in three studied provinces both species richness which demonstrates the number of cultivated crop species and Shannon divesity index were increased during the period of 1983-2008. However, Shannon index for Torbate Heydariye, Farooj, Jajarm was decreased over the study period. Although traditional

1 and 2- Professors and Graduate PhD student in Agroecology, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mshhad, Iran, respectively.
3- Postdoctoral Research Associate, The entomology Reaserch Laboratory, Department of Pland and Soil Science, University of Vermont, Burlington Vermont, USA.
(*-Curresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v11i1.32433

indices showed an improvement of crop diversity over time, they are not able to distinguish the structural changes in the crop species composition. For example if new exotic crop species were introduced, Shannon index would show higher diversity because of higher richness. Intactness indeices of crop species indicated a decreasing trend compare with reference years (i.e. 1983 to 1988), showing changes in crop species composition over the studied period which is in contrast with the results of traditional indices. It is supposed that this discrepancy is due to the crucial change of crop diversity pattern and substitution of some local crops by exotic species and vast expansion of intensive cropping systems across three studied provinces. In fact, in the studied regions, introduction of new exotic crops is led to neglection of some indigenes species.

Conclusion

The results of this study indicated that using diversity intactness indices are superior over traditional diversity measures when the objective of the study is evaluation of structural changes in crop species diversity over time . Overall, intactness of crop diversity in three studied provinces was decreased which is seemingly the results of introduction of new crop species and intensification of production systems.

Keywords: Conventional biodiversity indices, Intactness indices, Intensive agriculture, Monitoring