Archive of SID

مجله کشاورزی بوم‌شناختی ۸ (۱) (۱۳۹۷) ۱۴-۱

مقایسه وضعیت سلامت بوم‌نظام‌های زراعی در استان‌های شمالی ایران طی سال‌های دهه ۸۰

هدا محمدی[۱]، مجید رستمی[۱،*] و رضا میرزایی تالارپشتی[۲]

[۱] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

[۲] گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: m.rostami@malayeru.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۰۱

محمدی ه.، م. رستمی و ر. میرزایی تالارپشتی. ۱۳۹۷. مقایسه وضعیت سلامت بوم‌نظام‌های زراعی در استان‌های شمالی ایران طی سال‌های دهه ۸۰. مجله کشاورزی بوم شناختی. ۸ (۱): ۱۴-۱.

سابقه و هدف: با وجود کارکردهای پرشماری که بوم‌نظام‌های زراعی (اگرواکوسیستم‌ها) دارند ولی در سده اخیر بیشتر به‌عنوان واحدهای تولیدی مدنظر قرار گرفته‌اند. بوم‌نظام‌های زراعی رایج برای افزایش تولید به‌شدت وابسته به انرژی‌های فسیلی هستند که از راه کاربرد نهاده‌ها به آن‌ها وارد می‌شوند. این نظام‌ها افزون بر آسیب‌پذیر بودن، باعث کاهش منابع انرژی و اثرگذاری‌های سوء محیطی می‌شوند، بنابراین نظارت و مدیریت دقیق بر آن‌ها به‌منظور کاهش مشکلات و پایداری تولید در بوم‌نظام‌های زراعی ضرورت خواهد داشت. بسیاری از محققان براین باورند، مشکلات نظام‌های زراعی پیچیده کشاورزی باید در قالب سلامت بوم‌نظام‌های زراعی بررسی و شناسایی شود مفهوم سلامت مربوط به توانایی حفظ و ارتقاء ویژگی‌های مختلف مانند تنوع، تولید، قابلیت برگشت، ثبات، خوداتکایی و انسجام در بوم‌نظام زراعی است و ارزیابی این ویژگی‌ها در ابعاد اقتصادی-اجتماعی، انسانی و محیطی و همچنین روابط و اثرهای متقابل آن‌ها درمجموع نشان‌دهنده سلامت یک بوم‌نظام زراعی خواهد بود.

مواد و روش‌ها: در این بررسی به‌منظور ارزیابی وضع سلامت بوم‌نظام‌های زراعی سه استان گلستان، مازندران و گیلان در سال‌های دهه ۸۰ خورشیدی، با توجه به داده‌های موجود، درآغاز ویژگی‌های بوم‌نظام‌های زراعی در سه ملاک ارزیابی شامل ساختاری، کارکردی و سازمانی دسته‌بندی شدند. آنگاه برای کمی کردن هر ملاک از چندین سنجه استفاده شد. پس از نرمال‌سازی سنجه‌ها که به‌منظور جمع‌پذیر شدن آن‌ها انجام شد، هر ملاک در یک استان از مجموع سنجه‌های آن ملاک در استان به دست آمد.

نتایج و بحث: سلامت کل بوم‌نظام‌های زراعی هر استان حاصل جمع سنجه‌های ملاک‌های سه‌گانه بود. نتایج این بررسی نشان داد که سلامت کل بوم‌نظام‌های زراعی استان مازندران طی ده سال بررسی بالاتر از دو استان دیگر بود و استان‌های گلستان و گیلان در مقام دوم و سوم قرار داشتند. سلامت ساختاری و سازمانی بوم‌نظام‌های زراعی استان مازندران نقش مؤثرتری در بالاتر بودن سطح سلامت کل بوم‌نظام‌های زراعی این استان داشت. در استان گیلان بوم‌نظام‌های زراعی ازنظر هر سه ملاک ساختاری، کارکردی و سازمانی در سطح ضعیفی قرار داشتند. بوم‌نظام‌های زراعی استان گلستان طی دوره بررسی ازلحاظ سازمانی وضعیت بهتری نسبت به ویژگی‌های کارکردی و ساختاری داشتند.

نتیجه‌گیری: در مقایسه سه استان شمالی کشور، بوم‌نظام‌های زراعی استان گیلان دارای سطح سلامت کمتری نسبت به دو استان دیگر بودند؛ بنابراین بهره‌برداری پایدار از بوم‌نظام‌های زراعی این استان نیاز به برنامه‌ریزی و مدیریت دقیق دارد. افزایش تنوع کشت گونه‌های زراعی، کاهش تراکم زراعی و فراهمی ماشین‌های کشاورزی در استان موجب افزایش سطح سلامت ساختاری بوم‌نظام‌ها خواهد شد. استفاده

www.SID.ir

Archive of SID

از بقولات در تناوب و کاهش کاربرد کودهای شیمیایی می‌تواند با افزایش سطح سلامت سازمانی، توانایی بوم‌نظام‌های زراعی استان را در ارائه کارکردهای متنوع افزایش داده و درمجموع باعث افزایش سطح سلامت کل شود. در استان مازندران و گلستان توجه به ویژگی‌های ساختاری بوم‌نظام‌های زراعی (به‌ویژه کاهش تراکم زراعی و افزایش دسترسی به سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و ماشین‌های کشاورزی) در کنار شرایط به‌نسبت مطلوب سلامت سازمانی بوم‌نظام‌ها می‌تواند منجر به افزایش سلامت کارکردی و درنهایت ارتقاء سلامت کل بوم‌نظام‌های زراعی شود.

واژه‌های کلیدی: سلامت ساختاری، سلامت سازمانی، سلامت کارکردی، کشاورزی پایدار.

مقدمه

بوم‌نظام‌های زراعی، واحدهای چند کارکردی هستند که ضمن تأمین نیازهای انسانی مختلف، خدمات متنوعی ازجمله کاهش فرسایش آبی و بادی، کاهش گازهای گلخانه‌ای و ترسیب کربن را نیز فراهم می‌کنند. بااین‌وجود در سده اخیر بوم‌نظام‌های زراعی بیشتر به‌عنوان واحدهای تولیدی موردتوجه قرار گرفته‌اند و به‌منظور بیشینه کردن عملکرد شمار اندکی محصول زراعی یا دامی مدیریت شده‌اند. برای رسیدن به این هدف، از روش‌هایی استفاده‌شده است که هر یک به‌نوعی تأثیر منفی بر دیگر ابعاد و کارکردهای بوم‌نظام‌های زراعی داشته‌اند. جانشین کردن گونه‌های چندساله به‌وسیله گونه‌های یک‌ساله، باعث کاهش پوشش گیاهی سطح خاک، کاهش میزان مواد آلی و بقایای گیاهی و افزایش فرسایش خاک شده است. کاربرد بی‌رویه کودها و سموم شیمیایی منجر به آلودگی منابع آب و خاک، از بین رفتن گونه‌های مفید، شور شدن خاک‌ها و به هم خوردن تعادل عنصرهای ضروری خاک شده است (Rodrigues *et al.,* 2008).

بوم‌نظام‌های زراعی رایج برای افزایش تولید به‌شدت وابسته به انرژی‌های فسیلی هستند که از راه کاربرد نهاده‌ها به آن‌ها وارد می‌شوند. این نظام‌ها افزون بر آسیب‌پذیر بودن، باعث کاهش منابع انرژی و اثرگذاری‌های سوء محیطی می‌شوند (Heinberg, 2010). با افزایش روزافزون جمعیت، بوم‌نظام‌های زراعی به‌منظور افزایش تولید بیشتر تحت‌فشار قرار می‌گیرند و اثرگذاری‌های سوء روش‌های رایج مدیریت کشاورزی بر آن‌ها بیشتر خواهد شد (Smith *et al.,* 2007)؛ بنابراین نظارت و مدیریت دقیق بر آن‌ها به‌منظور کاهش مشکلات و پایداری تولید در بوم‌نظام‌های زراعی ضرورت خواهد داشت. بسیاری از محققان براین باورند که مشکلات نظام‌های زراعی پیچیده کشاورزی باید در قالب سلامت بوم‌نظام‌های زراعی بررسی شود (Gallopin, 1995). سلامت بوم‌نظام زراعی در منابع مختلف تعریف‌های متفاوتی دارد. به باور Shiyomi and Koizumi (2001) سلامت بوم‌نظام عبارت است از وضعیتی که در آن ویژگی‌های طبیعی نظام (سیستم) حفظ شده به صورتی که نظام می‌تواند تنش و آشفتگی‌های بیرونی را پاسخگو باشد. Li *et al*. (2007) سلامت بوم‌نظام زراعی را در تولید پایدار کشتزار دانستند به‌طوری‌که منجر به عملکرد بیشتر با نهاده کمتر، پایداری، برگشت‌پذیری و ثبات بهتر شود.

Su *et al.* (2102) اظهار داشتند بررسی سلامت فرایندی است برای تعیین اینکه آیا بوم‌نظام‌های زراعی بر پایه اصول بوم‌شناختی (اکولوژیک) کار می‌کنند، تا اثرگذاری‌های سوء فرسایش و زوال بوم‌نظام را کاهش دهند. از تعریف‌های ارائه‌شده در منابع علمی مختلف چنین برمی‌آید که مفهوم سلامت مربوط به توانایی حفظ و ارتقاء ویژگی‌های مختلف مانند تنوع، تولید، قابلیت برگشت[1]، ثبات[2]، خوداتکایی[3] و انسجام[4] در بوم‌نظام زراعی است و ارزیابی این ویژگی‌ها در ابعاد اقتصادی-اجتماعی، انسانی و محیطی و همچنین روابط و اثرهای متقابل آن‌ها درمجموع نشان‌دهنده سلامت یک بوم‌نظام زراعی خواهد بود.

ازآنجاکه نمی‌توان برای ارزیابی سلامت همه‌ی بوم‌نظام‌های زراعی از یک روش مدون یکسان استفاده کرد، محققان مختلف برای ارزیابی سلامت بوم‌نظام‌های زراعی، ویژگی‌های مختلفی از آن را در نظر گرفته‌اند (Okey, 1996; Altieri, 1999; Li *et al.,* 2007; Zhu *et al.,* 2012). برای داشتن یک معیار عمومی از سلامت بوم‌نظام زراعی، ویژگی‌های ساختاری، کارکردی و سازمانی آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (Alkorta *et al*., 2004)؛ اما

[1] Resilience
[2] Stability
[3] Self-dependence
[4] Integrity

www.SID.ir

Archive of SID

به دلیل محدودیت دسترسی به آمار موردنیاز برای برآوردها، این روش کمتر استفاده شده است. در این روش ویژگی‌های بوم‌نظام زراعی در سه دسته ساختاری، کارکردی و سازمانی دسته‌بندی شده و برای کمی کردن آن‌ها از سنجه‌هایی استفاده می‌شود. Xu and Mage (2001) ضمن بررسی سلامت بوم‌نظام‌های زراعی جنوب انتاریو با استفاده از سه سنجه فراهمی زمین به‌عنوان ملاک ساختاری، تولید به‌عنوان ملاک کارکردی و خودوابستگی[1] به‌عنوان ملاک سازمانی، دریافتند که در سال‌های ۱۹۷۱ تا ۱۹۹۱ فراهمی زمین کاهش یافته و بنابراین سلامت ساختاری بوم‌نظام‌های زراعی منطقه کاهش یافته است. تولید به‌عنوان ملاک کارکردی افزایش داشت اما افزایش استفاده از آفتکش‌ها باعث کاهش خودوابستگی و کاهش سلامت سازمانی شد. Vafabakhsh *et al.* (2007) سلامت بوم‌نظام‌های زراعی مشهد را در یک دوره زمانی ۲۰ ساله (۱۳۶۰ تا ۱۳۸۰) و در سه دسته ملاک‌های ساختاری، کارکردی و سازمانی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد، سلامت بوم‌نظام‌های زراعی مشهد بین سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۷۵ روندی کاهشی داشته و از سال ۱۳۷۵ تا سال ۱۳۸۰ روندی افزایشی در پیش گرفته است.

منظور از ساختار یک بوم‌نظام زراعی، نحوه ترکیب و توزیع اجزاء سیستم است (Burel and Baudry, 1995) و برای ارزیابی آن از معیارهایی مثل موجودی منبع[2]، تنوع و برابری[3] استفاده می‌شود. کارکرد بوم‌نظام زراعی بیانگر چگونگی انجام فرایندهای مورد انتظار از آن نظام است که با استفاده از ساختارهای موجود به چه سطحی از کمیت و کیفیت در تولیدات خروجی خود رسیده است. در سطح بوم‌نظام‌های زراعی منطقه‌ای، مرسوم‌ترین مبانی کارکردی شامل تولید، کارایی و درجه تأثیر هستند (Karr, 1993). ویژگی‌های سازمانی نشان‌دهنده این هستند که آیا سازمان آن سطح از بوم‌نظام زراعی به‌وسیله مکانیسم‌های خودتنظیمی استقرار یافته است یا به‌وسیله عامل‌های بیرونی کنترل می‌شود (Xu and Mage, 2001). درواقع ویژگی‌های سازمانی بیانگر این هستند که چگونه ساختار و کارکرد بوم‌نظام‌های زراعی تحت تأثیر عامل‌های خارجی قرار می‌گیرند. برای ارزیابی سازمان بوم‌نظام‌های زراعی از مفاهیمی مثل انسجام، خودتنظیمی، خودمختاری و خوداتکایی استفاده می‌شود (Noberg, 1999).

بررسی وضعیت سلامت بوم‌نظام‌های زراعی می‌تواند به نشان دادن شرایط موجود، پیش‌بینی آینده و طراحی روش‌هایی برای مقابله با مشکلات بوم‌نظام زراعی کمک کند. بررسی حاضر باهدف بررسی وضعیت سلامت ساختاری، سازمانی و کارکردی بوم‌نظام‌های زراعی سه استان گلستان، مازندران و گیلان طی یک دوره ده‌ساله صورت گرفت. شناسایی مهم‌ترین عامل‌های مؤثر در تغییر وضعیت سلامت این سه استان در دوره زمانی موردبررسی و همچنین مقایسه وضعیت سلامت کل بوم‌نظام در هر یک از سه استان از اهداف دیگر این پژوهش بود.

مواد و روش‌ها

در این بررسی، هر استان (گلستان، مازندران و گیلان) به‌عنوان واحد بررسی در نظر گرفته شد و داده‌های موردنیاز برای هر استان از سالنامه‌های آماری وزارت جهاد کشاورزی و مرکز آمار ایران برای دوره زمانی ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰ تهیه شد. محاسبه‌های مربوط به وضعیت سلامت بوم‌نظام‌های زراعی سه استان برای سال‌های دهه ۸۰ به تفکیک انجام شد. با توجه به داده‌های موجود ابتدا ویژگی‌های بوم‌نظام‌های زراعی در سه ملاک ارزیابی شامل ساختاری، کارکردی و سازمانی دسته‌بندی شدند. سپس به‌منظور کمی کردن هر ملاک شماری سنجه در نظر گرفته شد و این سنجه‌ها با توجه به تعریف‌های موجود در منابع مختلف (Rostami and Mohammadi, 2018; Mohammadi *et al*., 2016; Vafabakhsh *et al*., 2007; Koocheki *et al.,* 2003) به صورت زیر محاسبه شدند.

ملاک ساختاری

سنجه میزان بارندگی: این سنجه با تقسیم میزان بارندگی هر استان به میانگین بارندگی کشور در هرسال محاسبه شد.

سنجه ابعاد مالکیت اراضی زراعی: این سنجه از تقسیم مساحت کل اراضی زراعی هر استان (هکتار) به شمار کشاورزان استان تعیین شد.

سنجه سرانه زمین‌های کشاورزی: این سنجه به‌صورت نسبت مساحت کل اراضی زراعی استان (هکتار) به جمعیت استان تعریف شد.

[1] Self-dependence
[2] Resource availability
[3] Equitability

www.SID.ir

Archive of SID

سنجه تراکم زراعی: این سنجه با محاسبه نسبت سطح زیر کشت گیاهان زراعی هر استان (هکتار) به سطح کل موجود برای کشت گیاهان زراعی در استان (با احتساب آیش) تعیین شد.

سنجه تنوع گونه‌های زراعی: این سنجه با استفاده از شاخص تنوع شانو ن[1] با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد (Nassiri *et al.*, 2005):

$$H = -\sum_{i=1}^{s} \left[\frac{ni}{N}\right]\left[\mathrm{Ln}\left(\frac{ni}{N}\right)\right] \qquad (۱)$$

H شاخص تنوع شانون، n_i سطح زیر کشت گونه i ام در هر استان در هرسال معین و N کل سطح زیر کشت گیاهان زراعی در آن استان و سال معین است.

سنجه دسترسی به سامانه آبیاری تحت‌فشار: این سنجه با محاسبه نسبت مساحت اراضی تحت پوشش آبیاری تحت‌فشار (هکتار) به مساحت اراضی فاریاب استان (هکتار) حاصل شد.

سنجه دسترسی به ماشین‌های کشاورزی: این سنجه از تقسیم شمار تراکتور به‌عنوان وسیله کشنده موتوری در هر استان به سطح کل موجود برای کشت گیاهان زراعی در استان (با احتساب آیش) تعیین شد.

ملاک کارکردی

سنجه عملکرد: این سنجه برای گروه‌های مختلف گیاهان زراعی شامل غلات، حبوبات، صنعتی، سبزی‌ها و گیاهان جالیزی محاسبه شد. همچنین با توجه به اهمیت غلات، عملکرد آن‌ها در دو گروه آبی و دیم به‌صورت جداگانه بررسی شد. به‌این‌ترتیب از تقسیم میزان تولید هر گروه از محصولات زراعی (تن) به سطح زیر کشت آن گروه (هکتار) در هرسال، سنجه عملکرد برای آن گروه محصول زراعی به دست آمد.

سنجه عملکرد به ازای کاربرد کود نیتروژن: این سنجه از تقسیم عملکرد کل گیاهان زراعی در هرسال (تن) به کود نیتروژن مصرفی (تن) در آن سال به دست آمد.

سنجه هزینه تولید: این سنجه با جمع هزینه‌های مربوط به مراحل آماده‌سازی، کاشت، داشت و برداشت برای تولید یک تن گندم (ریال) محاسبه شد.

سنجه کاربری زراعی اراضی: این سنجه به‌صورت نسبت مساحت کل اراضی زراعی استان (هکتار) به مساحت استان (هکتار) تعریف شد.

ملاک سازمانی

سنجه تراکم زراعی دیم: این سنجه به‌صورت نسبت مساحت اراضی دیم استان (هکتار) به سطح کل موجود برای کشت گیاهان زراعی در استان (با احتساب آیش) محاسبه شد.

سنجه نسبت اراضی دیم به آبی: این سنجه از تقسیم مساحت اراضی دیم هر استان (هکتار) به مساحت اراضی آبی هر استان (هکتار) به دست آمد.

سنجه سطح زیر کشت بقولات: این سنجه به‌صورت نسبت سطح زیر کشت بقولات (هکتار)، به سطح زیر کشت محصولات زراعی هر استان (هکتار) محاسبه شد.

سنجه کاربرد سموم شیمیایی: این سنجه از تقسیم میزان کاربرد سموم شیمیایی (کیلوگرم یا لیتر) به سطح زیر کشت اراضی زراعی آبی (هکتار) به دست آمد.

سنجه کاربرد کودهای شیمیایی: این سنجه به‌صورت نسبت میزان کاربرد کودهای شیمیایی به سطح زیر کشت اراضی زراعی (هکتار) محاسبه شد.

ازآنجاکه سنجه‌های تشکیل‌دهنده هر ملاک واحدهای متفاوتی داشته و جمع‌پذیر نبودند (زیرا هر ملاک از مجموع سنجه‌های آن ملاک تشکیل شد)، عمل نرمال‌سازی داده‌ها با استفاده از معادله (۲) انجام شد تا سنجه‌ها بدون واحد شده و جمع‌پذیر شوند (Quyet Vu, 2014).

$$\mathrm{Xnorm1} = \frac{(\mathrm{X\text{-}Xmin})}{(\mathrm{Xmax\text{-}Xmin})} \qquad (۲)$$

که در این رابطه، Xnorm1 عدد نرمال شده، x داده موردنظر، Xmax داده بیشینه و Xmin داده کمینه است. برای سنجه‌هایی که تأثیر منفی بر سلامت بوم‌نظام زراعی داشتند، شامل تراکم زراعی، ابعاد کشتزارها، هزینه تولید، کاربرد کودها و سموم شیمیایی، پس از نرمال‌سازی از معادله (۳) استفاده شد:

$$\mathrm{Xnorm2} = 1\text{-}\mathrm{Xnorm1} \qquad (۳)$$

ازآنجاکه دامنه $\mathrm{Xnorm_1}$ بین صفر و یک بود، دامنه $\mathrm{Xnorm_2}$ نیز بین صفر و یک قرار گرفت، ولی مفهوم معکوس داشت. به‌این‌ترتیب به استانی که دارای بالاترین میزان از یک سنجه با تأثیر منفی بود، میزان صفر و به استانی که دارای کمترین میزان از یک سنجه با تأثیر منفی بود عدد یک تعلق گرفت. به‌عنوان‌مثال با توجه به اینکه کاربرد نهاده‌های شیمیایی تأثیر منفی بر سلامت بوم‌نظام دارد برای نرمال‌سازی سنجه مربوط به کاربرد کودهای شیمیایی از رابطه شماره ۳ استفاده

[1] Shannon index

www.SID.ir

Archive of SID

شد و بر این اساس کمترین میزان سنجه کاربرد کودهای شیمیایی برای استانی محاسبه شد که بیشترین میزان کاربرد کود شیمیایی را داشت. پس از نرمال‌سازی، وزن مربوط به هر سنجه در اعداد نرمال‌شده ضرب شد. درنهایت برای محاسبه هر ملاک در یک استان، از مجموع سنجه‌های آن ملاک در استان استفاده شد (Rostami and Mohammadi, 2018). سلامت کل بوم‌نظام زراعی حاصل‌جمع سنجه‌های ملاک‌های ساختاری، کارکردی و سازمانی در هر استان بود. سامان‌دهی اولیه داده‌ها و محاسبه سنجه‌های موردنظر با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

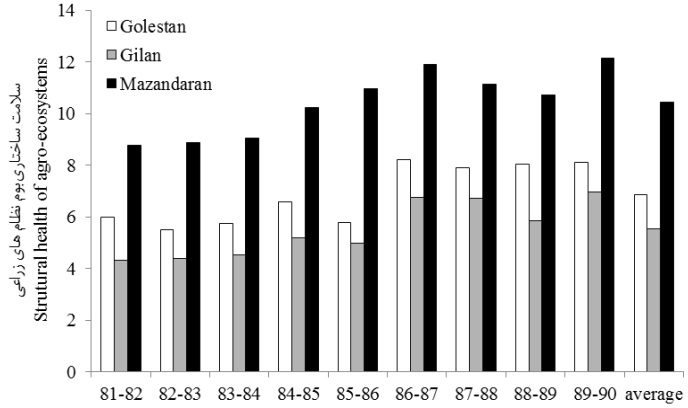
سلامت ساختاری

سلامت ساختاری سه استان گلستان، مازندران و گیلان طی سال‌های دهه ۸۰، در شکل ۱ مشاهده می‌شود. در همه‌ی سال‌های مورد بررسی، بوم‌نظام‌های زراعی استان مازندران در بالاترین و استان گیلان در پایین‌ترین سطح سلامت ساختاری قرار داشتند. سطح سلامت ساختاری بوم‌نظام‌های زراعی در سه استان یادشده، در دوره بررسی روند افزایشی داشت. مهم‌ترین عامل‌های مؤثر در روندی افزایشی سطح سلامت ساختاری در استان مازندران، افزایش تنوع گونه‌های زراعی و دسترسی بیشتر به سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار در سال‌های مورد بررسی بود (جدول ۱)، درحالی‌که در استان‌های گیلان و گلستان، افزایش شاخص بارندگی (میانگین بارندگی استان نسبت به میانگین بارندگی کشور)، دسترسی بیشتر به ادوات کشاورزی و همچنین سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار، مهم‌ترین عامل‌های روند افزایشی سطح سلامت ساختاری در سال‌های دهه ۸۰ شناخته شدند (جدول ۱).

مهم‌ترین سنجه‌هایی که منجر به برتری سلامت ساختاری استان مازندران نسبت به استان‌های گلستان و گیلان شدند، شامل تراکم زراعی کمتر و دسترسی بیشتر به سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار ماشین‌ها و ادوات کشاورزی و تنوع بیشتر گونه‌های زراعی بودند (جدول ۱).

مهم‌ترین عامل‌های مؤثر در پایین‌تر بودن سطح سلامت ساختاری بوم‌نظام‌های زراعی استان گیلان در همه‌ی سال‌های مورد بررسی شامل تنوع کم گونه‌های زراعی، دسترسی کمتر به ماشین‌های کشاورزی و سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و همچنین سرانه کم زمین‌های کشاورزی نسبت به استان‌های مازندران و گلستان بود (جدول ۱).

بخش عمده سطح زیر کشت در استان گیلان به کشت و تولید محصول برنج اختصاص دارد (۸۳ درصد اراضی تحت کشت) درحالی‌که سطح زیر کشت استان‌های مازندران و گلستان افزون بر برنج، بین گیاهانی مثل گندم، جو، سویا، کلزا، پنبه و دیگر گیاهان زراعی تقسیم شده است (Ministry of Agriculture, 2011). پژوهشگران دیگر نیز کمترین میزان شاخص تنوع شانون برای غلات را در استان گیلان گزارش کردند که دلیل آن غالبیت کشت برنج بود (Koocheki *et al*., 2004). تنوع زراعی اثرگذاری‌های چندی همچون کاهش کاربرد حشره‌کش‌ها و علف‌کش‌ها، بهبود قابلیت برگشت نظام کشاورزی در شرایط محیطی نامساعد، حفاظت از تنوع زیستی، بهبود حاصل‌خیزی و مواد



شکل ۱- سلامت ساختاری بوم‌نظام‌های زراعی استان‌های گلستان، مازندران و گیلان در سال‌های دهه ۸۰.

Fig. 1- Structural health of agroecosystems in northern provinces, 2002-11.

www.SID.ir

Archive of SID

آلی خاک دارد. بررسی‌های چندی تأثیر تنوع کشت و تولید محصول در کاهش آفات و بیماری‌ها، حفظ حاصل‌خیزی خاک و افزایش کارایی کاربرد آب را نشان داده است (Moonen and Barberi, 2008). به باور Altieri *et al.* (2012) تقویت تنوع گونه‌ای و منابع ژنتیکی و همچنین بهبود تنوع زیستی کارکردی با هدف افزایش برهمکنش‌های سودمند زیستی از مهم‌ترین اصول بوم‌شناختی کشاورزی است و به همین دلیل تنها بوم‌نظام‌هایی قادر به رویارویی با چالش‌های آینده بخش کشاورزی خواهند بود که افزون بر بهره‌وری و کارایی بالا، از تنوع زیادی نیز برخوردار باشند. درواقع می‌توان گفت که بالا بودن تنوع می‌تواند ساختار مناسبی برای ارائه کارکردهای متنوع بوم‌نظام زراعی فراهم آورد. بنابراین استان مازندران افزون بر سنجه‌ای که نشان‌دهنده فراهم بودن ساختار مناسب برای رسیدن به کارکرد مطلوب نظام کشاورزی است (تنوع گونه‌های زراعی) در مورد سنجه‌هایی که به‌طور مستقیم نشان‌دهنده ظرفیت ساختاری و توانایی بوم‌نظام زراعی برای رسیدن به کارکرد آن هستند (دسترسی به سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و ماشین‌های کشاورزی) نسبت به دو استان دیگر برتری داشت. اگرچه باید توجه داشت که این برتری نسبی بود (نسبت به استان‌های گلستان و گیلان) و اگر به مقادیر مربوط به میزان تراکم زراعی، دسترسی به سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و ماشین‌های کشاورزی در استان مازندران توجه شود، می‌توان نتیجه گرفت که برای بهبود سطح سلامت بوم‌نظام‌های زراعی در این استان، نیاز به برنامه‌ریزی و مدیریت دقیق است. به‌عنوان‌مثال با وجود تراکم زراعی کمتر در استان مازندران نسبت به استان‌های گلستان و گیلان، میزان این سنجه در سال‌های دهه ۸۰ در استان مازندران، حدود ۹۵ درصد بود. به این معنی که حدود ۹۵ درصد از اراضی زراعی در این استان هرساله زیر کشت می‌روند. بهره‌برداری پی‌درپی از اراضی زراعی به معنی فاصله گرفتن از برخی اصول بوم‌شناختی (اکولوژیک) مانند آیش و تناوب است.

دسترسی به سامانه‌های آبیاری در سه استان یادشده در دهه ۸۰ روندی افزایشی داشت و چنانکه بیان شد در استان مازندران بیشتر از دو استان دیگر بود، اما در پایان این دهه، تنها ۹ درصد از اراضی فاریاب استان مازندران تحت پوشش سامانه‌های تحت‌فشار بودند (میزان دسترسی در زمان مشابه در استان گیلان دو درصد و در استان گلستان سه درصد اراضی فاریاب بود). در بسیاری از نقاط جهان به‌ویژه کشورهای خاورمیانه ازجمله ایران، آبیاری باعث تهی شدن ذخایر آب زیرزمینی شده است زیرا تخلیه منابع آب سریع‌تر از جایگزینی این ذخایر است. از سوی دیگر آبیاری بیش‌ازحد افزون بر هزینه‌های اقتصادی، هزینه‌های محیط زیستی ازجمله غرقاب شدن و شور شدن اراضی زراعی را در پی خواهد داشت؛ بنابراین اصلاح مدیریت آب با بهره‌گیری از فنّاوری‌هایی با کارایی بیشتر ضرورت دارد. کارایی کاربرد آب در روش‌های سنتی آبیاری ۴۰ تا ۵۰ درصد است که با روش‌های آبیاری تحت‌فشار به ۸۰ تا ۹۰ درصد می‌رسد و نیمی از آب ذخیره می‌شود (Heermann *et al.*, 1990).

سلامت کارکردی

وضعیت سلامت کارکردی بوم‌نظام‌های زراعی سه استان گلستان، مازندران و گیلان در سال‌های دهه ۸۰ در شکل ۲ نشان داده‌شده است. بوم‌نظام‌های زراعی استان مازندران در همه‌ی سال‌های مورد بررسی به‌جز سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳، دارای سلامت کارکردی بالاتری نسبت به دو استان دیگر بودند و روند کلی تغییرپذیری‌های سلامت کارکردی در این استان در دوره بررسی افزایشی بود. بوم‌نظام‌های زراعی استان گیلان در همه‌ی سال‌های مورد بررسی به‌جز سال زراعی ۱۳۸۱-۸۲از سطح سلامت کارکردی پایین‌تری نسبت به دیگر استان‌های مورد بررسی دارا بودند.

افزایش سطح سلامت کارکردی بوم‌نظام‌های زراعی استان مازندران در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ نسبت به سال آغاز دهه ۸۰ بیشتر به دلیل افزایش عملکرد حبوبات و گیاهان جالیزی بود. درحالی‌که در سال‌های پایانی دهه ۸۰، افزایش عملکرد اغلب گروه‌های زراعی و همچنین افزایش عملکرد به ازای کاربرد کود نیتروژن (کارایی کاربرد نیتروژن) منجر به افزایش سطح سلامت کارکردی بوم‌نظام‌های زراعی در این استان شد.

مهم‌ترین دلایل برتری سطح سلامت کارکردی بوم‌نظام‌های زراعی استان مازندران طی سال‌های دوره بررسی نسبت به استان‌های گلستان و گیلان، عبارت‌اند از عملکرد بیشتر غلات آبی، دیم، گیاهان جالیزی و حبوبات و همچنین هزینه تولید کمتر و کارایی کاربرد نیتروژن بیشتر (جدول ۱). در بررسی‌های محققان مختلف درزمینه پایداری نظام‌های تولید، عملکردهای پایین محصولات زراعی، یکی از دلایل مهم پایین بودن امتیاز پایداری نظام‌های زراعی به‌شمار آمدند (Kalantari and Mirgohar, 2002).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- میانگین مقادیر نرمال‌سازی شده شاخص‌های سلامت بوم‌نظام‌های زراعی در استان‌های شمالی.

Table 1. Average of normalized indicators of agroecosystems health in northern provinces.

سنجه Indicator	Mazandaran	Gilan	Golestan
بارندگی Mean of annual precipitation	1.79	2.15	0.80†
تنوع زراعی Agronomic diversity	2.57	0.22	2.49
تراکم زراعی* Cropping intensity	1.63	1.16	0.01
آبیاری تحت‌فشار Pressurized irrigation	1.62	0.50	0.57
دسترسی به ادوات Machinary application	1.65	0.43	1.03
ابعاد کشتزار* Field size	0.85	0.99	0.09
سرانه زمین Agricultural land per capita	0.34	0.06	1.89
کاربری زراعی اراضی Arable land/total area ratio	0.13	0.07	0.93
کارایی کاربرد نیتروژن Nitrogen use efficiency	0.64	0.11	0.40
عملکرد غلات آبی Yield of irrigated cereal	2.27	1.01	0.59
عملکرد غلات دیم Yield of dryland cereal	2.25	1.15	2.00
عملکرد حبوبات Yield of pulses	0.88	0.33	0.11
عملکرد صنعتی Yield of industrial plants	0.57	1.67	0.56
عملکرد سبزی‌ها Yield of vegetable crops	1.71	0.52	2.56
عملکرد جالیز Yield of kitchen garden plants	2.35	1.12	1.13
هزینه تولید* Production costs	0.69	0.58	0.59
تراکم زراعی دیم* Dry land cropping intensity	0.66	0.06	0.94
مساحت دیم به آبی Dry land area/irrigated land area	1.11	0.06	1.79
سطح زیر کشت بقولات Area of N fixing crops	1.63	0.61	0.28
استفاده از کودهای شیمیایی* Chemical fertilizers	0.38	0.23	0.63
استفاده از سموم شیمیایی* Chemical pesticides	1.73	2.20	2.61

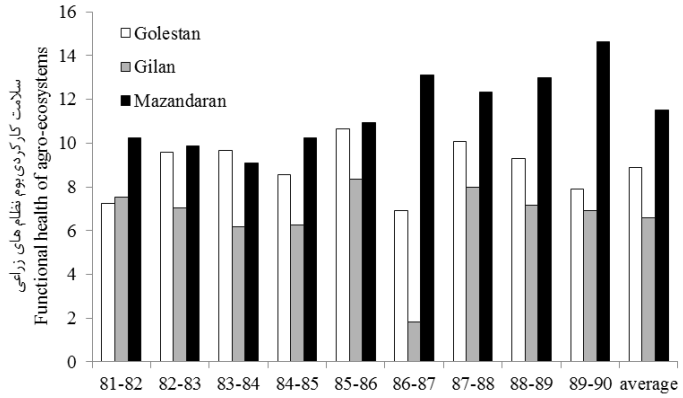
میزان عددی هر سنجه بیانگر میزان اهمیت آن سنجه در سلامت بوم‌نظام زراعی است.†

† The numerical value of each indicator represents the significance of that indicator in agro-ecosystem health

* شماری از سنجه ها شامل تراکم زراعی، ابعاد کشتزارها، هزینه تولید، میزان کاربرد کودهای و سموم شیمیایی تاثیر منفی بر سلامت بوم‌نظام زراعی دارند. اگر نرمال سازی همانند گروه دارای تاثیر مثبت صورت می‌گرفت در این حالت استانی که نهاده های شیمیایی بیشتری کاربرد می‌کرد امتیاز بیشتری می‌گرفت که نتایج پژوهش را دچار خطای کامل می‌کرد. برای این گروه از سنجه‌ها روش نرمال سازی متفاوتی استفاده شد، یعنی پس از انجام نرمال سازی اولیه برای همه سنجه‌ها، برای سنجه‌هایی که افزایش آن‌ها تاثیر منفی در سلامت بوم‌نظام زراعی داشت از رابطه $Xnorm_2 = 1\text{-}Xnorm_1$ استفاده شد. در این شرایط کاربرد کمتر سموم و کودهای شیمیایی و تراکم کمتر زراعی باعث می‌شود امتیاز محاسبه شده برای این سنجه‌ها بالاتر باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



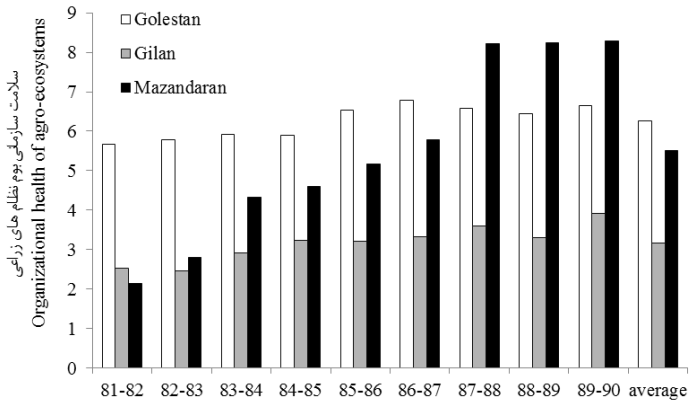
شکل ۲- سلامت کارکردی بوم‌نظام‌های زراعی استان‌های گلستان، مازندران و گیلان در سال‌های دهه ۸۰.
Fig. 2- Functional health of agroecosystems in northern provinces, 2002-11

به‌شمار آمدند (Kalantari and Mirgohar, 2002). از آنجا که بخش قابل توجهی از کل انرژی ورودی به مزارع به کودهای نیتروژنی ارتباط دارد (Mohammadzadeh *et al*., 2016)، افزایش کارایی مصرف نیتروژن می‌تواند منجر به بهبود وضعیت پایداری و سلامت بوم نظام شود. Vafabakhsh *et al*. (2007) در بررسی سلامت بوم‌نظام‌های زراعی مشهد، افزایش هزینه تولید را یکی از سنجه‌های مؤثر در کاهش سطح سلامت بوم‌نظام‌های زراعی منطقه یادشده در دوره ۲۰ ساله بررسی دانستند.

سلامت سازمانی

در شکل ۳ سلامت سازمانی بوم‌نظام‌های زراعی سه استان گلستان، مازندران و گیلان، در سال‌های دهه ۸۰ نشان داده شده است. چنانکه ملاحظه می‌شود، به‌استثنای نخستین سال بررسی، در همه‌ی سال‌های آن دهه بوم‌نظام‌های زراعی استان گیلان کمترین سطح سلامت سازمانی را داشتند (در سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱ بوم‌نظام‌های زراعی استان مازندران دارای کمترین سطح سلامت سازمانی بودند). از سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱ تا پایان سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶، بوم‌نظام‌های زراعی استان گلستان و در سه سال پایانی دوره بررسی بوم-نظام‌های زراعی استان مازندران بالاترین سطح سلامت سازمانی را داشتند.

در استان گیلان، بالا بودن تراکم زراعی دیم و نسبت کم اراضی دیم به آبی و کاربرد زیاد کودهای شیمیایی، مهم‌ترین دلایل ضعف سلامت سازمانی بوم‌نظام‌های زراعی این استان در دوره بررسی بودند. استفاده بیش‌ازحد از کودها به میزان و بارهای پی‌درپی، افزون بر آلودگی محیط، توانایی کارکردی خاک را برای نگهداری و تبدیل عنصرهای غذایی و همزمانی فراهمی آن‌ها با نیاز گیاه مختل می‌کند. ضمن اینکه تغذیه مستقیم گیاه از طریق کاربرد کودهای شیمیایی با اصول بوم‌شناختی (اکولوژیک) در تضاد است. از دیدگاه



شکل ۳- سلامت سازمانی بوم‌نظام‌های زراعی استان‌های گلستان، مازندران و گیلان در سال‌های دهه ۸۰.
Fig. 3- Organizational health of agroecosystems in northern provinces, 2002-11.

www.SID.ir

Archive of SID

بوم‌شناختی، بهترین و سالم‌ترین روش تغذیه گیاه، تغذیه خاک است (Bender and Heijden, 2015). به این مفهوم که حاصل‌خیزی خاک باید از طریق مواد آلی و نهاده‌های زیستی (بیولوژیک) تأمین شود تا با این روش، مواد غذایی برای استفاده گیاهان فراهم شود. کاربرد پی‌درپی کودهای شیمیایی می‌تواند از طریق کاهش ماده آلی خاک باعث کاهش بهره‌وری خاک و افت کارایی زراعی کودهای شیمیایی شود که این امر خود باعث افزایش کاربرد کودهای شیمیایی در سال‌های بعد و کاهش پایداری بوم‌نظام خواهد شد (Mulvaney *et al*., 2009). بنا بر نظر Koocheki (2003) مهم‌ترین دلایل عدم پایداری وضعیت محیط‌زیست در ایران آلودگی‌های ناشی از کاربرد بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی، استفاده بی‌رویه از منابع طبیعی، فرسایش خاک و جنگل-زدایی است. Davarpanah *et al*. (2017) نیز با انجام مطالعه‌ای در استان اردبیل به این نتیجه رسیدند که میزان کاربرد نهاده‌های شیمیایی (کود و سم) در مقایسه با سایر شاخص‌های مورد مطالعه، نقش بیشتری در تعیین پایداری کشاورزی داشت.

در استان مازندران افزایش نسبت سطح زیر کشت دیم به آبی، کاهش تراکم زراعی و بیشتر بودن سطح زیر کشت بقولات باعث شد که وضعیت سلامت سازمانی در مقایسه با استان گیلان ارتقاء یابد (جدول ۱). استفاده از بقولات در بوم‌نظام‌های زراعی یکی از روش‌های پایدار افزایش حاصل-خیزی و مدیریت بهینه خاک است زیرا این گیاهان توانایی تثبیت نیتروژن دارند و علاوه بر این استفاده از لگوم‌ها در تناوب با سایر محصولات زراعی، خدمات بوم‌شناختی چندی مانند افزایش مواد آلی خاک، کاهش فرسایش آبی و بادی و افزایش تنوع زیستی به همراه دارد (Glover *et al*., 2010). به‌این‌ترتیب استفاده از تناوب درست و کشت بیشتر لگوم‌ها باعث خوداتکایی بیشتر بوم‌نظام‌های زراعی و درنتیجه سلامت سازمانی بالاتر می‌شود که نشان‌دهنده روابط درست بوم‌نظام زراعی در تبادل با محیط بیرون است و شرایط را برای ارائه کارکردهای بوم‌نظام زراعی بیشتر فراهم می‌کند. درحالی‌که وابستگی بیشتر بوم‌نظام‌های زراعی به سموم دفع آفات و علف‌های هرز و استفاده روزافزون از آن‌ها مساوی کاهش خوداتکایی بوم‌نظام‌های زراعی است. درنتیجه سازمان بوم‌نظام زراعی ضعیف شده و در صورت وجود آفات توانایی حفظ عملکرد مناسب از طریق واکنش‌های خودتنظیمی و چرخه‌های داخلی را نخواهد داشت. پس می‌توان گفت که بوم‌نظام زراعی با کاربرد سموم شیمیایی کمتر ازلحاظ سازمانی سالم‌تر است.

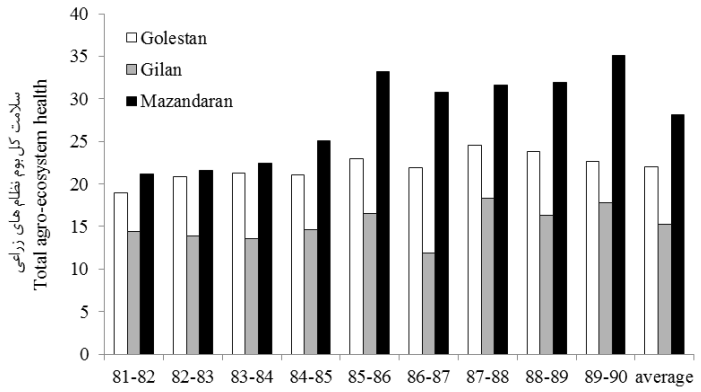
از سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱ تا پایان سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶، بوم‌نظام‌های زراعی استان گلستان به دلیل تراکم زراعی دیم بهتر و بیشتر بودن نسبت اراضی دیم به آبی و از سوی دیگر کاربرد کمتر کودها و سموم شیمیایی نسبت به استان‌های مازندران و گیلان در دوره بررسی، دارای سطح سلامت سازمانی بالاتری بودند. ازآنجاکه در نظام‌های دیم آب موردنیاز گیاه به‌طورعمده از طریق بارندگی‌ها تأمین می-شود، بنابراین مشکل شور شدن در این خاک‌ها کمتر از اراضی فاریاب است. نظام‌های دیم نیاز به کاربرد نهاده کمتری برای تولید دارند و بیشتر از طریق مدیریت درست در مراحل آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت گیاه و برداشت محصول به عملکرد بیشتر می‌رسند؛ بنابراین می‌توان گفت که خودمختاری این نظام‌ها بیشتر است و بوم‌نظام زراعی که سطح زیر کشت دیم آن نسبت به اراضی فاریاب بالاتر باشد، خودمختارتر بوده و ازلحاظ سازمانی سالم‌تر است (Mohammadi *et al*., 2016).

چنانکه در شکل ۴ ملاحظه می‌شود، در همه‌ی سال‌های مورد بررسی سلامت کل بوم‌نظام‌های زراعی استان مازندران در مقام اول، استان گلستان در مقام دوم و استان گیلان در مقام سوم قرار داشتند. در استان مازندران سلامت کل در دهه ۸۰ روندی افزایشی داشت که دلیل آن، روند افزایشی در هر سه بخش ساختاری، کارکردی و سازمانی بود. اگرچه سطح سلامت ساختاری بوم‌نظام‌های زراعی این استان در دهه ۸۰ در وضعیت به‌نسبت مطلوبی بود، اما در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ بالاتر بودن امتیاز سلامت کارکردی و در سه سال پایانی دوره بررسی سطح بالاتر سلامت سازمانی، تأثیر بیشتری در بالا بودن سلامت کل بوم‌نظام‌های زراعی این استان داشتند.

در استان گیلان، بوم‌نظام‌های زراعی در هر سه بخش ساختاری، کارکردی و سازمانی در سطح ضعیفی قرار داشتند که منجر به پایین‌تر بودن سلامت کل بوم‌نظام‌های زراعی استان در دوره بررسی شد. در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ کاهش شدید سطح سلامت کل در بوم‌نظام‌های زراعی این استان به‌طورعمده به دلیل کاهش سطح سلامت کارکردی بود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- سلامت کل بوم‌نظام‌های زراعی استان‌های گلستان، مازندران و گیلان در سال‌های دهه ۸۰.
Fig. 4- Total health of agro-ecosystems in northern provinces, 2002-11.

درواقع عملکرد همه گروه‌های زراعی، عملکرد به ازای کاربرد نیتروژن و همچنین کاربری زراعی اراضی در این سال نسبت به دیگر سال‌ها و استان‌های مورد بررسی در سطح پایین‌تری قرار داشت. به‌طورکلی در این استان بخش اعظم اراضی کشاورزی زیر کشت بوده و استفاده از آیش در مدیریت بوم‌نظام‌های زراعی محدود بود. در این تراکم زراعی بالا، تنوع گونه‌های زراعی نقش چندانی نداشت زیرا بارندگی و شرایط اقلیمی مناسب، همراه با ویژگی‌های مناسب خاک، کشاورزان این استان را به تک‌کشتی برنج و استفاده هرچه بیشتر از اراضی کشاورزی در همه طول سال ترغیب می‌کند. درحالی‌که تولید محصول در کشاورزی بسیار مرتبط با کارکردهای مختلف تنوع زیستی است. در بررسی Mahdavi Damghani *et al.* (2005) نیز تنوع گونه‌ای تأثیر شایان توجهی بر میزان نهایی شاخص پایداری داشت. افزون بر شرایط نامناسب ساختاری در بوم‌نظام‌های زراعی استان گیلان، خوداتکایی (اختصاص مساحت کم به کشت بقولات و کاربرد زیاد سموم شیمیایی) و خودمختاری کم (کم بودن نسبت اراضی دیم به آبی) منجر به ضعف سلامت سازمانی بوم‌نظام‌های زراعی شد. به این ترتیب بوم‌نظام‌های زراعی استان گیلان به دلیل سلامت ساختاری و سازمانی ضعیف توانایی ارائه کارکرد مطلوب را نداشتند. این امر در پایین بودن عملکرد گروه‌های مختلف زراعی و عملکرد کم به ازای کاربرد کود نیتروژن مشهود است.

بوم‌نظام‌های زراعی استان گلستان در دوره بررسی ازلحاظ سازمانی وضعیت بهتری نسبت به ویژگی‌های کارکردی و ساختاری داشتند. ویژگی‌های کارکردی این بوم‌نظام‌ها در اغلب سال‌های مورد بررسی (به‌جز سال زراعی ۱۳۸۳-۸۴) در سطح پایین‌تری قرار داشتند.

نتیجه‌گیری

در مقایسه سه استان شمالی کشور، بوم‌نظام‌های زراعی استان گیلان سطح سلامت کمتری نسبت به دو استان دیگر داشت. بنابراین بهره‌برداری پایدار از بوم‌نظام‌های زراعی این استان نیاز به برنامه‌ریزی و مدیریت دقیق دارد. افزایش تنوع کشت گونه‌های زراعی، کاهش تراکم زراعی و بهبود دسترسی به ماشین‌های کشاورزی در استان موجب افزایش سطح سلامت ساختاری بوم‌نظام‌ها خواهد شد. استفاده از بقولات در تناوب و کاهش کاربرد نهاده‌های شیمیایی می‌تواند با افزایش سطح سلامت سازمانی، توانایی بوم‌نظام‌های زراعی استان را در ارائه کارکردهای متنوع افزایش داده و درمجموع باعث افزایش سطح سلامت کل شود. در استان گلستان توجه به ویژگی‌های ساختاری بوم‌نظام‌های زراعی (به‌ویژه کاهش تراکم زراعی و افزایش دسترسی به سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و ماشین‌های کشاورزی) در کنار شرایط به‌نسبت مطلوب سلامت سازمانی بوم‌نظام‌ها می‌تواند منجر به افزایش سلامت کارکردی و درنهایت ارتقاء سلامت کل بوم‌نظام‌های زراعی شود.

منابع

Alkorta, I., Albizu, I., Amezaga, I., Onaindia, M., Buchner, V. and Garbisu, C., 2004. Climbing a ladder: A step-by-step approach to understanding the concept of agroecosystem

www.SID.ir

Archive of SID

health. Reviews on Environmental Health. 19(2), 141-159.

Altieri, M.A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment. 74, 19-31.

Altieri, M.A., Funes-Monzote, F.R. and Petersen, P., 2012. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. Agronomy and Sustainable Development. 32, 1–13.

Bender, S.F. and Heijden, M.G.A., 2015. Soil biota enhance agricultural sustainability by improving crop yield, nutrient uptake and reducing nitrogen leaching losses. Journal of Applied Ecology. 52, 228-239.

Burel, F.M. and Baudry, J., 1995. Species biodiversity in changing agricultural landscapes: a case study in the Pays d'a´uge, France. Agriculture, Ecosystems and Environment. 55, 193–200.

Davarpanah, S., Hashemibonab S. and Khodaverdizadeh. M., 2017. Assessment of agricultural sustainability in Ardebil Province using a hybrid approach AHP and TOPSIS. Journal of Agroecology. 7 (2), 17-30. (In Persian with English abstract).

Gallopin, G.C., 1995. The potential of agroecosystem health as a guiding concept for agricultural research. Ecosystem Health. 3, 129–140.

Glover, J.D., Reganold, J.P., Bell, L.W., Borevitz, J., Brummer, E.C., Buckler, E.S. and Xu, Y., 2010. Increased food and ecosystem security via perennial grains. Science. 328(5986), 1638-1639.

Heermann, D.F., Wallender, W.W. and Bos, M.G., 1990. Irrigation efficiency and uniformity. In: Hoffman, G.S., Howell, T.A., Soloman, K.H. (Eds.), Management of Farm Irrigation System. ASAE, St. Joseph, MI, pp. 125–149.

Heinberg, R., 2010. Peak Everything: Waking Up to the Century of Declines. New Society Publishers, Gabriola Island, Canada.

Kalantari, K.H. and Mirgohar, M., 2002. Assessing of effective factor on level and amount of technical knowledge and its role in irrigated wheat crop in Tehran and Esfahan. Agricultural Economic and Development. 40,103-125. (In Persian with English abstract).

Karr, J.R., 1993. Measuring biological integrity: lessons from streams. In: Woodley, S., Kay, J.J., Francis, G. (Eds.), Ecological Integrity and the Management of Ecosystems. St. Lucie Press, Delray Beach, Felorida, pp. 83–104.

Koocheki, A., 2003. Sustainable Agriculture and the Environment. Final report of the future of the food, Islamic Republic of Iran, Academy of Sciences, Tehran, Iran.

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Zarea Fizabadi, A. and Jahanbin, G., 2004. Diversity of cropping systems in Iran. Agronomy and Horticulture. 63(2), 70-83. (In Persian with English abstract).

Li, B., Xie, H., Wu, J., Hong, R., Chong, J. and Wang, C., 2007. Study on the agro ecosystem health assessment in Western China. In Proceedings Geoscience and Remote Sensing Symposium, 23th-28th July, Barcelona, Spain. pp. 813–818.

Mahdavi Damghani, A.M., Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P. and Nasiri Mahalati, M., 2005. Ecological Sustainability of a Wheat-cotton Agroecosystem in Khorassan. Iranian Agricultural Research. 3(1), 129-142. (In Persian with English abstract).

Ministry of Agriculture, 2011. Statistics. Available online at: http://amar.maj.ir.

Mohammadi, H., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Jahan, M., 2016. Study of agroecosystem heath in western provinces of Iran. Journal of Environmental Sciences. 14(1), 39-50. (In Persian with English abstract).

Mohammadzadeh, A., Mahdavi Damghani, A., Vafabakhsh, J. and Deihimfard, R., 2016. Sustainability assessment of wheat and barley agroecosystems by quantitative indices: Case study for Maragheh Bonab plain, East Azerbaijan province. Journal of Agroecology. 6 (2), 319-337. (In Persian with English abstract).

Moonen, A.C. and Barberi, P., 2008. Functional biodiversity: an agroecosystem approach. Agriculture, Ecosystems and Environment. 127(1–2), 7–21.

Mulvaney, R.L., Khan, S.A. and Ellsworth, T.R., 2009. Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen: A global dilemma for sustainable cereal production. Journal of Environmental Quality. 38(6), 2295-2314.

Nassiri, M., Koocheki, A. and Mazaheri, D., 2005. Diversity of crop species in Iran. Biaban. 10(1), 33-50. (In Persian with English abstract).

Noberg, J., 1999. Linking natures services to ecosystems: Some general ecological concepts. Ecological Economics. 29, 183-202.

Okey, B.W., 1996. Systems approaches and properties, and agroecosystem health. Journal of Environment Management. 48, 187–99.

Quyet Vu, M., 2014. Multi-level assessment of land degradation: the case of Vietnam. Ph.D. Thesis. Bonn University, Germany.

Rodrigues, M., Santos, L., Tiago, P., Rodrigues, A.P., de Souza, C.R., Lopes, C.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S. and Chaves, M.M., 2008. Hydraulic and chemical signalling in the

www.SID.ir

Archive of SID

regulation of stomatal conductance and plant water use in field grapevines growing under deficit irrigation. Functional Plant Biology. 35, 565–579.

Rostami, M. and Mohammadi, H., 2018. An assessment of the sustainability of agricultural systems in Golestan province, Iran. International Journal of Agricultural Management and Development. 8(1), 67-76.

Shiyomi, M. and Koizumi, H., 2001. Structure and Function in Agroecosystem Design and Management, CRC Press, Boca Raton, Florida.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B.A, Ogle, S., Omara, F., Rice, C., Scholes, B. and Sirotenko, O., 2007. Agriculture in Climate Change Mitigation. Cambridge University Press., Cambridge, UK.

Su, S., Zhang, Z., Xiao, R., Jiang, Z., Chen, T., Zhang, L. and Wu, J., 2012. Geospatial assessmented index based on catastrophe theory. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment. 26, 321-334.

Vafabakhsh, K., Koocheki, A. and Nassiri Mahallati, M., 2007. Agroecosystem health assessment in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research. 5(1), 177-186. (In Persian with English abstract).

Xu, W. and Mage, J.A., 2001. A review of concepts and criteria for assessing agroecosystem health including a preliminary case study of southern Ontario. Agriculture, Ecosystem and Environment. 83, 215-233.

Zhou, P., Lukkanen, O., Tokola, T. and Nieminen, J., 2008. Effect of vegetation cover on soil erosion in a mountainous watershed. Catena. 75, 319-325.

Zhu, W., Wang, S. and Caldwell, C.D., 2012. Pathways of assessing agroecosystem health and agroecosystem management. Acta Ecologica Sinica. 32, 9-17.

www.SID.ir

Archive of SID

Comparison of agroecosystem health in northern provinces of Iran 2002-11

Hoda Mohammadi ,[1] Majid Rostami [1,*] and Reza Mirzaei Talarposhti [2]
[1]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Malayer University, Malayer, Iran.
[2]Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
[*]Corresponding author: m.rostami@malayeru.ac.ir
Received: 2018.01.22
Accepted: 2018.04.21
Mohammadi, H., Rostami, M., and Mirzaei Talarposhti, R., 2018. Comparison of agroecosystem health in Northern provinces of Iran 2002-11. Journal of Agroecology. 8 (1), 1-14.

Introduction: In the last century, agroecosystems have been considered as production units despite their range of functions. The variety of methods used to maximize production have had a negative impact on the dimensions and functions of the agroecosystem (Alkorta *et al*., 2004). Industrial agriculture methods have resulted in a series of negative environmental effects such as contamination of surface drainage and groundwater with pesticides and highly-soluble chemical fertilizers, soil compaction by excessive use of machinery, reduction in biodiversity, overexploitation of natural resources, and high rates of carbon emission due to direct or indirect consumption of petroleum. In different parts of the world, especially in developed countries, the expansion of agricultural lands and the intensification of production methods reach their socioeconomic and environmental limitations. Therefore sustainable agriculture with its holistic principles have a key role in finding solutions for these challenges. The correct management of soil, water and fertilizer is critical for sustainable agriculture, because such management can increase food production and enhance the quality of the environment. Evaluation of different aspects of agroecosystem health (i.e. structural, functional, and organizational) is an acceptable method for monitoring and comparing systems (Xu and Mage, 2001). The current study has been performed to determine the trend of changes in agroecosystem health in the three northern provinces of Iran.

Materials and methods: The current survey was conducted in order to compare the health status of agroecosystems in three important Northern provinces of Iran (Gilan, Mazandaran and Golestan) during the period of 2002-11. The required data and information was obtained from a formal statistical database. Different indicators selected and calculated based on their scientific definitions (Mohammadi *et al*., 2016; Vafabakhsh *et al*., 2007) and for each year the total numerical value for health conditions was calculated using different indicators. Because of the different nature of selected indicators and also their wide range, in order to facilitate a comparison of all the calculated indicators normalized using the appropriate equations.

Results and discussion: Based on results in all of the studied years, the highest value of structural health calculated was for Mazandaran Province and the lowest value was for Gilan Province. In all three provinces, the trend of changes in structural health during the study period was incremental. It seems that in Mazandaran, the higher values for some of the calculated indicators such as area pressurized irrigation, machinery applications, cropping intensity, and agronomic diversity improved the structural health compared to other provinces under study. The same results were also observed for functional health and in all years of study except 2004, the highest values of functional health calculated for Mazandaran agro-ecosystems. The main reasons for better conditions of functional health in Mazandaran were higher values of different indicators such as yield of irrigated and dryland cereals, yield of pulses and kitchen garden plants, production costs and nitrogen use efficiency. The organizational health status was somewhat different. During the first six years the organizational health in Golestan was higher, while in the rest of the years Mazandaran had better organizational health status than the other two provinces. The higher organizational health in Golestan was due to the higher value of different indicators such as dryland cropping intensity, dryland area/irrigated land area, application of chemical fertilizers and application of chemical pesticides.

Conclusion: Based on the results during the years of study, the total agroecosystem health in Mazandaran was higher than in the two other provinces. Golestan ranked second and Gilan third. The structural and organizational health of agroecosystems in Mazandaran had a more effective role in its higher health. Agroecosystems of Gilan

www.SID.ir

Archive of SID

were weakest in all three criteria. In Golestan, the organizational health of agroecosystems was better than functional and structural health.

Keywords: Structural health, Organizational health, Functional health, Sustainable agriculture.

References:

Alkorta, I., Albizu, I., Amezaga, I., Onaindia, M., Buchner, V., Garbisu, C., 2004. Climbing a ladder: A step-by-step approach to understanding the concept of agroecosystem health. Reviews on Environmental Health, 19(2), 141-159.

Mohammadi, H., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Jahan, M. 2016. Study of agroecosystem heath in western provinces of Iran. Journal of Environmental Sciences, 14(1), 39-50. (In Persian with English abstract)

Vafabakhsh, K., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., 2007. Agroecosystem health assessment in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research. 5(1), 177-186. (In Persian with English abstract)

Xu, W., Mage, J. A., 2001. A review of concepts and criteria for assessing agroecosystem health including a preliminary case study of southern Ontario. Agriculture, Ecosystems and Environment. 83, 215-233.

www.SID.ir