نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 953-941

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 941-953

بررسی سلامت بوم‌نظام‌های زراعی در استان‌های شرقی ایران

هدا محمدی[1]، علیرضا کوچکی[2*]، مهدی نصیری محلاتی[2] و محسن جهان[3]

تاریخ دریافت: 1394/03/13
تاریخ پذیرش: 1394/06/21

محمدی، ه.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، و جهان، م. 1398. بررسی سلامت بوم‌نظام‌های زراعی در استان‌های شرقی ایران. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 953-941.

چکیده

بوم‌نظام‌های زراعی که توسط بشر با هدف تولید غذا و فیبر مدیریت می‌شوند اگرواکوسیستم نام دارند که علاوه بر تولید نیازهای اولیه بشر، خدمات متنوع و مهمی نیز دارند. امّا مدیریت نادرست با هدف تولید بیش‌تر محصولات کشاورزی، منجر به ناتوانی بوم‌نظام‌های زراعی در ارائه خدمات و کارکردهای مورد انتظار شده است. از این رو ارزیابی و نظارت بر بوم‌نظام‌های زراعی با هدف مدیریت صحیح آن‌ها و تولید پایدار ضروری به نظر می‌رسد. در این مطالعه سلامت بوم‌نظام‌های زراعی چهار استان شرقی کشور شامل خراسان شمالی، خراسان رضوی، خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان، طی سال‌های 1381 تا 1390 از لحاظ ساختاری، کارکردی، سازمانی و در نهایت سلامت کل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که از لحاظ سلامت ساختاری استان سیستان و بلوچستان بیش‌ترین امتیاز و استان خراسان رضوی کم‌ترین امتیاز را داشت. از لحاظ سلامت کارکردی استان‌های خراسان رضوی و خراسان جنوبی به‌ترتیب بهترین و بدترین شرایط را داشتند. بر اساس نتایج به‌دست آمده استان سیستان و بلوچستان بیش‌ترین و استان خراسان رضوی کم‌ترین امتیاز را از لحاظ سازمانی کسب کردند. بوم‌نظام‌های زراعی تمامی استان‌ها به‌جز خراسان جنوبی از لحاظ سلامت کل در مرتبه ضعیف و خراسان جنوبی در مرتبه بسیار ضعیف قرار گرفتند. در مجموع سلامت کل استان خراسان رضوی بیش‌تر از سایر استان‌ها و سلامت کل استان خراسان جنوبی کم‌تر از سایر استان‌ها بود. بارندگی کم، تراکم زراعی بالا، عدم دسترسی کافی به سیستم آبیاری تحت فشار، اختصاص مساحت کمی از اراضی زراعی به گیاهان علوفه‌ای، چندساله و تثبیت‌کننده نیتروژن، فشردگی خاک، کم بودن عملکرد در کلیه گروه‌های زراعی، پایین بودن بهره‌وری نیتروژن و عدم توجه به توسعه مراکز تولید حشرات مفید از جمله مهم‌ترین دلایل مشترک در تنزل سلامت بوم‌نظام‌ها در استان‌های مذکور بود.

واژه‌های کلیدی: بوم‌شناسی کشاورزی، پایداری، ثبات، سلامت ساختاری، کارکرد

مقدمه

بوم‌نظام‌های زراعی (اگرواکوسیستم‌ها) توسط بشر برای تولید غذا و فیبر مدیریت می‌شوند. بوم‌نظام‌ها، سیستم‌هایی با پیچیدگی زیاد هستند و از اجزایی تشکیل شده‌اند که به‌صورت سلسله مراتبی در مقیاس‌های مختلف قابل بررسی هستند. به‌عنوان مثال، می‌توان بوم‌نظام‌ها را در سطح یک کرت، مزرعه، اجتماع روستایی و یا کشور مورد بررسی قرار داد.

مفهوم بوم‌نظام در هر سطح، ابعاد اقتصادی، محیطی و انسانی را در بر می‌گیرد. در واقع بوم‌نظام‌ها کارکردهای متنوعی دارند که علاوه بر تولید غذا، فیبر و سود اقتصادی شامل حفاظت از زمین، حفظ چشم‌انداز، کاهش فرسایش آبی و بادی و کاهش گازهای گلخانه‌ای نیز می‌شود (Farber et al., 2006; Lant et al., 2005). در سال‌های اخیر روش‌های نادرست کشاورزی هم‌چون فشرده‌سازی، گسترش تک‌کشتی، کاهش تنوع، استفاده از سموم و کودهای

1-دانش آموخته دکتری گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
2- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
3-دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i3.47264

شیمیایی که به‌منظور افزایش هرچه بیش‌تر عملکرد و سود اقتصادی به‌کار می‌روند باعث خسارت به بوم‌نظام‌ها شده‌اند. چنین سیستم‌هایی کارکرد لازم را ندارند و برای حفظ تولید نیاز به نهاده‌های کمکی دارند (Caporali & Campligia, 2001). مهم‌ترین چالش مدیریت بوم-نظام‌ها در قرن بیست‌ویکم، گسترش سیستم‌های تولید به نحوی است که تولیدات پایدار داشته باشند، تنوع و کارکردهای طبیعی اکوسیستم را حفظ کنند، از لحاظ اقتصادی پویا باشند و از لحاظ اجتماعی باعث پیشرفت کشاورزان در جامعه جهانی شوند (Robertson & Swinton, 2005). یکی از مفاهیم مورد استفاده در این زمینه به‌منظور تجزیه و تحلیل و مدیریت بوم‌نظام‌ها، مفهوم سلامت آن‌ها است. سلامت بوم‌نظام با اجتماع بشری، اقتصاد و محیط مرتبط است (Alkorta et al., 2004) و برای بررسی آن دانشمندان مختلف معیارهای متفاوتی را مورد نظر قرار داده‌اند (Conway, 1987; Xun& Mage, 2001; Vadrevunet al., 2008). برخی محققان تولید[1]، ثبات[2]، برابری[3] و خوداتکایی[4] را به‌عنوان ویژگی‌های سلامت مورد بررسی قرار داده‌اند (Conway & McCracken, 1990; Gallopin, 1994).

برای بررسی سلامت بوم‌نظام‌های غرب چین، لی و همکاران (Li et al., 2007) از پویایی[5]، ساختار[6] و قابلیت بازگشت[7] استفاده کردند. وادریو و همکاران (Vadrevu et al., 2008) از شش متغیر شامل سلامت خاک، تنوع زیستی، شرایط توپوگرافیکی (وضعیت اراضی)، اقتصاد مزرعه، اقتصاد واحد زراعی و ساختارهای اجتماعی برای کمّی کردن سلامت بوم‌نظام‌های ایالت اوهایو استفاده کردند. ژو و همکاران (Zhu et al., 2012) از میان ویژگی‌های سیستم، پنج مورد یعنی ثبات، قابلیت بازگشت، تنوع[8]، کارایی[9] و برابری را برای تعریف و بررسی سلامت بوم‌نظام مناسب دانستند. برخی از محققان برای داشتن یک معیار عمومی از سلامت بوم‌نظام، ساختار و کارکرد اگرواکوسیستم را همراه با ویژگی‌های سازمانی و پویایی سیستم مورد بررسی قرار داده‌اند. در این روش به‌منظور بررسی ویژگی‌ها یا ابعاد مذکور از سنجه‌هایی استفاده می‌شود که نشان‌دهنده وضعیت هر یک از ابعاد باشد. باوجودی‌که در نظر گرفتن ویژگی‌های مختلف بوم‌نظام-ها با استفاده از سنجه‌های مختلف روش جامعی می‌باشد امّا در مطالعات محدودی از آن استفاده شده است. ممکن است یکی از دلایل استفاده کم‌تر از این روش، محدودیت دسترسی به آمار مورد نیاز جهت برآوردها باشد. به‌عنوان مثال، پژوهشگران در بررسی سلامت اگرواکوسیستم جنوب آنتاریو با استفاده از سه معیار فراهمی زمین به‌عنوان معیار ساختاری، تولید به‌عنوان معیار کارکردی و خودوابستگی به‌عنوان معیار سازمانی، دریافتند که طی سال‌های 1971 تا 1991 فراهمی زمین کاهش یافته و بنابراین سلامت بوم‌نظام منطقه کاهش یافته است. هم‌چنین تولید به‌عنوان معیار کارکردی افزایش داشت، امّا افزایش استفاده از آفت‌کش‌ها باعث کاهش خودوابستگی و کاهش سلامت سازمانی بوم‌نظام شد (Xu & Mage, 2000). وفابخش و همکاران (Vafabakhsh et al., 2007) سلامت بوم‌نظام‌های مشهد را در یک دوره زمانی 20 ساله (1360 تا 1380) و در سه دسته ملاک‌های ساختاری، کارکردی و سازمانی مورد ارزیابی قرار دادند. در این مطالعه 55 شاخص به‌عنوان سنجه‌های سلامت بوم‌نظام تعریف شد. نتایج نشان داد که شاخص سلامت بوم‌نظام‌های مشهد بین سال‌های 1360 تا 1375 روند نزولی داشته و از سال 1375 تا سال 1380 روند صعودی در پیش گرفته است.

منظور از ساختار بوم‌نظام، نحوه ترکیب و توزیع اجزاء سیستم است. اساسی‌ترین اجزای ساختمانی هر بوم‌نظام، عوامل زنده آن یعنی موجودات زنده‌ای که با محیط خود کنش متقابل دارند و عوامل غیرزنده یعنی اجزای فیزیکی و شیمیایی محیط مانند خاک، نور، رطوبت و درجه حرارت می‌باشند (Burel & Baudry, 1995). معیارهایی مثل موجودی منبع[10]، دسترسی به منبع[11]، تنوع و برابری مفاهیمی هستند که می‌توانند ساختار سلامت اگرواکوسیستم را نشان دهند.

کارکرد بوم‌نظام بیانگر چگونگی انجام فرایندهای مورد انتظار از آن سیستم است که با استفاده از ساختارهای موجود، به چه سطحی از کمیت و کیفیت در تولیدات خروجی خود رسیده است. بوم‌نظام به‌عنوان یک ماهیت چند بعدی، کارکردهای متفاوتی دارد که مربوط به چرخه‌های بیوفیزیکی، تولیدات اقتصادی و سازمان اجتماعی

1- Productivity
2- Stability
3- Equitability
4- Self reliance
5- Vigor
6- Structure
7- Resilience
8- Diversity
9- Efficiency

10- Resource availability
11- Resource accessibility

هستند. مفاهیمی شامل تولید، کارایی و درجه تأثیر[1] برای بررسی کارکرد بوم‌نظام مناسب هستند.

از آن‌جا که وجود عوامل خارجی موجب پدیدار شدن محیطی گسترده‌تر از محیط بوم‌نظام که کارکرد در آن صورت می‌گیرد و ساختار سیستم نیز در آن محدوده حفظ می‌گردد، خواهد شد، این عوامل به نوبه خود منجر به تغییر ساختار و کارکرد بوم‌نظام می‌شوند (Anosike & Coughenour, 1990). سنجه‌هایی که برای بررسی سازمان بوم‌نظام در نظر گرفته می‌شوند باید مشخص کنند که آیا بوم‌نظام بیش‌تر از طریق عوامل خارجی کنترل می‌شود یا واکنش‌ها و فرایندهای درونی قادر به حفظ سازمان آن هستند. انسجام[2]، خودتنظیمی[3] و خودمختاری[4] را می‌توان به‌عنوان معیارهای سازمانی بوم‌نظام معرفی کرد (Lansing, 2006).

با توجه به آن‌چه ذکر شد، بررسی سلامت بوم‌نظام‌ها از ابعاد ساختاری، کارکردی و سازمانی یکی از بهترین روش‌ها برای ارزیابی و مدیریت آن‌ها می‌باشد. چرا که می‌توان از این طریق کلیه ویژگی‌های سیستم را مد نظر قرار داد. هر قدر تعداد سنجه‌های مورد نظر در ملاک‌های مذکور بیش‌تر باشد، ارزیابی دقیق‌تر خواهد بود. از آن‌جا که تا کنون مطالعه جامعی در مورد سلامت اگرواکوسیستم‌های کشور انجام نشده‌است، این مطالعه با هدف ارزیابی سلامت بوم‌نظام‌ها در استان‌های شرقی کشور انجام شد.

مواد و روش‌ها

آمار مورد نیاز به‌منظور بررسی سلامت بوم‌نظام‌های چهار استان واقع در شرق کشور (شامل خراسان شمالی، خراسان رضوی، خراسان جنوبی، و سیستان و بلوچستان) از منابع مختلف مثل پرسشنامه‌ها، سالنامه‌های آماری وزارت جهاد کشاورزی و مرکز آمار ایران برای دوره زمانی 1381 تا 1390 تهیه شد.

برای تعیین سلامت کل، ویژگی‌های مختلف بوم‌نظام از لحاظ ساختار، کارکرد و سازمان بررسی شدند. برای این منظور، 29 سنجه برای ارزیابی ابعاد بوم‌نظام در نظر گرفته شد. محاسبه این سنجه‌ها بر اساس تعریف علمی هر سنجه انجام پذیرفت که در بخش ضمیمه به برخی از آن‌ها اشاره شده‌است. به‌دلیل این که واحد سنجش و اندازه گیری همه این سنجه‌ها یکسان نیست و هم‌چنین از آن‌جا که دامنه تغییرات هر سنجه نیز بسیار متفاوت است، بعد از محاسبه سنجه‌های مورد نظر به‌منظور سهولت مقایسه‌ها و نیز با هدف یکسان‌سازی نوسانات داده‌های حاصل از محاسبه سنجه‌ها، عمل نرمال‌سازی داده‌ها با استفاده از معادله 1 انجام شد.

$$xnorm = \frac{(X-Xmin)}{(Xmax-Xmin)}$$ معادله (1)

که در این معادله، X_{norm} عدد نرمال‌شده، x داده مورد نظر، x_{max} داده بیشینه و x_{min} داده کمینه می‌باشد. در مرحله بعد با توجه به اثر مثبت یا منفی و هم‌چنین شدت تأثیر هر سنجه بر سلامت بوم‌نظام‌ها، ضرایبی به آن‌ها تعلق گرفت. برای سنجه‌هایی با تأثیر مثبت بر سلامت، ضریب مثبت و برای سنجه‌هایی که اثر مخرب بر سلامت بوم‌نظام‌ها دارند، ضریب منفی در نظر گرفته شد. سنجه دارای کم‌ترین اثر منفی دارای ضریب 1- و سنجه دارای بیش‌ترین اثر منفی دارای ضریب 3- بود. به همین ترتیب ضرایب 1+ تا 3+ برای سنجه‌های دارای کم‌ترین تا بیش‌ترین اثر مثبت در نظر گرفته شد. برای محاسبه سلامت در هر یک از ملاک‌های ساختاری، کارکردی و سازمانی، سنجه‌های هر ملاک بعد از اعمال ضرایب جمع شدند. مرز بین سلامت و عدم سلامت در هر یک از ملاک‌ها، عدد صفر در نظر گرفته شد. به این معنی که اگر مقدار نهایی ملاک‌های سه‌گانه مثبت باشد، در محدوده سلامت و اگر منفی باشد، در محدوده عدم سلامت قرار خواهد گرفت. در نهایت، با طبقه‌بندی فاصله حداقل و حداکثر امتیاز هر ملاک با توجه به ضرایب استفاده شده، مرتبه کیفی سلامت بوم‌نظام در سه ملاک ساختاری، کارکردی، سازمانی و هم‌چنین سلامت کل مشخص گردید.

برای سازمان‌دهی داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد.

نتایج و بحث

در مقایسه ساختار بوم‌نظام‌های چهار استان شرقی کشور، مشخص شد که استان سیستان و بلوچستان بیش‌ترین امتیاز (5/28) و استان خراسان رضوی کم‌ترین امتیاز (4/67) را داشتند (جدول 1). در استان سیستان و بلوچستان، سطح زیر کشت بالای گیاهان علوفه‌ای، دسترسی بیش‌تر به ادوات کشاورزی، تنوع زراعی بیش‌تر نسبت

1- Effectiveness
2- Integrity
3- Self organization
4- Autonomy

به سایر استان‌ها و اختصاص مساحت بیش‌تری از اراضی زراعی به کشت گیاهان چندساله مهم‌ترین دلایل برتری ساختار بوم‌نظام این استان نسبت به سایر استان‌ها بود. در استان خراسان رضوی مهم‌ترین دلایل تنزل سلامت بوم‌نظام‌ها از لحاظ ساختاری، اختصاص مساحت کم‌تری از اراضی زراعی به کشت گیاهان علوفه‌ای، عدم دسترسی کافی به ادوات کشاورزی و بالا بودن توزیع مالکیت بود.

جدول 1- مقادیر سنجه‌های محاسبه شده مربوط به ملاک سلامت ساختاری و ضرایب سنجه‌ها

Table 1- Calculated indices for structural health criteria and weight of indices

سنجه‌ها Indices	وزن سنجه‌ها Weight of indices	خراسان شمالی North Khorasan	خراسان رضوی Razavi Khorasan	خراسان جنوبی South Khorasan	سیستان و بلوچستان Sistan and Baluchestan
سرانه زمین‌های کشاورزی Agricultural land per capita	(+2)	1.36	0.87	1.09	0.19
توزیع مالکیت Property distribution	(-1)	-0.53	-0.55	-0.38	-0.31
تراکم زراعی Croppingintensity	(-2)	-1.23	-0.91	-0.84	-1.35
تراکم زراعی دیم Rain-fed croppingintensity	(+1)	0.49	0.19	0.13	0.04
نسبت اراضی دیم به آبی Ratio of rain-fed to irrigated land	(+2)	0.28	0.09	0.07	0.01
مساحت اراضی آیش Area of follow land	(+2)	0.77	1.10	1.16	0.65
تنوع زراعی Crop diversity	(+3)	1.77	2.30	2.37	2.60
سطح زیرکشت گیاهان تثبیت‌کننده-نیتروژن Area of N fixing plants	(+3)	0.27	0.12	0.08	0.29
سطح زیر کشت گیاهان چندساله Area of perennial plants	(+3)	0.17	0.12	0.11	0.35
سطح زیر کشت گیاهان علوفه‌ای Area of forage crops	(+2)	0.31	0.36	0.64	1.36
میزان بارش Precipitation	(+3)	0.66	0.36	0.26	0.22
دسترسی به آبیاری تحت فشار Accesstopressurized irrigation	(+3)	0.26	0.19	0.03	0.16
دسترسی به ادوات کشاورزی Access to agricultural machinery	(+2)	0.71	0.51	0.61	1.06

اهمیت سنجه‌های مذکور در بهبود سلامت بوم‌نظام‌ها به این دلیل است که به‌عنوان مثال امروزه مشخص شده است که کارکرد بوم‌نظام‌های طبیعی و کشاورزی بر تنوع زیستی استوار است و نابودی تنوع زیستی تهدیدی جدی برای بقاء بوم‌نظام‌های کشاورزی و نهایتاً امنیت غذایی جهان محسوب می‌شود (Thrupp, 1998). افزایش تنوع پیچیدگی ذاتی بوم‌نظام را افزایش می‌دهد و از این طریق ملاک‌های ساختاری، کارکردی و سازمانی سیستم را بهبود می‌بخشد. تنوع و کارکردهای آن منجر به تجمع کربن و نیتروژن بیش‌تر در خاک‌های فرسایش‌یافته کشاورزی می‌شوند (Fornara & Tilman, 2008). هم‌چنین تنوع اثرات مثبتی نظیر گردش مواد غذایی، کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را در بر دارد (Altieri, 1999). به عقیده کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2004) جایگزینی تعداد معدودی واریته پرمحصول با نژادهای محلی گیاهان زراعی و تمایل به تک‌کشتی با حداکثر یکنواختی عامل اصلی پایین بودن تنوع زیستی کشاورزی در کشور است. گیاهان چندساله و علوفه‌ای علاوه بر افزایش تنوع در بوم‌نظام‌ها، دارای مزایای متعددی هستند. گیاهان

چندساله به‌خوبی در مزرعه استقرار می‌یابند و سیستم ریشه‌ای گسترده و عمیقی دارند، در جذب آب و مواد غذایی کارامدتر از گیاهان یک‌ساله هستند ضمن این‌که می‌توانند به بارندگی موجود در تمام سال دسترسی داشته باشند. کشت گیاهان علوفه‌ای (به‌ویژه گیاهان علوفه‌ای چند ساله و تثبیت‌کننده نیتروژن) نیز از لحاظ اکولوژیک نسبت به سایر گیاهان برتری دارد و دارای مزایایی در جهت حفظ سلامت بوم‌نظام‌ها است. این گیاهان با پوشش زیاد در سطح مزرعه باعث کاهش تبخیر از سطح خاک می‌شوند و بیش‌تر مصرف آب در این مزارع از طریق تعرق و مسیر گیاه است که باعث رشد و افزایش تولید می‌شود. هم‌چنین پوشش بیش‌تر سطح زمین مانع فرسایش آبی و بادی می‌شود. از آن‌جا که تمام قسمت‌های هوایی گیاهان علوفه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند، از لحاظ تبدیل منابع به مواد آلی بر سایر گیاهان برتری دارند. ضمن این‌که کنترل شیمیایی علف‌های هرز در این مزارع کم‌تر است در نتیجه کم‌تر باعث آلودگی محیط می‌شوند. ساختار انبوه ریشه این گیاهان باعث اصلاح ساختار خاک و افزایش مواد آلی به خاک می‌شوند (Magdoff & Van Es, 2009). علاوه بر تنوع و استفاده از تناوب‌های صحیح، دسترسی به منابع مثل ادوات کشاورزی نیز در سلامت بوم‌نظام‌ها مؤثر است. با وجود این‌که استفاده بیش‌تر از ادوات کشاورزی باعث مصرف بیش‌تر انرژی‌های فسیلی شده و ظاهراً در تضاد با اصول سلامت بوم‌نظام است، امّا عدم دسترسی کافی به ادوات (به‌ویژه تراکتور که وسیله کِشنده بسیاری از ادوات دیگر است) باعث آماده‌سازی نامناسب زمین، فشردگی خاک و فرسایش شده و کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت. این امر به‌نوعی هدر دادن سایر نهاده‌های کشاورزی و سایر انرژی‌هایی است که برای تولید محصولات استفاده می‌شود. بنابراین عدم دسترسی کافی به ادوات کشاورزی مناسب با اصول سلامت بوم‌نظام مغایرت دارد. بذرگر (Bazrgar, 2011) دریافت که با افزایش مکانیزاسیون در تولید چغندرقند و با در نظر گرفتن میزان تولید نظام‌های مختلف تولید چغندر، آسیب‌های زیست‌محیطی ایجاد شده به‌ازای یک تن چغندرقند تولید شده در نظام‌های مکانیزه 33 درصد کم‌تر از نظام‌های سنتی بود.

مقادیر سنجه‌های محاسبه‌شده مربوط به ملاک کارکردی و ضرایب سنجه‌ها در جدول 2 مشاهده می‌شود. از لحاظ کارکردی استان خراسان رضوی رتبه اول (7/10)، سیستان و بلوچستان رتبه دوم (6/07)، خراسان شمالی رتبه سوم (5/36) و استان خراسان جنوبی رتبه آخر (2/96) را در میان استان‌های مورد مطالعه داشتند. در استان خراسان رضوی عملکرد بالا نسبت به میانگین استان‌های موردمطالعه، به‌ترتیب در گروه‌های سبزیجات،گیاهان صنعتی، گیاهان علوفه‌ای و غلات آبی و هم‌چنین شرایط مطلوب ساختمان خاک منجر به برتری سطح سلامت کارکردی بوم‌نظام‌های استان شد. در استان خراسان جنوبی کم بودن عملکرد به‌ترتیب در گروه‌های سبزیجات، غلات دیم، گیاهان جالیزی و علوفه‌ای، شرایط نامطلوب ساختمان خاک، و پایین بودن کاربری زراعی اراضی مهم‌ترین دلایل تنزل سطح کارکرد اگرواکوسیستم‌های استان بودند. با توجه به اهمیت کارکردهای مختلف بوم‌نظام‌ها از جمله شرایط خاک و تولید، لازم است قابلیت‌های بوم‌نظام‌ها در مناطق مختلف مشخص شده و گیاهان زراعی متنوع و سازگار با آن منطقه برای کشت ترویج داده شوند.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از لحاظ سلامت سازمانی، استان سیستان و بلوچستان دارای بیش‌ترین (1/02) و استان خراسان رضوی دارای کم‌ترین (0/79) امتیاز بودند (جدول 3). هم‌چنین استان‌های خراسان جنوبی (با امتیاز 1/01) و خراسان شمالی (با امتیاز 0/94) رتبه‌های دوم و سوم را به خود اختصاص دادند. در استان سیستان و بلوچستان تعداد بیش‌تر مراکز تولید حشرات مفید، مصرف کم‌تر سموم شیمیایی و سطح خسارت‌دیده کم‌تر نسبت به میانگین استان‌های مورد مطالعه، مهم‌ترین دلایل برتری سلامت سازمانی بوم‌نظام‌های استان بودند. در استان خراسان رضوی تعداد کم‌تر مراکز تولید حشرات مفید و مصرف بیش‌تر کودها و سموم شیمیایی نسبت به میانگین استان‌ها منجر به تنزل سطح سلامت سازمانی بوم‌نظام‌های استان شد.

تغذیه مستقیم گیاه از طریق مصرف کودهای شیمیایی با اصول اکولوژیک در تضاد بوده و اثرات منفی بر سلامت بوم‌نظام‌ها دارد. استفاده بیش از حد از کودها، به مقدار و دفعات زیاد، توانایی کارکردی خاک را برای نگهداری و تبدیل عناصر غذایی و هم‌زمانی فراهمی آن‌ها با نیاز گیاه مختل می‌کند. اشباع شدن خاک با نیتروژن و فسفر منجر به انتشار نیترات به آب‌های زیرزمینی و اشباع خاک با فسفات می‌شود (Rodrigues et al., 2008). مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به‌تدریج منجر به شور شدن خاک‌ها، تخریب ساختمان خاک و بر هم خوردن تعادل عناصر ضروری خاک می‌شود.

جدول 2- مقادیر سنجه‌های محاسبه شده مربوط به ملاک سلامت کارکردی و ضرایب سنجه‌ها

Table 2- Calculated indices for functional health criteria and weight of indices

سنجه‌ها Indices	وزن سنجه‌ها Weight of indices	خراسان شمالی North Khorasan	خراسان رضوی Razavi Khorasan	خراسان جنوبی South Khorasan	سیستان و بلوچستان Sistan and Baluchestan
کاربری زراعی اراضی Arable land use	(+1)	0.29	0.26	0.04	0.008
بهره‌وری نیتروژن Nitrogen use efficiency	(+1)	0.10	0.21	0.19	0.48
ساختمان خاک Soil structure	(+2)	0.89	1.11	0.27	0.97
عملکرد غلات آبی Irrigated cereals yield	(+3)	0.97	1.12	0.78	0.64
عملکرد غلات دیم Rain-fed cereals yield	(+3)	0.72	0.52	0.15	0.96
عملکرد حبوبات Pulses yield	(+3)	0.07	0.06	0.19	0.27
عملکرد گیاهان صنعتی Industrial crops yield	(+3)	0.20	0.53	0.27	0.03
عملکرد سبزیجات Vegetables yield	(+3)	2.11	2.09	0.53	1.04
عملکردگیاهان جالیزی Garden crops yield	(+3)	0.23	0.43	0.21	0.52
عملکردگیاهان علوفه ای Forage crops yield	(+3)	0.19	1.14	0.77	1.48
هزینه تولید Cost of production	(-1)	-0.42	-0.36	-0.43	-0.33

جدول 3- مقادیر سنجه‌های محاسبه شده مربوط به ملاک سلامت سازمانی و وزن سنجه‌ها

Table 3- Calculated indices for organizational health criteria and weight of indices

سنجه‌ها Indices	وزن سنجه‌ها Weight of indices	خراسان شمالی North Khorasan	خراسان رضوی Razavi Khorasan	خراسان جنوبی South Khorasan	سیستان و بلوچستان Sistan and Baluchestan
سموم شیمیایی Chemical pesticides	(-3)	-0.10	-0.07	-0.04	-0.03
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers	(-1)	-0.10	-0.13	-0.09	-0.15
پوشش زمین Land cover	(+2)	1.15	1.02	0.95	0.99
حشرات مفید Beneficial insects	(+2)	0.07	0.04	0.26	0.22
سطح خسارت‌دیده Damaged area	(-1)	-0.07	-0.06	-0.07	-0.01

افزایش اسیدیته خاک در نتیجه مصرف مداوم کودهای شیمیایی بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد (Barak, 1998).

با وجود این‌که سموم آفت‌کش و علف‌کش برای کشاورزان مقرون به صرفه‌تر بوده و به‌ویژه در زمان طغیان آفات سریع‌ترین راه حل ممکن به نظر می‌رسند امّا آثار سوء آن‌ها بر محیط و سایر موجودات زنده، لزوم کاهش مصرف این سموم را ضروری می‌سازد. استفاده از سموم شیمیایی باعث از بین رفتن حشرات مفید (دشمنان مفید و گرده افشان‌ها) نیز می‌شود. ضمن این‌که بعد از هر بار استفاده از آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها، تعدادی از آفات و علف‌های هرز که به‌صورت ژنتیکی نسبت به سم استفاده شده مقاوم هستند در مزرعه باقی می‌مانند و تکثیر می‌شوند. در نتیجه با گذشت زمان با آفات و علف‌های هرزی مواجه هستیم که برای از بین بردن آن‌ها باید از سم قوی‌تری استفاده کنیم. با توسعه مراکز تولید حشرات مفید و استفاده از تناوب‌های صحیح می‌توان کاربرد سموم شیمیایی را به حداقل رساند. از طرفی حضور حشرات در مزرعه باعث افزایش تنوع زیستی می‌شود که به نوبه خود کارکرد بوم‌نظام را بهبود می‌بخشد. در صورت استفاده مداوم از این روش مکانیسم‌های خودتنظیمی در بوم‌نظام تقویت شده و علاوه بر حفظ قدرت برای تولید در دراز مدت، باعث وضعیت اقتصادی مطلوب در بوم‌نظام می‌شود.

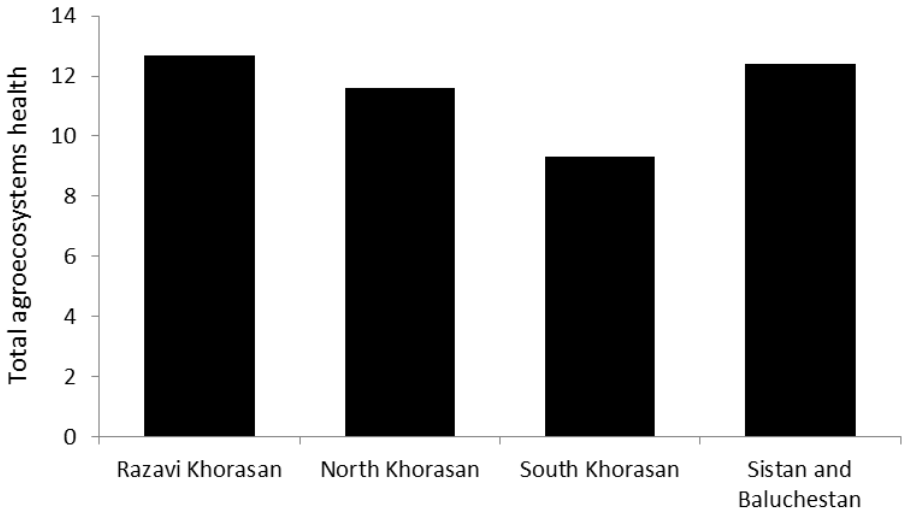
مقایسه سلامت کل بوم‌نظاماستان‌ها

با توجه به این‌که داده‌های مربوط به سنجه‌های مختلف نرمال شده و بین صفر و یک قرار دارند، با در نظر گرفتن کلیه ضرایب مثبت و منفی که برای سنجه‌های مختلف در ملاک‌های ساختاری، کارکردی و سازمانی در نظر گرفته شد، بوم‌نظام‌های مورد مطالعه می‌توانند حداکثر امتیاز مثبت 53 و حداقل امتیاز منفی 9- را داشته باشند. با تقسیم‌بندی فاصله 9- تا 53+، جدول 4 حاصل شد که با استفاده از آن می‌توان تشخیص داد سلامت کل بوم‌نظام‌های استان-های مورد نظر در چه وضعیتی است. چنان‌که در شکل 1 نشان داده شده است، استان خراسان رضوی (12/66)، استان سیستان و بلوچستان (12/38)، خراسان شمالی (11/6) و خراسان جنوبی (9/31) به‌ترتیب رتبه‌های اول تا چهارم را از لحاظ سلامت کل داشتند. با توجه به رتبه‌بندی جدول 4، بوم‌نظام‌های استان خراسان جنوبی در مرتبه سلامت بسیار ضعیف و بوم‌نظام‌های سایر استان‌ها در مرتبه سلامت ضعیف قرار گرفتند.

جدول 4- مقیاس رتبه‌بندی سلامت کل اگرواکوسیستم‌ها

Table 4- Ranking scale of total agroecosystem health

سطح کیفی سلامت کل اگرواکوسیستم‌ها Quality level of total agroecosystem health	محدوده امتیاز Rating range
سلامت مطلق Absolute health	50≤
سلامت عالی Excellent health	40-50
سلامت خوب Good health	30-40
سلامت نسبی Relative health	20-30
سلامت ضعیف Poor health	10-20
سلامت بسیار ضعیف Very poor health	0-10
عدم سلامت Unhealthy	0≥



شکل 1- سلامت کل در هر یک از استان‌های شرقی کشور

Fig. 1- Total agroecosystems health in eastern provinces of the country

در استان‌های مورد مطالعه بارندگی کم بوده، تراکم زراعی زیاد است و بخش اعظم اراضی به‌صورت فاریاب مدیریت می‌شوند. این در حالیست که دسترسی به سیستم آبیاری تحت فشار بسیار کم است. تراکم زراعی نشان‌دهنده شدت بهره‌برداری از اراضی زراعی می‌باشد. حضور دوره‌های آیش عامل اصلی کاهش تراکم زراعی است. انتظار می‌رود در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک که آیش سهم تعیین‌کننده‌ای در انتقال رطوبت بین فصول زراعی دارد، شاخص تراکم زراعی کم‌تر باشد. تراکم زراعی بالا در بوم‌نظام‌های مورد مطالعه و در نتیجه بهره‌برداری مداوم از اراضی زراعی به معنی فاصله گرفتن از برخی اصول اکولوژیک مثل آیش و تناوب است که باعث تخلیه عناصر غذایی خاک، فشردگی لایه‌های زیرین خاک به‌علت ورود مداوم ادوات کشاورزی، فرسایش خاک، افزایش آفات و بیماری‌ها و در نتیجه استفاده بیش‌تر از سموم شیمیایی خواهد شد.

در مناطق خشک، آبیاری برای تولید ضروری است و در مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب نیز آبیاری باعث افزایش عملکرد می‌شود. امّا آبیاری بیش از حد علاوه بر هزینه‌های اقتصادی، هزینه‌های اکولوژیک از جمله غرقاب شدن و شور شدن اراضی زراعی را در پی خواهد داشت. 13 درصد اراضی فاریاب دنیا یا مشکل غرقاب دارند و یا خیلی شور شده‌اند و 33 درصد اراضی فاریاب در معرض این مشکلات هستند (FAO, 2007). بنابراین کاهش مصرف آب در کشاورزی و افزایش کارایی آن ضروری است تا از این طریق از پایدار بودن تولید در آینده اطمینان داشته باشیم (Mariolakos, 2007).کارایی مصرف آب در روش‌های سنتی آبیاری 40 تا 50 درصد است که با روش‌های آبیاری تحت فشار به 80 تا 90 درصد می‌رسد بنابراین نیمی از آب ذخیره می‌شود (Heermann et al., 1990). استفاده از انواع روش‌های آبیاری تحت فشار می‌تواند در رسیدن به این اهداف مؤثر باشد. بنابراین در بوم‌نظام‌هایی که دسترسی به سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار کم است (همانند بونظام‌های مورد مطالعه که میزان بارندگی آن‌ها نیز کم و مساحت اراضی فاریاب زیاد است)، منابع آب در معرض خطر بوده و علاوه بر تولید سایر کارکردهای بوم‌نظام‌ها در معرض خطر می‌باشند. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2007) با مطالعه شاخص‌های هواشناسی ایران در شرایط تغییر اقلیم، پیش‌بینی کردند که شدت کاهش بارندگی در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور بارزتر از مناطق مرطوب خواهد بود. بر اساس نتایج این محققان متوسط کاهش بارندگی پاییزه در سال‌های 2025 و 2050 به‌ترتیب 8 و 11 درصد خواهد بود. از طرفی افزایش دما از شمال به جنوب و از غرب به شرق تشدید خواهد شد و الگوی تغییرات مکانی بارش در سال‌های 2025 و 2050 میلادی تا حد زیادی مشابه الگوی تغییرات درجه حرارت می‌باشد. بنابراین مناطقی که کاهش بارندگی بیش‌تری دارند با افزایش دمای بیش‌تری نیز مواجه خواهند بود. بروز هم‌زمان این دو پدیده، واکنش‌های رشد و نمو گیاهان را متأثر خواهد ساخت. بنابراین با توجه به محدودیت

منابع آب در استان‌های مورد بررسی، نیاز به استفاده از سیستم‌های آبیاری با کارایی مصرف بیش‌تر آب ضروری به نظر می‌رسد. از دیگر نقاط ضعف استان‌های مورد بررسی، اختصاص مساحت کمی از اراضی زراعی به کشت گیاهان چندساله و تثبیت‌کننده‌های نیتروژن می‌باشد. استفاده از لگوم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، یکی از روش‌های پایدار افزایش حاصلخیزی و مدیریت صحیح خاک است. این گیاهان می‌توانند سالانه 130 تا 450 کیلوگرم نیتروژن به خاک اضافه کنند و مقادیر زیادی از این عنصر را برای گیاه زراعی بعدی در تناوب فراهم می‌کنند (Magdoff & Van Es, 2009). برخی از گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن از جمله یونجه جزو گیاهان چندساله بوده و علاوه بر مزایای لگوم‌ها مزایای گیاهان چندساله را نیز دارند. گیاهان یک‌ساله پنج برابر گیاهان چندساله هدردهی آب دارند که نشان می‌دهد گیاهان یک‌ساله نیاز به آبیاری بیش‌تر دارند که باعث تهدید منابع آبی و تنوع زیستی می‌شود (Glover & Reganold, 2010).. گیاهان یک‌ساله قادر به جذب کامل کودها و سموم شیمیایی نیستند و این مواد شیمیایی با ورود به آب‌های زیرزمینی باعث آلودگی آن‌ها می‌شوند. از آن‌جا که کارایی مصرف کود نیتروژن در مناطق مورد مطالعه کم است، احتمال می‌رود که در آینده تداوم مدیریت حاضر باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی و محیط شود. آلودگی آب‌های زیرزمینی در اثر مصرف کودهای نیتروژنی در بسیاری از مناطق دنیا مشاهده می‌شود و باعث به خطر افتادن سلامت انسان و محیط زیست در این نقاط شده‌است (Matson et al., 1997).

مدیریت بوم‌نظام‌ها در استان‌های مورد مطالعه به‌تدریج منجر به تخریب ساختمان خاک شده‌است. در مطالعات اکولوژیک مفهوم ساختمان خاک بیش‌تر به فشردگی خاک و عمق ریشه اشاره دارد. در فصل پاییز به‌علت رطوبت بیش‌تر خاک، احتمال فشرده شدن لایه‌های خاک در اثر حرکت ماشین‌آلات مربوط به برداشت محصولات بیش‌تر است و کاشت گیاهانی که محصول آن‌ها در این فصل برداشت شوند اثر منفی بیش‌تری بر ساختمان خاک دارد. در نتیجه فشردگی، خاک متراکم‌تر شده، منافذ آن کاهش می‌یابند، ظرفیت نگهداری آب و گسترش ریشه، هم‌چنین فعالیت اورگانیسم‌های خاک محدود می‌شود و بنابراین بر رشد گیاه اثر دارد (Van Es et al., 2002). میزان نفوذپذیری چنین خاکی به رطوبت نیز کاهش می‌یابد و رواناب در سطح این خاک باعث تشدید فرسایش می‌شود. چنان که ذکر شد حجم و عمق ریشه گیاهان کاشته‌شده در مزرعه نیز می‌تواند بر ساختمان خاک تأثیر داشته باشد. هرچه عمق و حجم ریشه گیاه بیش‌تر باشد، به‌دلیل جذب کارامدتر نهاده‌ها، کارایی جذب آب و عناصر غذایی افزایش می‌یابد. علاوه‌براین تولید ریشه بیش‌تر به مفهوم افزایش ماده آلی خاک پس از برداشت محصول می‌باشد. از این منظر گیاهان غده‌ای هم‌چون چغندرقند، هر چند ریشه قابل توجهی دارند ولی به دلیل برداشت و خروج آن از مزرعه، از جایگاه ضعیف‌تری نسبت به سایر گیاهان برخوردارند. غلات و یونجه به‌دلیل حجم و عمق ریشه اثر مثبت بیش‌تری نسبت به سایر محصولات زراعی بر ساختمان خاک دارند.

مجموعه عوامل ذکر شده منجر به ضعیف شدن سلامت بوم‌نظام‌ها در استان‌های شرقی کشور شده‌است و در نتیجه علاوه بر بهره‌وری نیتروژن و ساختمان خاک، تولید که یکی از مهم‌ترین کارکردهای بوم‌نظام است تحت تأثیر قرار گرفته است به نحوی‌که عملکرد کلیه گروه‌های زراعی در استان‌های مورد مطالعه بسیار کم است. کم بودن عملکرد به معنی پایین بودن بهره‌وری نهاده‌هایی مثل آب، عناصر غذایی، نیروی کار و سرمایه و هدر رفتن انرژی می‌باشد. محققان دیگر در زمینه پایداری نظام‌های تولید، عملکردهای پایین محصولات زراعی، یکی از دلایل مهم پایین بودن امتیاز پایداری نظام‌های زراعی محسوب شدند (Karami, 1995). بنابراین، بررسی نقاط قوت و ضعف در بوم‌نظام‌ها و اصلاح مدیریت آن‌ها ضروری به نظر می‌رسد. بر اساس آمار موجود، میزان کودها و سموم شیمیایی مصرفی در بوم‌نظام‌های مذکور در حد نگران‌کننده‌ای نیست امّا توسعه بیش‌تر مراکز تولید حشرات مفید و استفاده از تناوب‌های درست می‌تواند در کاهش هرچه بیش‌تر نهاده‌های شیمیایی مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری

با مطالعه بوم‌نظام‌های چهار استان شرقی کشور مشخص شد که بوم‌نظام‌های استان‌های خراسان شمالی، خراسان رضوی و سیستان و بلوچستان از لحاظ سلامت کل در مرتبه ضعیف و استان خراسان جنوبی در مرتبه بسیار ضعیف قرار دارند. بارندگی کم، تراکم زراعی بالا، عدم دسترسی کافی به سیستم آبیاری تحت فشار، اختصاص مساحت کمی از اراضی زراعی به گیاهان علوفه‌ای، چندساله و تثبیت‌کننده نیتروژن، فشردگی خاک، کم بودن عملکرد در کلیه گروه‌های زراعی، پایین بودن بهره‌وری نیتروژن و عدم توجه به توسعه مراکز تولید حشرات مفید از جمله مهم‌ترین دلایل مشترک در تنزل سلامت

بوم‌نظام‌ها در استان‌های مذکور بود. اصلاح این نقاط ضعف از طریق افزایش دسترسی به منابعی مثل سیستم‌های آبیاری تحت فشار و ادوات کشاورزی همراه با ترویج و اطلاع‌رسانی به کشاورزان در ارتباط با مزایای آیش، کشت دیم و تعریف تناوب‌های صحیح، فراهم کردن امکانات و راهنمایی کشاورزان جهت مبارزه تلفیقی با آفات و بیماری-ها، منجر به بهبود کارکردهای بوم‌نظام از جمله عملکرد و بهره‌وری شده و در مجموع سلامت بوم‌نظام‌های مناطق مذکور بهبود خواهد یافت. بدیهی است در صورت تداوم روند مدیریت، ساختار و سازمان بوم‌نظام‌ها ناپایدار بوده و توان حفظ کارکردهای لازم در آینده را نخواهند داشت. از آن‌جا که اصلاح برخی ابعاد بوم‌نظام‌ها (مثل سلامت آب و خاک) به زمان و انرژی زیادی نیاز دارد، نظارت و مدیریت دقیق بوم‌نظام‌ها به‌عنوان اکوسیستم‌های حیاتی کره خاکی، در جهت حفظ و ارتقاء سلامت آن‌ها ضروری می‌باشد.

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

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

Anosike, N., Coughenour, C.M. 1990. The socioeconomic basis of farm enterprise diversification decisions. Rural Sociology 55: 1–24.

Barak, P., Jobe, B.O., Krueger, A., Peterson, L.A., Laird, D.A. 1998. Effects of long-term soil acidification due to agricultural inputs in Wisconsin. Plant and Soil 197: 61-69.

Bazrgar, A. 2011. Life Cycle Assessment (LCA) of sugar beet production in various production systems in Khorasan. A Thesis Submitted for the Degree of Ph.D. in Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources Gorgan, Iran. (In Persian with English Summary)

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

Caporali, F., and Campligia, E. 2001. Increasing sustainability in Mediterranean cropping systems with self-reseeding annual legumes. In: Gliessman, S.R., Ed. Agroecosystem sustainability: Developing practical strategies. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, p. 15-27.

Conway, G.R. 1987. The properties of agroecosystems. Agricultural Systems 24: 95–117.

Conway, G.R., and McCracken, J.A. 1990. Rapid rural appraisal and agroecosystem analysis.In Agroecology and Small Farm Development.Altieri, M.A., and Hecht, S.B., eds. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 221–235.

FAO. 2007. The State of Food and Agriculture: Paying farmersfor environmental services, FAO, Rome, Italy.

Farber, S., Costanza, R., Wilson, M., Erickson, J. and Childers, D. 2006.Linking ecology and economics for ecosystem management. BioScience 56: 117–129.

Fornara, D.A., and Tilman, D. 2008. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation, Journal of Ecology 96: 314–322.

Gallopin, G.C. 1994. Agroecosystem health: A guiding concept for agricultural research In Agroecosystem Health with Special Reference to the Consultative Group for International Research (CGIAR): Proceedings of an International Workshop. Nielsen, N.O., ed. Guelph, Ontario, Canada: Agroecosystem Health Project, Faculty of Environmental Sciences, University of Guelph, pp. 94–97.

Glover, J.D., and Reganold, J.P. 2010. Perennial grains: Food security for the future. Issues in Science and Technology 26(2): 41-47.

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.

Karami, E. 1995. Agricultural extension: the question of sustainable development in Iran. Journal of Sustainable Agriculture 5: 61-72. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri, M., and Kamali, G.A. 2007. Climate indices of Iran under climate change. Journal of agricultural researches 5: 133-142. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nasiri, M., Jahanbin, G., and Zare Feyzabadi, A. 2004. Diversity of crops in Iran. Iranian Journal of Rang

and Desert Research 9: 49-67. (In Persian with English summary)

Lansing, S. 2006. Perfect order: recognizing complexity in Bali. Princeton University Press.

Lant, C., Kraft, S., Beaulieu, J., Bennett, D., Loftus, T. and Nicklow, J. 2005. Using GIS-based ecological-economic modeling to evaluate policies affecting agricultural watersheds. Ecological Economics 55: 467–484.

Li, B.,Xie, H., Wu, J., Hong, R., Chong, J., and Wang. C. 2007. Study on the agro ecosystem health assessment in Western China. Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2007. IEEE International. pp 813 – 818.

Magdoff, F. and Van Es, H. 2009. Building soils for better crops.3nd ed. Sustainable Agriculture Research and Education (SARE). University of Maryland and University of Vermont.

Mariolakos, I. 2007. Water resources management in the framework of sustainable development. Desalination 213: 147–151.

Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G., and Swift, M.J. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. Science, 277: 504–509.

Robertson, G.P. and Swinton, S.M. 2005. Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: A grand challenge for agriculture. Frontiers in Ecology and the Environment 3: 38–46.

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

Thrupp, L. A. 1998. Cultivating diversity: agrobiodiversity and food security. World Resources Institute, Washington D.C.

Vadrevu, K.P., Cardina, J., Hitzhusen, F., Bayoh, I., Moore, R., Parker, J., Stinner, B., Stinner, D., and Hoy, C. 2008. Case study of an integrated framework for quantifying agroecosystemhealth.Ecosystems 11: 283-306.

Vafabakhsh, K., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. 2007. Agroecosystem health assessment in Mashhad. Journal of Iranian Field Crop Research 1(5): 177-185. (In Persian with English Summary)

Van Es, H.M., Czymmek, K.J. and Ketterings, Q.M. 2002. Management effects on N leaching and guidelines for an N leaching index in New York. Journal of Soil and Water Conservation 57(6): 499–504.

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.

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

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 941-953

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 953-941

Assessment of Agroecosystem Health in Eastern Provinces of Iran

H. Mohammadi[1], A. Koocheki[2]*, M. Nassiri Mahallati[2] and M. Jahan[3]

Submitted: 03-06-2015
Accepted: 12-09-2015

Mohammadi, H., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Jahan, M. 2019. Assessment of Agroecosystem Health in Eastern Provinces of Iran. Journal of Agroecology. 11(3): 953-941.

Introduction

The conventional agricultural ecosystems (agroecosystems) are the complex systems which in order to produce the higher amount of food, fiber, feed and fuel have been significantly manipulated. Rapid growth of world population and demand for agricultural products resulted in higher pressure on agroecosystems. In recent decades achieving to maximum production was the main goal of conventional agriculture. In order to increase yield on production usually these agroecosystems need to external inputs such as chemical fertilizers and pesticides which have the negative effects on human health and also environment. Sustainable and healthy agroecosystems are based on profitable farms that use fewer external inputs, integrate animal and plant production where appropriate, maintain a higher biotic diversity, emphasize eco friendly technologies that are appropriate to the scale of production, and efficiently use the renewable forms of energy. For example diversifying the farm with several crops or using appropriate rotation helps to reduce the risk of biotic and abiotic stresses. The complex nature of agroecosystem implies that any evaluation of agroecosystem health must consider the dynamics of multiple components. The current paper presents an applied method to evaluate agroecosystem health using a number of main indicators.

Materials and Methods

In order to study the agroecosystem health in four eastern provinces of Iran (i.e. Sistan and Baluchestan, South khorasan, Razavi Khorasan and North Khorasan) during 2002-2011 the current survey was conducted. The required data and information obtained from statistical database and also questionnaires. For each year the total value of agroecosystem health calculated using 29 different indices. Different indices calculated based on their scientific definitions. For example property distribution index calculated by dividing the total area of agricultural lands on number of farmer in each city. Because of different nature of selected indicesand also wide range of them, in order to facilitate comparison all of the calculated indicesnormalized using the equation (1), in this equation Xnorm is the normalized value of each index, Xmax and Xmin are the highest and lowest value of X, respectively.

Equation (1): $$Xnorm = \frac{(X - X\min)}{(X\max - X\min)}$$

Results and Discussion

Based on results the highest value of structural health was calculated for Sistan and Baluchestan province and the lowest value was for Razavi KhorasanIt seems that in Sistan and Baluchestan the higher values for some of the indicessuch as area under cultivation of forage and perennial crops, appropriate use of agricultural machinery and also plant diversity improved the structural health. The similar results also observed for organizational health. Lower use of pesticides and chemical fertilizers are the main reason for better conditions of organizational health in Sistan and Baluchestan province. The result for functional health was different and the best condition of functional health observed in Razavi Khorasan whereas the worst condition observed in South Khorasan. The higher value of functional health of agroecosystem in Razavi Khorasan province mainly is

1- Former PhD. Student of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3- Associated Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i3.47264

because of good conditions of soil structure and higher yield of different crops such as forage, vegetables, industrial crops and cereals. Considering the total agroecosystem health the highest value observed in Razavi Khorasan followed by Sistan and Baluchestan, North Khorasan and South Khorasan. Based on our classification total agroecosystem health in South Khorasan province was very poor and in other provinces was poor. The main reasons for the low value of agroecosystem health in all of the studied provinces are: soil compaction, low rainfall, using traditional methods of irrigation, insufficient cultivation of forage and perennial crops and also nitrogen fixing legumes. The fertilizer use efficiency in all of the provinces is low and these conditions could be harmful either for human and environment health.

Conclusion

Based on results the total agroecosystem health in South Khorasan province was very poor whereas in other three provinces total agroecosystem health was poor. The main reasons for bad condition of agroecosystem health in these provinces are: soil compaction because of unsuitable use of agricultural machinery, the low amount of precipitations, nitrogen use efficiency and area under cultivation of perennial, forage and nitrogen fixing crops. It seems that solving these problem using different methods such as increasing agrochemical use efficiency, applying good rotation and increasing water use efficiency could improve the total agroecosystem health in the eastern provinces of Iran.

Acknowledgements

The authors acknowledge the financial support of the project by Vice President for Research and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Keywords: Agroecology, Functional health, Stability, Structure, Sustainability