

Comparison of Sustainability in Agroecosystem and Natural Habitat of Shallot Based in Aleshtar, Lorestan Province Based on Emergy Analysis

Khosro Azizi^{1*}, Mohammad Reza Asgharipour², Zahra Amiri³, Daniel E. Campbell⁴, Ebrahim Kakolvand⁵

Received: October 31, 2020 Accepted: February 25, 2021

- 1- Prof., Dept. of Genetics and Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Lorestan, Iran.
- 2- PhD., Unit of Agroecology, Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
- 3- Prof., Dept. of Agronomy Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran.
- 4- Prof., University of Rhode Island, Dept. of Mechanical, Industrial and Systems Engineering, 2 East Alumni Avenue, Kingston, RI 02881 USA.
- 5- PhD Candidate; Unit of Agroecology, Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

*Corresponding Author Email: azizi.kh@lu.ac.ir

Abstract

Background & Objective: Better understanding the sustainability of production systems is of particular importance for making the right decisions and managing them. To avoid the extinction of plants in natural habitats and to meet the needs of the pharmaceutical-industrial market of these plants, the paradigm of their production in agricultural systems was created. The overarching goal of this research was to compare the ecological-economic sustainability of conservation agroecosystem and natural habitat of the shallot based analysis of the structure and the emergy-based indicators in Aleshtar, Iran.

Materials& Methods: This study was conducted in 2019-2020 in a conservation agroecosystem and a natural habitat of wild shallot plants in Aleshtar city, Lorestan province, based on structure analysis and review of nine emergy indices.

Results: The result of comparing the emergy input structure indicated that despite the fact that the Unit Emergy Value (UEV), Specific Emergy (SE), Emergy to Money Ratio (EMR) and Emergy Exchange Ratio of Yield (EER) are higher in the agroecosystem compared to the natural habitat, the value of the Environmental Loading Ratio (ELR) showed more sustainability of the agroecosystem compared to the natural habitat. Another result was the equality of quality of produced shallots in the agroecosystem and natural habitat based on the Emergy index of agricultural product safety (EIPS) index.

Conclusion: Considering the importance of soil protection in the sustainability of agroecosystems and soil protection in conservation agroecosystems, as well as lower environmental loading ratio in agroecosystems, the promotion of the conservation operation in shallot production, the need for effective control policies and appropriate natural habitat management to prevent the extinction of shallots and genetic modification of shallot seeds is recommended.

Keywords: Agroecosystem, Ecosystem Services, Energy System Theory, Environmental Burden, Thermodynamic Analysis

مقایسه پایداری نظام زراعی و رویشگاه طبیعی تولید موسیر در شهرستان الشتر، استان لرستان بر پایه تحلیل امرژی

خسرو عزیزی^{۱*}، محمدرضا اصغری پور^۲، زهرا امیری^۳، دنیل کمپل^۴، ابراهیم کاکالوند^۵

تاریخ دریافت ۹۹/۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۲/۷

۱- استاد گروه ژنتیک و تولیدات گیاهی، دانشگاه لرستان

۲- استاد گروه زراعت، دانشگاه زابل

۳- فارغ التحصیل دکتری تخصصی آگرواکولوژی، دانشگاه زابل

۴- استاد دانشگاه رودآیلند آمریکا

۵- دانشجوی دکتری تخصصی زراعت، دانشگاه لرستان

*مسئول مکاتبه: Email: azizi.kh@lu.ac.ir

چکیده

اهداف: افزایش درک وضعیت پایداری بوم‌نظام‌های تولید در تصمیم‌گیری صحیح و مدیریت آن‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. در راستای جلوگیری از انقراض گیاه موسیر و از سوی دیگر ضرورت تامین نیاز بازار به این محصول دارویی-صنعتی، پارادایم ضرورت تولید این گیاه در نظام‌های زراعی ایجاد شده است. این مطالعه با هدف تبیین وضعیت پایداری بوم‌نظام رویشگاه طبیعی گیاه موسیر و نظام زراعی به شیوه کشاورزی حفاظتی اجرا شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۹ در یک نظام حفاظتی تولید موسیر و یک رویشگاه طبیعی گیاهان موسیر وحشی در شهرستان الشتر، استان لرستان، بر اساس تحلیل ساختار و بررسی نه شاخص امرژی انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد علیرغم بالا بودن شاخص‌های ارزش واحد امرژی (UEV)، امرژی ویژه (SE) و نسبت امرژی به پول (EMR) در نظام زراعی نسبت به رویشگاه طبیعی، مقدار شاخص نسبت بار محیط‌زیستی (ELR) حاکی از پایداری بیشتر نظام زراعی مورد مطالعه در مقایسه با رویشگاه طبیعی بود. از دیگر نتایج به دست آمده، برابری کیفیت موسیر تولیدی در نظام زراعی مورد مطالعه با کیفیت محصول رویشگاه طبیعی بر مبنای شاخص شاخص امرژی سلامت تولید (EIPS) بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به اهمیت حفاظت خاک در پایداری نظام‌های زراعی و نتایج مثبت ارزیابی ساختار ورودی‌های امرژی نظام زراعی حفاظتی، مبنی بر پایداری خاک در این نظام، شیوه نظام زراعی حفاظتی در تولید گیاه موسیر و ضرورت اعمال سیاست‌های کارآمد در کنترل و مدیریت صحیح بهره‌برداری از رویشگاه طبیعی جهت جلوگیری از انقراض گیاه موسیر توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بار زیست محیطی، بوم‌نظام زراعی، تحلیل ترمودینامیکی، تئوری سیستم‌های انرژی، خدمات زیست‌محیطی

مقدمه

استفاده روزافزون از محصولات فرعی مراتع نظیر بهره‌برداری از گیاهان دارویی عرصه‌های طبیعی، نقش این گیاهان را در چرخه اقتصاد جهانی پررنگ‌تر کرده است، به طوری که مصرف رو به تزاید این گیاهان، تنها اختصاص به کشورهای در حال توسعه ندارد (کنشلو و همکاران ۲۰۱۴). با توجه به اینکه بخش اعظم گونه‌های دارویی-صنعتی از طبیعت جمع‌آوری می‌شود افزایش تقاضا برای این گیاهان، باعث فشار بر بوم‌نظام‌های طبیعی این گیاهان شده و جمعیت وحشی بسیاری از گیاهان دارویی به شدت در حال کاهش است (چن و همکاران ۲۰۱۶). بنابراین به منظور حفظ ذخایر ژنتیکی این گونه‌های گیاهی ارزشمند در عرصه‌های طبیعی و تأمین نیاز بازار به این گیاهان در بلندمدت، لازم است به جای جمع‌آوری غیر اصولی و تخریب بوم‌نظام‌های طبیعی محل رویش آنها، اقدام به تولید این گیاهان در نظام‌های زراعی به شیوه پایدار نمود (لمبرت ۲۰۰۲).

گیاه موسیر (*Allium hirtifolium* Boiss) از مهمترین گونه‌های دارویی و صنعتی ایران است. بخش زیادی از نیاز صنایع غذایی و دارویی به این گیاه با ارزش هنوز از طبیعت استحصال می‌شود. برداشت بی‌رویه موجب تخریب رویشگاه‌های طبیعی و ایجاد خطر انقراض برای موسیر می‌شود (خیرخواه و همکاران ۲۰۱۶). به دلیل جوابگو نبودن میزان تولید موسیر در رویشگاه‌های طبیعی برای تأمین نیاز صنایع غذایی و دارویی، احتمال انقراض آن بر اثر استفاده بی‌رویه وجود دارد، لذا محققین، کاشت و تولید گیاهان دارویی در معرض خطر را در بوم‌نظام‌های زراعی ضروری می‌دانند (ابراهام و وسابالو ۲۰۱۵).

حفظ و ایجاد پایداری نیاز به ارزیابی وضعیت پایداری از طریق روش‌های صحیح و جامع دارد (کوئینترو-انگل و گونالز-اسودو ۲۰۱۸). برای تحقق کشاورزی پایدار تاکنون

رویکردها و رهیافت‌های مختلفی نظیر کشاورزی کم‌نهاد، کشاورزی سنتی، کشاورزی اکولوژیکی، کشاورزی حفاظتی و نظایر آن مطرح شده است (ژانگ و همکاران ۲۰۱۸). از راه‌کارهای توسعه کشاورزی و پایداری، توجه به تعاملات انرژی و محیط زیست است. از روش‌های نوین در ارزیابی پایداری بر اساس برآورد کمی و کیفی انرژی، تحلیل‌های بیوترمودینامیک از جمله تحلیل انرژی است (ادوم ۲۰۰۷). استفاده از روش‌های جامع سنجش پایداری، با در نظر داشتن ابعاد اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی، منجر به ارائه اطلاعات مفید در خصوص مدیریت صحیح بوم‌نظام‌های کشاورزی می‌شود (امیری و همکاران ۲۰۱۹). مطالعاتی در خصوص بررسی پایداری بوم‌نظام‌های گیاهی با استفاده از تکنیک تحلیل انرژی در دنیا انجام شده است. لو و همکاران (۲۰۱۷) به ارزیابی تالاب‌های احیاء شده در چین به روش تلفیق ارزیابی اقتصادی و تحلیل انرژی پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تحلیل انرژی و ارزیابی اقتصادی، درک جامع و کاملی از وضعیت زیست‌محیطی و اقتصادی نظام‌ها را در بعد زمان و مکان بیان می‌کند. آن‌ها همچنین بیان کردند شیوه تولید و خصوصیات نظام‌های کشاورزی، منجر به اثرات زیست‌محیطی و پایداری در مقیاس‌های مکانی و زمانی متفاوت خواهد شد. در مطالعه ارزیابی پایداری بین چهار نظام تولید محصولات گلخانه‌ای در ایران، گیاهی که طول دوره رشد طولانی‌تری داشت و بیشتر از انرژی‌های رایگان محیطی بهره‌مند شده بود، بر اساس شاخص‌های انرژی محاسبه شده، پایداری بیشتری نشان داد (اصغری پور و همکاران ۲۰۲۰). با مقایسه نظام‌های تولید مکانیزه و سنتی تولید کلزا در ایران بر اساس برآورد تابع تولید و تحلیل انرژی، بخش مهمی از ناپایداری نظام‌های مکانیزه، به کاهش شدید مواد آلی خاک نسبت داده شد (امیری و همکاران ۲۰۲۰). نتایج مقایسه سه نظام تولیدی سیر، پیاز

الشتر ۴۴۴/۱ میلی‌متر و میانگین تبخیر سالانه ۱۴۲۸/۹ میلی‌متر است. حداکثر و حداقل دمای مطلق ثبت شده در الشتر به ترتیب ۴۲/۲ و ۲۴/۲- درجه سانتیگراد است. آب و هوای منطقه، نیمه مرطوب با تابستان معتدل و زمستان سرد و ۱۸۵ روز خشک است (سالنامه آماری استان لرستان ۲۰۱۶). بافت خاک سایت بوم‌نظام زراعی از نوع لومی‌رسی و بافت خاک رویشگاه طبیعی از نوع لومی‌شنی است. اسیدیته خاک نظام زراعی و نظام طبیعی به ترتیب ۷/۸ و ۶/۷ است. هدایت الکتریکی خاک بوم‌نظام زراعی و طبیعی به ترتیب ۲ و ۱/۶ dS m^{-1} است. مشخصات دو نظام زراعی حفاظتی و رویشگاه طبیعی گیاهان موسیر وحشی در جدول ۱ ارائه شده است.

جمع‌آوری داده‌ها

برای انجام این مطالعه کلیه نهاده‌های محیطی رایگان و نهاده‌های استحصال شده از اقتصاد انسانی غیررایگان اعم از تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸ برای هر دو نظام زراعی و طبیعی اندازه‌گیری و برآورد گردید. منابع محیطی تجدیدپذیر (R)، شامل نور خورشید، باد، باران، آب رودخانه و تبخیر و تعرق؛ منابع محیطی تجدیدنپذیر (N_0)، شامل فرسایش و تلفات مواد آلی خاک؛ منابع خریداری شده تجدیدپذیر (F_R)، شامل: ۲۵ درصد پیازچه و ۱۰ درصد نیروی کارگری؛ منابع خریداری شده تجدیدنپذیر (F_N)، شامل ماشین آلات کشاورزی، سوخت فسیلی، ۹۰ درصد نیروی کارگری و ۷۵ درصد بذر مصرفی در نظر گرفته شد (اصغری پور و همکاران ۲۰۱۹). داده‌های خام منابع طبیعی تجدیدپذیر، از جمله تابش خورشید، بارش و باد، از ایستگاه هواشناسی الشتر به دست آمد.

در مطالعه حاضر میزان تغییرات مواد آلی خاک با توجه به شیوه تولید دو نظام متفاوت بود. بدین ترتیب که رویشگاه طبیعی بدون تلفات مواد آلی خاک و نظام حفاظتی

و گندم بر اساس تلفیق تحلیل امرژی و اقتصادی نشان داد که روند مطلوبیت در عملکرد اقتصادی و عملکرد زیست‌محیطی طی فرآیند تولید در نظام‌های مورد بررسی دارای تناقض است (یاسینی و همکاران، ۲۰۲۰). در تحقیقی مقایسه نظام‌های تولید مکانیزه، سنتی و روش حفاظتی تولید موسیر در ایران، حاکی از پایداری سیستم حفاظتی تولید موسیر بود (امیری و همکاران، ۲۰۲۱)

در این تحقیق به منظور ارزیابی و مقایسه پایداری تولید در دو بوم‌نظام زراعی به شیوه حفاظتی و رویشگاه طبیعی تولید موسیر در شهرستان الشتر، استان لرستان سعی می‌شود که فعالیت‌های انسان در این دو نظام به زبان ترمودینامیک (امرژی) برگردانده شود تا ضمن اینکه پایداری به شیوه‌ای کارآمد، با شاخص‌های مختلف کمی و کیفی سنجیده می‌شود، به موارد قابل مدیریتی برسد که منجر به یافتن معرف‌ها و راهبردهایی جهت دستیابی به پایداری در بوم‌نظام‌های تولیدی کشاورزی شوند.

مواد و روش‌ها

توصیف مناطق مورد مطالعه

در این پژوهش، یک هکتار نظام زراعی تولید موسیر با شیوه مدیریت حفاظتی واقع در روستای کمرسیاه شهرستان الشتر با مختصات $48/1514$ درجه شرقی و $33/4921$ درجه شمالی و ارتفاع ۱۵۶۷ متر از سطح دریا و یک بوم‌نظام طبیعی موسیر در منطقه ورتختان شهرستان الشتر در مختصات $48/2129$ درجه شرقی و $33/4340$ درجه شمالی با ارتفاع ۲۳۰۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ تحلیل شد. انتخاب روش کشاورزی حفاظتی، به دلیل شباهت بیشتر این روش به شرایط رویشگاه طبیعی در مقایسه با سایر روش‌های متداول و مکانیزه تولید موسیر در نظام‌های زراعی بود (هاینس و نایدو ۱۹۹۸). میانگین بلند مدت بارندگی سالانه شهرستان

(کینل و ریس ۱۹۹۸). جریان خروجی (Y) رویشگاه طبیعی شامل محصول تازه موسیر و در نظام حفاظتی علاوه بر محصول تازه موسیر، شامل افزایش مواد آلی خاک نیز بود.

نه تنها تلفات مواد آلی خاک نداشت بلکه افزایش مواد آلی خاک نیز مشاهده شد. روش اندازه‌گیری تغییرات مواد آلی خاک در مطالعه امیری و همکاران (۲۰۱۹) آمده است. میزان فرسایش خاک با استفاده از مدل USLE- M تخمین زده شد

جدول ۱- مقایسه شیوه تولید در نظام زراعی حفاظتی و رویشگاه طبیعی تولید موسیر

دوره رشد (روز)	رویشگاه طبیعی	زراعی به شیوه حفاظتی
روش آماده‌سازی زمین	۱۵۴ (تاریخ رویش اول اسفندماه، تاریخ برداشت ۳۰ تیرماه)	۲۶۴ (کاشت ۱۰ آبانماه و برداشت آخر تیرماه)
روش کاشت	-	بدون شخم و تنها ایجاد خراش در خاک
روش آبیاری	-	به صورت دستی
روش داشت	-	غرقابی
روش برداشت	-	به صورت دستی
تغییرات ماده آلی طی فصل رشد (درصد)	به صورت دستی	به صورت دستی
تناوب زراعی	صفر	+۰/۱
درآمد خالص (دلار)	-	نخود، موسیر، گندم
وضعیت بقایای محصول قبلی در مزرعه	۱۶۹۶	۵۰۲۷
دوره رشد (روز)	پوشش مرتعی	باقیمانده بقایای گیاه قبلی بیش از ۳۰٪

روش تحلیل محض انرژی

از ابزارهای ترمودینامیکی جهت ارزیابی پایداری نظام‌های تولید، تحلیل انرژی است. انرژی به‌عنوان حافظه انرژی تلقی می‌شود (کمپل ۲۰۰۸). تحلیل انرژی دربرگیرنده بررسی‌های اقتصاددانان، اکولوژیست‌ها و ارزیابان انرژی از نظام‌ها است (کمپل و اهرت ۲۰۰۹). با تحلیل انرژی یک بوم‌نظام، می‌توان با دیدگاهی طبیعت‌محور، تمام ورودی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر رایگان، انرژی‌های خریداری‌شده و خدمات را ارزیابی و پایداری بوم نظام تولیدی را از لحاظ مصرف انرژی تبیین کرد (یوئی و همکاران ۲۰۱۶). قوانین و روش‌های محاسبه انرژی در مطالعات متعددی ارائه شده است (اودوم ۱۹۹۶، اودوم و براون ۲۰۰۰).

اولین قدم در تحلیل انرژی، ترسیم دیاگرام انرژی بر مبنای نمادهای جریان انرژی معرفی شده توسط اودوم است (اودوم ۱۹۸۳). این دیاگرام‌ها مرزهای نظام‌ها، اجزاء اصلی، ارتباط بین آنها و جریان‌های مواد و انرژی‌های تجدیدپذیر یا تجدیدناپذیر، محلی یا وارداتی را نشان می‌دهد. شکل‌های ۱ و ۲ نمودار زبان مفهومی نظام‌های انرژی در بوم‌نظام زراعی تولید موسیر و رویشگاه طبیعی موسیر وحشی را نشان داده است. دومین گام برای تحلیل انرژی، ایجاد جداول ارزیابی انرژی است (جدول‌های ۳ و ۴). تمامی جریان‌های ورودی (U) پس از تبدیل به یکی از سه واحد ژول، گرم و پول با ضرب در ضرایب تبدیل مربوطه (مقدار انرژی واحد هر ورودی یا UEV^1) که در مطالعات قبلی به دست آمده است، به واحد یکپارچه ام‌ژول

¹Unit Energy Value

۲۰۰۵، لو و همکاران ۲۰۱۰، لو و همکاران ۲۰۱۸، جعفری و همکاران ۲۰۱۸، امیری و همکاران ۲۰۱۹).

در این مطالعه از شاخص‌های ارزش واحد امرژی (UEV)، امرژی ویژه (SE^۱)، نسبت امرژی به پول (EMR^۲)، درصد امرژی تجدیدپذیر (R^۳%)، راندمان استفاده از منابع یا نسبت عملکرد امرژی (EYR^۴)، نسبت سرمایه‌گذاری امرژی (EIR^۵)، کسر مبادله امرژی (EER^۶)، نسبت بار محیط‌زیستی (ELR^۷) و شاخص امرژی سلامت تولید (EIPS^۸) برای مقایسه دو نظام مختلف تولید موسیر استفاده شد. مشخصات و فرمول محاسبه شاخص‌های امرژی مورد استفاده در این مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است.

خورشیدی تبدیل شده است. روش محاسبه جریان منابع ورودی در سیستم زراعی حفاظتی و رویشگاه طبیعی تولید موسیر در جدول ۲ ارائه شده است.

روش محاسبه شاخص و استانداردهای امرژی

با توجه به درصد تجدیدپذیری متفاوت جریان‌های ورودی، می‌توان با محاسبه انواع نسبت‌های ورودی و خروجی‌های هر نظام، شاخص‌های مختلفی را برای ارزیابی زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و حتی کیفیت محصولات تولیدی بوم‌نظام‌ها به دست آورد و از این شاخص‌ها در تحلیل نظام‌ها بهره برد (اورتگا و همکاران

جدول ۲- روش محاسبه جریان منابع ورودی (ژول و کیلوگرم در هکتار) در سیستم زراعی حفاظتی و رویشگاه طبیعی تولید موسیر

روش محاسبه	آیتم‌ها
انرژی خورشید در طول دوره رشد ($J m^{-2}$) × (سپیدیابی)	انرژی خورشید ($J ha^{-1}$)
ژئوتروپیک باد ($m s^{-1}$) × طول دوره رشد (s) × ضریب کشش (۰/۰۰۲)	باد، انرژی جنبشی ($J ha^{-1}$)
۱۰۰۰۰ × انرژی آزاد گیسی ($J kg^{-1}$) × چگالی ($kg m^{-3}$) × تبخیر و تعرق ($m yr^{-1}$)	باران، انرژی پتانسیل شیمیایی ($J ha^{-1}$)
۱۰۰۰۰ × انرژی آزاد گیسی ($J kg^{-1}$) × مقدار آب مصرفی ($m^3 m^{-2}$) × ($kg m^{-3} ۱۰۰۰$)	انرژی آب رودخانه ($J ha^{-1}$)
۱۰۰۰۰ × انرژی آزاد گیسی ($J kg^{-1}$) × مقدار تبخیر ($m yr^{-1}$) × چگالی ($kg m^{-3}$)	تبخیر و تعرق ($J ha^{-1}$)
۱۰۰۰۰ × مقدار خاک فرسایش یافته در واحد سطح ($g m^{-2} yr^{-1}$) × درصد ماده آلی خاک × محتوای انرژی مواد آلی خاک ($kcal gr^{-1}$) × $۱۸۶ J kcal^{-1}$	فرسایش خاک ($J ha^{-1}$)
۱۰۰۰۰ × عمق (m) × تراکم توده خاک ($kg m^{-3}$) × درصد تغییر ماده آلی خاک کاهش وزن ماده آلی خاک ($kg ha^{-1}$) × $۴۰۰ × ۱۸۶ kcal kg^{-1}$ × ($J kcal^{-1}$)	تغییرات ماده آلی خاک ($kg ha^{-1}$)
Σ (ساعات کاری در طول سال / عمر اقتصادی / ساعت کار در مزرعه × فولاد)	ماشین‌آلات کشاورزی ($g ha^{-1}$)
متوسط مقدار مصرفی ($kg ha^{-1}$) × $۳/۷۷ × ۱۰^۷$ × ($J kg^{-1}$)	سوخت ماشین‌آلات ($J ha^{-1}$)
متوسط مقدار مصرفی ($kWh ha^{-1}$) × $۳/۶ × ۱۰^۶$ × ($J kWh^{-1}$)	الکتریسیته ($J ha^{-1}$)

⁵Emergy Investment Ratio

⁶Emergy Exchange Ratio of Yield

⁷Environmental Loading Ratio

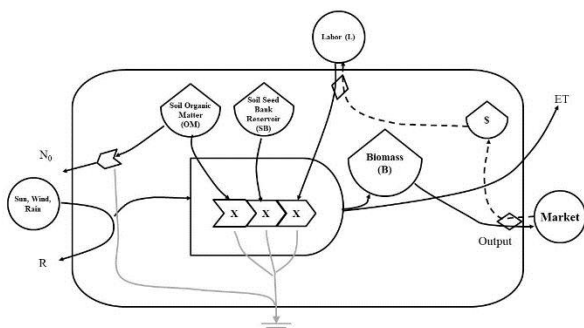
¹⁰Emergy Index of Product Safety

¹Specific Emergy

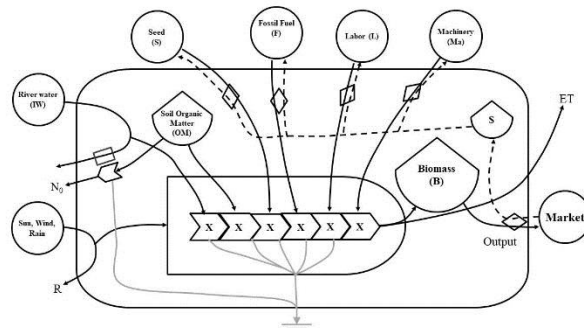
²Emergy to Money Ratio

³Renewable Emergy Ratio

⁴Emergy Yield Ratio



شکل ۲- دیاگرام جریان انرژی رویشگاه طبیعی تولید موسیر در الشتر، استان لرستان



شکل ۱- دیاگرام جریان انرژی نظام‌های حفاظتی تولید موسیر در الشتر، استان لرستان

جدول ۳- مشخصات شاخص‌های انرژی مورد استفاده برای ارزیابی نظام‌های حفاظتی و طبیعی تولید موسیر

شاخص‌های مبتنی بر انرژی	رابطه	خصوصیات
ضریب تبدیل (sej J ⁻¹) Transformity	$UEV = U / Output$	نسبت انرژی مورد نیاز برای ساخت یک محصول یا خدمات به انرژی موجود است.
انرژی ویژه (sej g ⁻¹) Specific Energy	$SE = U / Output$	نسبت انرژی مورد نیاز برای ساخت یک محصول به زیست توده است.
نسبت انرژی به پول (sej \$ ⁻¹) Energy to Money ratio	$EMR = U / net\ profit$	سرمایه گذاری انرژی به ازای هر دلار سود خالص.
درصد تجدیدپذیری انرژی Energy Renewability	$\%R = (R + F_R) / U \times 100$	این شاخص میزان وابستگی هر سیستم به انرژی های تجدیدپذیر را کمی می کند.
نسبت عملکرد انرژی Energy Yield Ratio	$EYR = U / (F_N + F_R)$	نسبت کل انرژی را به انرژی خریداری شده محاسبه می کند. این نسبت، میزان ورودی منابع مصرف شده (کل خروجی) در هر واحد سرمایه گذاری به عمل آمده توسط سیستم را ارزیابی می کند.
نسبت سرمایه گذاری انرژی Energy Investment Ratio	$EIR = (F_N + F_R) / R$	نسبت منابع انرژی خریداری شده خارج از سیستم نسبت ورودی های تجدیدپذیر محیطی.
نسبت تبادل انرژی Energy Exchange Ratio	$EER = U / Y_M$	با تقسیم کل انرژی مصرفی در تولید بر انرژی دریافتی از بازار محاسبه می شود
نسبت بار زیست محیطی Environmental Loading Ratio	$ELR = (F_N + N_0) / (R + F_R)$	هر چه مقدار این شاخص بیشتر باشد، فشار محیطی بر زمین کشت بیشتر و پایداری سیستم ضعیف است. معکوس پایداری را نشان می دهد.
شاخص سلامت تولید Energy index of agricultural product safety	$EIPS = 1 - [C / (F_N + F_R)]$	این شاخص اثر کودهای شیمیایی، سموم دفع آفات و علف کش ها را بر سلامت محصول ارزیابی می کند.

$$U = FN + FR + R + N_0$$

ارزش بازاری عملکرد اقتصادی: YM

عملکرد اقتصادی: E

مجموع انرژی علف کش، آفت کش و کود شیمیایی: C

نتایج و بحث

ساختار استفاده از انرژی

جدول ۴ جریان ورودی های محیطی رایگان، خریداری شده و خروجی ها را بر اساس واحدهای فیزیکی

برای دو نظام زراعی و رویشگاه طبیعی تولید موسیر نشان می دهد. شکل ۳ ساختار دسته بندی شده ورودی های انرژی دو نظام مختلف تولید موسیر مورد مطالعه را نشان می دهد. ورودی انرژی کل نظام زراعی و رویشگاه طبیعی موسیر،

محصول موسیر، افزایش مواد آلی خاک نیز از خدمات این بوم‌نظام بشمار آمده و به عنوان بخشی از خروجی نظام حفاظتی است (جدول ۴). مشابه این نتیجه در ارزیابی خدمات بوم‌نظام تولید قهوه در عرصه‌های حفاظت شده برزیل مشاهده شد که یکی از خدمات با ارزش در نظام مربوطه، حفاظت خاک بیان شد (جیانتی و همکاران ۲۰۱۱). مقایسه جریان ورودی دو نظام مورد بررسی بیانگر دانسیته جریان امرژی (ED^1) بیشتر در نظام زراعی نسبت به بوم‌نظام رویشگاه طبیعی است. ED بیشتر، استرس بالای اعمال‌شده توسط نظام به محیط و پایداری کمتر را نشان می‌دهد (بیزیگالو و همکاران ۲۰۰۸).

در این مطالعه به ترتیب $8/60 \times 10^{16}$ و $3/16 \times 10^{15}$ $sej\ ha^{-1}$ تخمین زده شد. مقایسه مقادیر امرژی ورودی نظام‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که امرژی کل ورودی در نظام زراعی، بیش از ۲۷ برابر رویشگاه طبیعی است. در تحلیل امرژی نظام تولید ذرت در چین، امرژی ورودی $1/38 \times 10^{16}$ $sej\ ha^{-1}$ محاسبه شد (ژانگ و همکاران ۲۰۱۲). همچنین در مطالعه جیانتی و همکاران (۲۰۱۱) در نظام تولید قهوه در عرصه‌های طبیعی برزیل جریان ورودی به نظام تولید $8/25 \times 10^{15}$ $sej\ ha^{-1}$ گزارش گردید.

جریان خروجی رویشگاه طبیعی فقط مربوط به تولید محصول موسیر بود، اما در نظام حفاظتی علاوه بر تولید

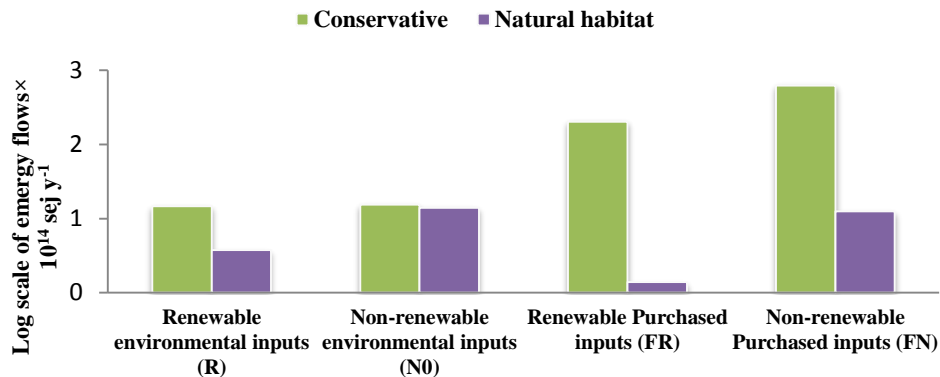
جدول ۴- جریان‌های ورودی از منابع طبیعی و اقتصادی در نظام‌های حفاظتی و طبیعی تولید موسیر (واحد در هکتار)

رویشگاه طبیعی	نظام زراعی حفاظتی	درصدتجدید پذیری	واحد	آیتم‌ها
جریان‌های محیطی تجدیدپذیر (R)				
$3/55 \times 10^{13}$	$4/30 \times 10^{13}$	۱	J	انرژی خورشیدی
$5/44 \times 10^{10}$	$5/92 \times 10^{10}$	۱	J	انرژی جنبشی باد
$9/95 \times 10^9$	$2/62 \times 10^{10}$	۱	J	انرژی شیمیایی باران
$1/18 \times 10^{10}$	$2/98 \times 10^{10}$	۱	J	تبخیر و تعرق
$0/00 \times 10^0$	$3/83 \times 10^{10}$	۱	J	آب رودخانه
جریان‌های محیطی تجدیدناپذیر (N_0)				
$3/82 \times 10^0$	$3/82 \times 10^0$	۰	J	تلفات مواد آلی خاک
$1/10 \times 10^6$	$1/21 \times 10^6$	۰	g	فرسایش خاک
جریان‌های خریداری شده (Fr & F_N)				
$6/27 \times 10^8$	$1/10 \times 10^9$	۰/۱	J	نیروی انسانی
$0/00 \times 10^0$	$7/80 \times 10^2$	۰	g	ماشین آلات
$0/00 \times 10^0$	$3/88 \times 10^8$	۰	g	سوخت‌های فسیلی و روغن
$0/00 \times 10^0$	$3/20 \times 10^8$	۰/۲۵	Rial	بذر
خروجی‌ها				
$2/00 \times 10^6$	$8/00 \times 10^6$		g	عملکرد اقتصادی
$3/25 \times 10^{10}$	$1/30 \times 10^{11}$		J	
	$4/20 \times 10^6$		g	افزایش مواد آلی
	$9/49 \times 10^{10}$		J	

¹Energy flow density

جدول ۵- تحلیل انرژی و ساختار ورودی نظام‌های حفاظتی و طبیعی تولید موسیر (sej. ha^{-1})

آیتمها	ضریب تبدیل انرژی	نظام زراعی حفاظتی	رویشگاه طبیعی
جریان‌های محیطی تجدیدپذیر (R)			
انرژی خورشیدی	$1/00 \times 10^7$	$4/30 \times 10^{13}$	$3/55 \times 10^{13}$
انرژی جنبشی باد	$1/25 \times 10^3$	$7/40 \times 10^{13}$	$6/80 \times 10^{13}$
انرژی شیمیایی باران	$2/25 \times 10^4$	$5/90 \times 10^{14}$	$2/24 \times 10^{14}$
تبخیر و تعرق	$2/88 \times 10^4$	$8/58 \times 10^{14}$	$3/40 \times 10^{14}$
آب رودخانه	$3/61 \times 10^4$	$1/38 \times 10^{15}$	$0/00 \times 10^0$
مجموع		$2/02 \times 10^{15}$	$3/75 \times 10^{14}$
جریان‌های محیطی تجدیدناپذیر (N0)			
تلفات مواد آلی خاک	$9/36 \times 10^4$	$0/00 \times 10^0$	$0/00 \times 10^0$
فرسایش خاک	$1/27 \times 10^9$	$1/54 \times 10^{15}$	$1/40 \times 10^{15}$
مجموع		$1/54 \times 10^{15}$	$1/40 \times 10^{15}$
جریان‌های خریداری شده (FR & FN)			
نیروی انسانی	$2/22 \times 10^6$	$2/44 \times 10^{15}$	$1/39 \times 10^{15}$
ماشین آلات	$1/01 \times 10^{10}$	$7/88 \times 10^{13}$	$0/00 \times 10^0$
سوخت‌های فسیلی و روغن	$8/60 \times 10^4$	$3/34 \times 10^{13}$	$0/00 \times 10^0$
بذر	$2/50 \times 10^8$	$8/00 \times 10^{16}$	$0/00 \times 10^0$
مجموع		$8/25 \times 10^{16}$	$1/39 \times 10^{15}$
مجموع کل		$8/60 \times 10^{16}$	$3/16 \times 10^{15}$



شکل ۳- ساختار انرژی ورودی برای نظام زراعی حفاظتی و رویشگاه طبیعی تولید موسیر

جریان‌های محیطی تجدیدپذیر به طور مستقیم از انرژی‌های نور خورشید منشعب می‌شوند. به منظور اجتناب از شمارش مضاعف، بزرگترین جریان انرژی

جریان‌های محیطی قابل تجدید نور خورشید، باد، باران، تبخیر و تعرق و آب رودخانه هستند (جدول‌های ۴ و ۵).

حدود سه چهارم مواد آلی اضافه شده به خاک به مصرف میکروارگانیزم‌های خاک می‌رسد و تنها یک چهارم باقیمانده در صورت رعایت اصول حفاظتی مدت بیشتری در خاک باقی می‌ماند (هاینس و نایدو ۱۹۹۸). لذا مواد آلی خاک، منبعی تجدیدناپذیر در نظر گرفته می‌شود. N_0 برای نظام‌های زراعی و رویشگاه طبیعی به ترتیب ۱/۷۹٪ و ۴۴/۱۵٪ از مجموع کل ورودی جریان امرژی را تشکیل داد. در مطالعه حاضر تلفات ناشی از فرسایش خاک در دو بوم‌نظام زراعی و رویشگاه طبیعی مورد بررسی به ترتیب $10^6 \times 1/21$ و $10^6 \times 1/1$ در سال زراعی محاسبه گردید (جدول ۴). مقایسه مقادیر فرسایش خاک حاکی از تلفات بیشتر خاک در نظام زراعی نسبت به رویشگاه طبیعی بود. پیلکیاردی و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی بوم‌نظام‌های سنتی تولید جو، گندم، نخود، خردل و علوفه یونجه در منطقه لداخ هندوستان به قابلیت بالای نظام‌های سنتی در نگهداری و بازسازی خاک به دلیل استفاده از شیوه‌های صحیح جهت پایداری نظام اشاره و مقدار فرسایش خاک را $10^2 \times 6/8$ طی سال زراعی اعلام کردند. شیوه آبیاری (غرقابی) و شخم در جهت شیب زمین در نظام زراعی تولید موسیر در مطالعه حاضر، دلیل فرسایش بیشتر این بوم‌نظام نسبت به رویشگاه طبیعی بود.

خاکورزی به دلیل تاثیر بر میکروارگانیزم‌ها و خواص خاک، از عوامل تعیین کننده مقدار مواد آلی خاک است (روسو و همکاران ۲۰۰۹). در بوم‌نظام حفاظتی تولید موسیر، بنا به اصول کشاورزی حفاظتی که شامل رعایت تناوب مناسب، شخم حداقل یا عدم شخم و باقیمانده حداقل ۳۰ درصد از بقایای محصول در داخل مزرعه بود (جدول ۱)، نه تنها موجب تلفات مواد آلی خاک نشد، بلکه افزایش مواد آلی خاک را به دنبال داشت (جدول ۴). تلفات مواد آلی خاک در مطالعه لو و همکاران (۲۰۰۹) در نظام‌های تولید گاو، وامپی و پاپایا در چین به ترتیب $10^{11} \times 1/32$ ،

محیطی تجدیدپذیر به اضافه انرژی خورشیدی که در فتوسنتز مورد استفاده قرار می‌گیرد به عنوان مجموع امرژی جریان‌های محیطی تجدیدپذیر در نظر گرفته شد (اصغری پور و همکاران ۲۰۱۹). در این مطالعه، بزرگترین ورودی رایگان محیطی در نظام زراعی آب رودخانه و در بوم‌نظام رویشگاه طبیعی، آب باران بود. جریان انرژی تجدیدپذیر رایگان محیطی برای نظام زراعی و رویشگاه طبیعی در این مطالعه به ترتیب $2/02 \times 10^{10}$ و $3/75 \times 10^{14}$ $sej ha^{-1}$ بود. این منابع ورودی برای نظام زراعی و رویشگاه طبیعی به ترتیب ۲/۳۴ و ۱۱/۸۶ درصد از کل امرژی‌های ورودی به هر نظام را تشکیل داد. کوچک بودن جریان امرژی تجدیدپذیر رایگان محیطی در رویشگاه طبیعی نسبت به بوم‌نظام زراعی به دلیل بهره‌مندی کمتر از بارش باران به دلیل کوتاه بودن طول دوره رشد موسیر در رویشگاه طبیعی (جدول ۱) و همچنین عدم آبیاری این نظام بود.

در مطالعه سوو و همکاران (۲۰۲۰) در چین جریان ورودی رایگان تجدیدپذیر محیطی نظام تولید برنج $10^{10} \times 1/82$ $sej ha^{-1}$ برآورد گردید. مقادیر R در مطالعه مونیلا و همکاران (۲۰۲۰) در تیمار شاهد و چهار تیمار اصلاحی افزودن ضایعات چغندر قند، بیوچار کود مرغی، بیوچار سبوس برنج و کود شیمیایی به ترتیب $10^{11} \times 8/79$ ، $10^{17} \times 1/27$ ، $10^{17} \times 1/25$ و $10^{16} \times 8/47$ $sej ha^{-1}$ گزارش شد.

جریان‌های محیطی تجدیدناپذیر (N_0)

دو منبع اصلی تجدیدناپذیر محیطی در این تحقیق، تلفات مواد آلی خاک و فرسایش خاک بود (جدول ۴). اندازه‌گیری تلفات مواد آلی و فرسایش خاک، در تحلیل انرژی بوم‌نظام‌های کشاورزی به دلیل نقش خاک در پایداری نظام، اجزاء با اهمیتی به شمار می‌آیند (پیلکیاردی و همکاران ۲۰۱۴). در تولید محصولات زراعی یکساله،

در نظام زراعی مورد مطالعه، یکی از گیاهانی که در تناوب با موسیر قرار داشت، گیاه نخود (*Cicer arietinum*) بود (جدول ۱) که جزء گیاهان لگومینوزه است. گیاهان لگومینوز از طریق تثبیت نیتروژن موجب حاصلخیزی خاک شده و نیاز به مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه را در زراعت به حداقل می‌رسانند (هریج و همکاران ۲۰۰۸). در نظام زراعی بیشترین سهم ورودی‌های خریداری شده پس از بذر، مربوط به نیروی کارگری بود. در رویشگاه طبیعی، تنها جزء ورودی خریداری شده نیروی کارگری جهت جمع‌آوری موسیر با سهم ۴۳/۹۹٪ از کل ورودی‌های نظام بود.

ورودی‌های خریداری شده به دو دسته تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر تقسیم بندی می‌شود. در نظام زراعی، از کل امرژی ورودی‌های خریداری شده، $2/0.2 \times 10^{11}$ sej ha⁻¹ از منابع تجدیدپذیر و $6/23 \times 10^{11}$ sej ha⁻¹ از منابع تجدیدنپذیر تامین گردید. در رویشگاه طبیعی هم چون نیروی کارگری تنها ورودی خریداری شده بود، ۹۰٪ امرژی خریداری شده تجدیدنپذیر و ۱۰٪ تجدیدپذیر در نظر گرفته شد (جعفری و همکاران ۲۰۱۸). مقایسه مقادیر منابع تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر هر کدام از نظام‌ها شدت وابستگی آن نظام به نوع منبع ورودی را نشان می‌دهد. مقدار وابستگی به منابع تجدیدنپذیر رویشگاه طبیعی $1/25 \times 10^{10}$ sej ha⁻¹ محاسبه شد. از این رو وابستگی به منابع تجدیدنپذیر در نظام زراعی بیش از ۴۹ برابر رویشگاه طبیعی است.

عملکرد و جریان کل امرژی (U)

امرژی ورودی و جریان خروجی هر سایت در جداول ۴ و ۵ بیان شده است. در مقدار مشابه از محصول تولیدی (برحسب J یا g)، نظامی کارآمدتر است که امرژی ورودی (برحسب sej) پایین‌تری داشته باشد. به عبارت دیگر در مقدار مشابه امرژی ورودی، خروجی بیشتری تولید شده

$8/93 \times 10^{10}$ و $6/51 \times 10^{10}$ sej ha⁻¹ بیان گردید که به ترتیب ۲۱/۳۶٪، ۲۰/۰۰٪ و ۱۱/۲۰٪ امرژی ورودی به نظام‌ها را شامل شدند.

جریان‌های ورودی خریداری شده (F_R و F_N)

مقدار ورودی‌های خریداری شده در نظام زراعی و رویشگاه طبیعی در این مطالعه به ترتیب $8/25 \times 10^{11}$ و $1/39 \times 10^{10}$ sej ha⁻¹ بود. همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود سهم بالایی از ورودی نظام زراعی مربوط به جریان‌های خریداری شده بود. علت اصلی بالا بودن سهم جریان‌های ورودی خریداری شده در بوم‌نظام زراعی، هزینه بالای پیازچه بود، که در این مطالعه بر حسب وزن بذر مصرفی و بر اساس امرژی واحد پول ایران (ریال) محاسبه شد (اصغری پور و همکاران ۲۰۱۹). در زراعت گیاهانی که کاشت آن‌ها با روش‌هایی غیر از دانه و به وسیله پیازچه، غده و غیره است، سهم بالایی از هزینه‌های تولید، مربوط به تهیه بذر است. در این مطالعه نیز علاوه بر بالا بودن وزن مصرفی بذر در بوم‌نظام زراعی (جدول ۴)، قیمت خرید پیازچه‌ها به دلیل کمیاب بودن، بالا است. قیمت هر گرم پیاز بذری موسیر در این مطالعه، ۲۰۰ ریال در نظر گرفته شد. اگرچه تولید موسیر با استفاده از کاشت دانه، دارای هزینه اولیه کمتری است اما به دلیل مشکلاتی مانند نیاز به سرمادهی^۱، ریز بودن، کندی رشد و طولانی شدن دوره رویش (بیش از دو سال)، کمتر استفاده می‌شود (شریفی و همکاران ۲۰۱۵).

مقایسه ساختار و اجزاء جریان‌های ورودی خریداری شده دو نظام مورد بررسی، دارای اختلاف بود. شیوه تولید بوم‌نظام زراعی مورد مطالعه مبتنی بر اصول کشاورزی حفاظتی بود و برنامه حاصلخیزی خاک در این شیوه تولید بر پایه تناوب صحیح و حفظ و افزایش موادآلی خاک در راستای ارتقاء پایداری است (تراویستا و همکاران ۲۰۱۹).

¹ Stratification

کارکردی شامل: پایداری اکولوژیکی، کارایی استفاده از منابع، اثرات زیست‌محیطی، بهره‌وری اقتصادی و میزان رقابتی بودن در بازار مؤثر است. مقایسه شاخص‌های امرژی در نظام‌های مختلف، انعکاسی از شیوه مدیریتی و چگونگی اعمال روش‌های تولید، در بوم‌نظام‌های مورد بررسی است. روابط ریاضی و تعاریف شاخص‌های مورد بحث در جدول ۳ و مقادیر شاخص‌های مبتنی بر امرژی در جدول ۶ ارائه شده است.

باشد (اودوم ۱۹۹۶، براون و همکاران ۲۰۰۰). بر این اساس و با توجه به کل امرژی ورودی نظام‌ها، می‌توان کارامدی نظام رویشگاه طبیعی را تبیین نمود، چون هر واحد محصول تولید شده در نظام رویشگاه طبیعی، توسط مقدار کمتری از امرژی در مقایسه با نظام حفاظتی پشتیبانی شده است.

شاخص‌های امرژی

بحث با استفاده از شاخص‌های امرژی در بیان میزان تفاوت بین دو نظام تولید موسیر، از لحاظ ویژگی‌های

جدول ۶- شاخص‌های مبتنی بر امرژی در نظام‌های حفاظتی و طبیعی تولید موسیر

	نظام زراعی حفاظتی	رویشگاه طبیعی
ارزش واحد امرژی (UEV)	$3/82 \times 10^0$	$9/74 \times 10^4$
امرژی مخصوص (SE)	$7/05 \times 10^9$	$1/08 \times 10^9$
نسبت امرژی واحد پول (EMR)	$1/72 \times 10^{13}$	$1/86 \times 10^{12}$
درصد تجدیدپذیری امرژی (R%)	25/80	16/20
نسبت عملکرد امرژی (EYR)	1/043	2/273
نسبت سرمایه گذاری امرژی (EIR)	40/932	3/708
کشر مبادله امرژی (EER)	1/062	0/156
نسبت بار زیست محیطی (ELR)	2/865	5/148
شاخص امرژی سلامت تولید (EIPS)	1/00	1/00

بیشتر از رویشگاه طبیعی با مقدار $9/74 \times 10^4 \text{ sej } J^{-1}$ بود (جدول ۶). امرژی بالای ورودی بذر موجب بزرگ شدن UEV نظام زراعی نسبت به رویشگاه طبیعی شد. در مطالعه مونیلال و همکاران (۲۰۲۰) مقادیر UEV در تیمارهای شاهد و اصلاحی مختلف تولید ذرت شامل افزودن ضایعات چغندر قند، بیوچار کود مرغی، بیوچار سبوس برنج و کود شیمیایی به ترتیب $8/81 \times 10^6$ ، $9/69 \times 10^6$ ، $8/94 \times 10^6$ ، $4/01 \times 10^6$ و $3/41 \times 10^7 \text{ sej } J^{-1}$ گزارش شد. همچنین ژانگ و همکاران (۲۰۰۵) و کوالنت و

ارزش واحد امرژی (UEV)

ارزش واحد امرژی (UEV) یا ضریب تبدیل^۱ شاخصی مؤثر برای ارزیابی بازده امرژی تولید محصول است (براون و اولگیتی ۲۰۰۴). مقدار بالاتر UEV در تولید محصول یکسان، اثربخشی پایین امرژی از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی را نشان می‌دهد (اودوم ۱۹۹۶، لو و همکاران ۲۰۱۰). مقدار UEV محاسبه شده برای دو نظام مورد مطالعه در جدول ۶ آمده است. مقدار UEV در نظام‌های تولید موسیر در نظام زراعی با مقدار $3/82 \times 10^0$

¹ Transformity

می‌دهد. در میان شاخص‌های امرژی، به شاخصی که به ترسیم ارزش اقتصادی تولیدات نظام از دیدگاه امرژی کمک کند نیاز است (چن و همکاران ۲۰۱۷)، و این شاخص می‌تواند EMR باشد. EMR ویژگی‌های اقتصادی و جریان‌ات زیست‌محیطی ورودی به بوم‌نظام را به هم‌گره می‌زند. این شاخص جریان‌ات زیست‌محیطی و خریداری شده وارد شده به نظام را در پول حاصل از تولید کالا (محصولات و خدمات) در یک زمان معین تجلی می‌دهد (لو و کمپل ۲۰۰۹). در این مطالعه EMR از نسبت کل امرژی ورودی به سود خالص به دست آمده هر بوم‌نظام محاسبه شد. در واقع EMR مقدار سرمایه‌گذاری امرژی در هر واحد پول از سود خالص (EI per NP^۱) را نشان می‌دهد (ژانگ و همکاران ۲۰۱۲).

مقادیر EMR مطالعه حاضر برای نظام‌های زراعی و رویشگاه طبیعی به ترتیب $1/72 \times 10^{12}$ و $1/86 \times 10^{12}$ sej \$^۱ محاسبه شد (جدول ۶). مقایسه مقادیر EMR در تولید موسیر نشان داد که هر واحد سود خالص به دست آمده در بوم‌نظام زراعی توأم با جریان بیشتر امرژی در این نظام نسبت به رویشگاه طبیعی بود. مقدار EMR مربوط به رویشگاه طبیعی از نظام زراعی کوچکتر بود که عمدتاً به جریان امرژی ورودی پایین این نظام نسبت به نظام زراعی در مطالعه حاضر مربوط بود. پایین بودن EMR رویشگاه طبیعی، ایجاد رغبت در برداشت هرچه بیشتر موسیر از این نظام را به دنبال دارد و بهره‌برداری بیشتر از توان رویشگاه طبیعی توأم با بیم آسیب و تخریب رویشگاه طبیعی است.

ژانگ و همکاران (۲۰۱۲) در تحلیل امرژی چهار نظام تولید ذرت، پرورش اردک، پرورش قارچ خوراکی، حوزچه گسترده و نیمه طبیعی پرورش ماهی EMR را به ترتیب $1/36 \times 10^{12}$ ، $8/22 \times 10^{12}$ ، $5/04 \times 10^{12}$ و $4/78 \times 10^{12}$ sej \$^۱

اورتگا (۲۰۰۹) در مطالعه‌های خود UEV نظام‌های تولید سویا، در چین و برزیل را به ترتیب $8/37 \times 10^4$ و $1/01 \times 10^0$ sej J⁻¹ بیان کردند.

شاخص امرژی مخصوص (SE)

شاخص امرژی مخصوص (SE)، یکی از مفاهیم اصلی تئوری امرژی و فاکتوری برای ارزیابی امرژی واحد بیوماس تولیدی در نظام است. SE مقدار امرژی پشتیبان کننده هر واحد بیوماس تولیدی را بر حسب واحد جرم، گرم یا کیلوگرم بیان می‌کند (اودوم ۲۰۰۰، ژانگ و همکاران ۲۰۱۲). هر چه بیوماس تولیدی نظامی به جریان امرژی پشتیبان کننده کمتری در واحد سطح، نیاز داشته باشد، به عبارتی دانسیته جریان امرژی کوچکتری داشته باشد، SE در آن نظام کمتر است (بیزیگالو و همکاران ۲۰۰۸). SE محاسبه شده در بوم‌نظام‌های موسیر مطالعه حاضر، به ترتیب در نظام زراعی و رویشگاه طبیعی به ترتیب $7/05 \times 10^9$ و $1/58 \times 10^9$ sej g⁻¹ بود (جدول ۶). مقایسه مقادیر SE مطالعه حاضر نشان داد برای هر واحد بیوماس تولید موسیر در بوم‌نظام زراعی حدود پنج برابر جریان امرژی در رویشگاه طبیعی، مصرف شده است.

در آزمایش مقایسه شاهد و چهار تیمار اصلاحی افزودن ضایعات چغندرقد، بیوچار کود مرغی، بیوچار سبوس برنج و کود شیمیایی در مطالعه مونیلال و همکاران (۲۰۲۰) SE به ترتیب $1/73 \times 10^{10}$ ، $3/49 \times 10^{10}$ ، $3/22 \times 10^{10}$ و $1/44 \times 10^{10}$ sej g⁻¹ گزارش شد. در این مطالعه دلیل بزرگی SE شاهد، مربوط به عملکرد کم آن نسبت به تیمارهای اصلاحی است.

نسبت امرژی واحد پول (EMR)

نسبت امرژی واحد پول (EMR)، مقدار جریان امرژی پشتیبانی کننده هر واحد پول تولیدی در نظام را نشان

^۱ Emergy investment per \$ of net profit

طبیعی می‌تواند هشدار در بیان ناپایداری این نظام باشد. استفاده از روش‌های مدیریت منابع طبیعی از جمله روش‌های آبخیزداری می‌تواند بهره‌مندی بیشتر از منابع تجدیدپذیر محیطی را در رویشگاه طبیعی بالا ببرد.

در مطالعه مونیلال و همکاران (۲۰۲۰) مقادیر %R در تیمار شاهد و چهار تیمار اصلاحی افزودن ضایعات چغندر قند، بیوچار کود مرغی، بیوچار سبوس برنج و کود شیمیایی به ترتیب ۵۹، ۳۸، ۴۲، ۶۱ و ۶۲ درصد گزارش گردید. مقایسه %R قطعات زراعی تولید ذرت در آزمایش مونیلال و نظام‌های تولید موسیر در مطالعه حاضر نشان‌دهنده درصد تجدیدپذیری پایین جریان امرژی است. در نظام تجاری و معیشتی تولید کلزا در ایران %R به ترتیب ۵/۳۰ و ۱۹/۹۰ درصد محاسبه شد. تلفات بالای مواد آلی خاک از منبع تجدیدناپذیر، در اثر خاکورزی و شیوه تولید در بوم‌نظام تجاری، عمده‌ترین دلیل کوچکی شاخص درصد تجدیدپذیری امرژی در نظام تجاری معرفی گردید (امیری و همکاران ۲۰۱۹).

راندمان استفاده از منابع یا نسبت عملکرد امرژی (EYR)
شاخص نسبت عملکرد امرژی (EYR) شاخصی فراگیر در بیان توانایی نظام در بهره‌برداری از منابع محیطی است. این شاخص از تقسیم امرژی ورودی کل بر امرژی ورودی‌های خریداری‌شده به دست می‌آید. مقدار بالاتر این شاخص نمایانگر برگشت بیشتر امرژی به ازای امرژی سرمایه‌گذاری شده است (اودوم ۱۹۹۶). EYR توانایی یک نظام را در استفاده موثر از منابع محلی از طریق تمرکز بر منابع خریداری شده می‌سنجد (آگوستینهو و همکاران ۲۰۰۸). EYR بیشتر نشان‌دهنده وابستگی بیشتر نظام به منابع محیطی در مقایسه با منابع خریداری‌شده است. EYR بیشتر از ۱۵ حاکی از پایداری بالا، ۱۵-۴ پایداری متوسط و EYR کمتر از ۴ پایداری کم نظام را نشان می‌دهد (ژان و همکاران ۲۰۲۰). EYR نظام‌های زراعی و رویشگاه طبیعی

^۱ محاسبه کردند. مقادیر EMR نظام‌های مورد بررسی ژانگ و همکاران حاکی از پایین بودن جریان امرژی حامی هر دلار به دست آمده در نظام زراعی (تولید ذرت) نسبت به بوم‌نظام‌های دامی (پرورش اردک)، باغبانی (تولید قارچ) و پرورش ماهی بود. به عبارتی امرژی صرف شده برای هر دلار به دست آمده در نظام زراعی کمتر از سایر بوم‌نظام‌های مورد مقایسه بود. وضعیت EMR نظام پرورش ماهی نیز به دلیل نیمه‌طبیعی بودن بهتر از دو بوم‌نظام دامی و باغبانی بود. به نظر می‌رسد در درآمد خالص یکسان، نظامی که جریان ورودی امرژی کمتری داشته باشد، پایدارتر است.

شاخص درصد تجدیدپذیری امرژی (%R)

نسبت ورودی‌های تجدیدپذیر به امرژی کل، درصد تجدیدپذیری امرژی (%R) گفته می‌شود (ژانگ و لونگ ۲۰۱۰). به‌طور کلی، نظام‌های تولیدی که کسر بیشتری از امرژی ورودی از منابع تجدیدپذیر تأمین شود یا فرآیندهای مرتبط با تولید در این نظام‌ها، از منابع تجدیدپذیر بیشتری استفاده کنند احتمالاً پایدارتر هستند. در بلندمدت، هر چه نظامی میزان کمتری از منابع تجدیدناپذیر در مقایسه با منابع تجدیدپذیر استفاده نماید، در رقابت اقتصادی نیز موفق‌تر خواهد بود (براون و اولگیاتی ۲۰۰۴).

مقادیر تجدیدپذیری امرژی نظام‌های زراعی و رویشگاه طبیعی تولید موسیر به ترتیب ۲۵/۸۰ و ۱۶/۲۰ درصد محاسبه شد (جدول ۶). اگرچه در نظام زراعی مطالعه حاضر از کودهای شیمیایی استفاده نشده است اما در پژوهش‌های مرتبط سهم بالایی از امرژی تجدیدناپذیر در نظام‌های کشاورزی و زراعی را به کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم مربوط می‌دانند (غالی و پرتز ۲۰۱۳). ورودی امرژی از منبع تجدیدپذیر (R و Fr) دو نظام زراعی و رویشگاه طبیعی به ترتیب $10^{16} \times 17/2$ و $10^{14} \times 14/5 \text{ sej ha}^{-1}$ بود. کوچک بودن %R سایت رویشگاه

مقادیر EIR در مطالعه مونیلال و همکاران (۲۰۲۰) برای تیمارهای مختلف اصلاحی در تولید ذرت شامل شاهد و چهار تیمار افزودن ضایعات چغندر قند، بیوچار کود مرغی، بیوچار سبوس برنج و کود شیمیایی به ترتیب $۱/۲۶۲/۴۷$ ، $۱/۳۷$ ، $۰/۶۳$ و $۰/۶۰$ گزارش شد. EIR برای نظام‌های تولید کلزا در واحدهای تجاری و سنتی به ترتیب $۹/۰۰$ و $۸/۹۴$ بود (امیری و همکاران ۲۰۱۹). کاولت و اورتگا (۲۰۰۹) در تحقیقی روی نظام‌های تولید سویا در برزیل میزان EIR را $۱/۲۵$ محاسبه کردند. بزرگ بودن مقدار EIR بوم‌نظام زراعی این مطالعه در مقایسه با مقادیر EIR گزارش شده قبلی در نظام‌های کشاورزی، ناشی از امرژی بالای نهاده بذر بود. انجام اصلاح ژنتیکی برای تامین بذر مزارع موسیر از طریق دانه (نه پیازچه) در آینده، کاهش جریان امرژی ورودی بذر را در این بوم‌نظام‌ها در پی خواهد داشت. کاهش ورودی بذر در نظام‌های تولید موسیر، EIR این بوم‌نظام‌ها را از طریق کاهش جریان ورودی‌های خریداری شده، بهبود خواهد داد و از لحاظ اقتصادی نیز نیاز سرمایه‌گذاری اولیه جهت تولید زراعی موسیر، کاهش می‌یابد (شریفی و همکاران ۲۰۱۳).

کسر مبادله امرژی (EER)

شاخص کسر مبادله امرژی محصول (EER_Y) به‌عنوان پلی بین ارزیابی‌های امرژی و اقتصادی پیشنهاد شده است (ادوم ۱۹۹۶). EER به‌عنوان نسبت بین کل امرژی صرف شده در تولید محصول (U) به قدرت خرید امرژی محصول تولیدی (Y_M) تعریف شده است (جدول ۶). Y_M از ضرب پول دریافت شده (M_Y) در ضریب تبدیل پول به دست می‌آید. EER برای یک محصول نه تنها ارزش بازاری محصول را نشان می‌دهد بلکه بیان‌گر مفهوم قیمت و تفاوت ارزش پول در بازارهای مختلف است. به عبارتی توسط EER وضعیت نظام از نظر موازنه بین سود حاصل از فروش محصول در بازار و امرژی ورودی به آن،

تولید موسیر این مطالعه به ترتیب $۱/۰۴۳$ و $۲/۲۷۳$ بود (جدول ۶). مقدار EYR در رویشگاه طبیعی گویای توانایی خوب این نظام در بهره‌برداری از جریان‌ات امرژی محیط نسبت به ورودی‌های خریداری شده‌ی در قیاس با بوم‌نظام زراعی مورد مطالعه بود. کاهش ورودی نیروی کار جهت برداشت موسیر در رویشگاه طبیعی منجر به بهبود هر چه بیشتر شاخص EYR در این نظام خواهد شد. در تعداد زیادی از ارزیابی‌های امرژی، شاخص EYR به‌عنوان یکی از شاخص‌های اصلی گزارش گردیده است. امیری و همکاران (۲۰۱۹) در نتیجه‌ای مشابه EYR را در نظام تولید تجاری و معیشتی کلزا $۲/۳۱$ و $۱/۵۳$ به دست آوردند. سو و همکاران (۲۰۲۰) مقدار EYR را در نظام سنتی تولید برنج و سبزیجات به روش فشرده به ترتیب $۱/۴۵$ و $۱/۰۵$ اعلام کردند. در مطالعه‌ای در چین EYR در مزرعه برنج و سبزیجات به ترتیب $۱/۱۵$ و $۱/۰۵$ (لو و همکاران ۲۰۱۰) و در شمال چین، EYR ذرت $۱/۲۰$ محاسبه شد (ژانگ و همکاران ۲۰۱۲). در محصولات باغی موز، پاپایا، گواوا و وامپی EYR به ترتیب $۱/۰۴$ ، $۱/۱۶$ ، $۱/۳۱$ و $۱/۳۰$ (لو و همکاران ۲۰۰۹) گزارش شده است.

نسبت سرمایه‌گذاری امرژی (EIR)

نسبت سرمایه‌گذاری امرژی (EIR) اطلاعاتی در مورد چگونگی کارایی نظام در استفاده‌ی امرژی ناشی از سرمایه‌گذاری را نسبت به امرژی‌های رایگان محیطی ارائه می‌دهد (ادوم ۱۹۹۶). EIR از نسبت ورودی‌های خریداری شده به ورودی‌های رایگان نظام به دست می‌آید. مقدار کمتر این شاخص نشان‌دهنده وابستگی بیشتر نظام به منابع محیطی است (ونگ و همکاران ۲۰۱۴). روند جریان امرژی ورودی‌های خریداری شده نظام‌های زراعی و رویشگاه طبیعی به ترتیب $۸/۲۵ \times ۱۰^{۱۶}$ و $۱/۳۹ \times ۱۰^{۱۵}$ بود (جدول ۶).

به ترتیب ۵/۶۷، ۶/۰۳، ۳/۱۷ و ۲/۲۳ گزارش شد. بر مبنای این تحقیق کارآمدترین زیربخش تولیدی در جریان مبادله محصول در بازار، جنگل معرفی شد. مبنای بیان مزیت بیشتر زیر بخش جنگل، کوچکی مقدار EER جنگل نسبت به سایر زیر بخش‌های مورد مطالعه بود (آگوستینهو و همکاران ۲۰۰۸).

نسبت بار محیط‌زیستی (ELR)

نسبت بار زیست‌محیطی (ELR) فشار اعمال شده یک نظام بر محیط‌زیست را تحلیل می‌کند. این شاخص برای اندازه‌گیری میزان استفاده‌ی نظام از خدمات محیط و فشار وارده به محیط، در جریان تولید استفاده می‌شود (آگوستینهو و همکاران ۲۰۰۸). نسبت بالاتر این شاخص، به معنای استرس و فشار بیشتر بر محیط است. هرچه نسبت F_R و R به F_N و N_0 بیشتر باشد ELR کوچکتر و بار محیطی کمتر خواهد شد. مقادیر ELR برای بوم‌نظام‌های زراعی و رویشگاه طبیعی موسیر به ترتیب ۲/۸۶۵ و ۵/۱۴۸ بود (جدول ۶). در رابطه‌ی بین شاخص ELR یک نظام و پایداری آن، چنانچه ELR کمتر از ۲ باشد، پایدار، ELR بین ۲ الی ۱۰ باشد نیمه پایدار و ELR بیشتر از ۱۰ ناپایدار تلقی می‌گردد (براون و اولگیتی ۲۰۰۴، ژان و همکاران ۲۰۲۰). بر پایه مقادیر شاخص ELR هر دو نظام زراعی و رویشگاه طبیعی نیمه پایدار شناخته شدند.

مقدار ELR در مطالعه مونیلال و همکاران (۲۰۲۰) برای تیمارهای مختلف تولید نرت شامل شاهد و چهار تیمار اصلاحی افزودن ضایعات چغندر قند، بیوچار کود مرغی، بیوچار سبوس برنج و کود شیمیایی به ترتیب ۰/۶۹، ۱/۶۳، ۱/۳۸، ۰/۶۴ و ۰/۶۱ همگی کوچکتر از دو و پایدار گزارش شدند. بر اساس مقدار ELR در مطالعه مونیلال و همکاران پایدارترین نظام، شاهد تلقی گردید. با مقایسه ELR، پایداری ۳ نظام تولید لوتوس خالص، لوتوس-میگو و لوتوس-ماهی بررسی و مقادیر ELR این نظام‌ها به ترتیب

اندازه‌گیری می‌شود (لو و کمپل ۲۰۰۹). براون و اولگیتی (۲۰۰۴) از EER به عنوان معیاری برای سنجش مزیت تجاری کالای تولیدی یک نظام، نسبت به نظام دیگر یاد و EER را شاخصی برای تعیین "برد" و "باخت" در تجارت معرفی کردند. به عبارتی با کمک EER می‌توان مزیت بین فروشنده (تولیدکننده) و خریدار را در جریان مبادله کالای تولیدی سنجید؛ در یک وضعیت ایده آل مقدار EER برابر یک است (آگوستینهو و همکاران ۲۰۰۸). زمانی که مقدار EER بزرگتر از یک باشد بُرد با خریدار است، چون خریدار در قیاس با امرژی پولی که بابت خرید کالا پرداخته است، امرژی بیشتری دریافت نموده است و فروشنده (تولیدکننده) متضرر شده است و طی مبادله محصول، نسبت به مقدار منابع امرژی که صرف تولید شده، امرژی کمتری دریافت نموده است. مقادیر EER دو نظام زراعی و رویشگاه طبیعی این مطالعه به ترتیب ۱/۰۶۲ و ۰/۱۵۶ برآورد شد (جدول ۶). مقدار EER محاسبه شده در رویشگاه طبیعی کمتر از ۱ بود که نشان‌دهنده بُرد خوب برای بهره‌بردار این نظام نسبت به بهره‌بردار (کشاورز) نظام زراعی است. اما EER بیشتر از یک نظام زراعی، سود بیشتر خریدار را نسبت به فروشنده نشان داد.

مقدار EER تولید گوشت در سه نظام پرورابندی گوسفند شامل نظام اختصاصی گوسفند-در مرتع، نظام گوسفند-گیاهان باغی دائمی و نظام گوسفند-گیاهان زراعی یکساله در مناطق مدیترانه‌ای کشور اسپانیا به ترتیب ۱۱/۷۸، ۱۲/۷۸ و ۱۰/۱۳، توسط رودریگوئز-اورتگا و همکاران (۲۰۱۷) گزارش شد. مصرف بیش از ۱۰ برابری امرژی نسبت به امرژی پول دریافتی در بازار در قبال فروش گوشت گوسفند، در مطالعه گفته شده عدم تعادل بین کل امرژی ورودی و تبدیل آن به امرژی پول را نشان داد. مقادیر EER برای چهار زیربخش تولیدی محصولات زراعی یکساله، باغ، مرتع و جنگل در مزرعه‌ای در برزیل

پرداخته شد. در ذیل خلاصه نتایج و پیشنهادات راهبردی جهت تحقق تولید پایدار، برای استفاده متولیان و متخصصین کشاورزی، محیط‌زیست و منابع طبیعی، کشاورزان و مصرف‌کنندگان ارائه می‌گردد:

۱- بر پایه شاخص‌های SE، UEV و EMR ورودی امرژی به‌ترتیب برای هر واحد ژول، بیوماس و سود خالص تولیدی در نظام زراعی بیشتر از رویشگاه طبیعی بود. EMR پایین رویشگاه طبیعی موجب جذابیت اقتصادی برای بهره‌برداری از این نظام در مقایسه با نظام زراعی است. کوچکی EMR در رویشگاه طبیعی و سوسه بهره‌برداری بیش از ظرفیت را ایجاد نموده و تخریب رویشگاه را در پی دارد. از این رو توجه کافی به حفاظت از رویشگاه طبیعی و نظارت بر میزان بهره‌برداری موسیر از آن مورد تاکید و سفارش است.

۲- $R\%$ در نظام زراعی بیشتر از رویشگاه طبیعی است. $R\%$ کم مربوط به رویشگاه طبیعی به دلیل سهم پایین ورودی‌های تجدیدپذیر در این نظام بود. در رویشگاه طبیعی به دلیل محدودیت دمایی ناشی از توپوگرافی و ارتفاع، خروج بخشی از بارش‌ها در اثر شیب و غیره، بهره‌مندی از جریان‌های ورودی رایگان محیطی تجدیدپذیر پایین بود که اجرای طرح‌های آبخیزداری و مدیریت مرتع می‌تواند بهره‌برداری بیشتری از جریان‌های رایگان محیطی تجدیدپذیر در رویشگاه طبیعی را به دنبال داشته باشد.

۳- در این مطالعه شاخص ELR نظام رویشگاه طبیعی در حدود $1/8$ برابر نظام زراعی بود که زنگ خطر ناپایداری رویشگاه طبیعی با یکی از شاخص‌های اصلی امرژی برای بیان میزان پایداری به صدا در آمده است و این هشدار برای متولیان حفاظت از محیط‌زیست است.

$2/3$ ، $2/8$ و $2/4$ به دست آمد. نظام تولید لوتوس خالص، نسبت به دو نظام دیگر، پایدارتر شناخته شد. در مطالعه‌ای دیگر فشار وارد آمده بر محیط توسط مزرعه‌ای که با مدیریت متداول اداره شد، $5/68$ برابر بیشتر از مزرعه اکولوژیک بود (آگوستینهو و همکاران ۲۰۰۸).

شاخص امرژی سلامت تولید (EIPS)

شاخص امرژی سلامت تولید (EIPS) امنیت محصولات را از نظر ورودی کودهای شیمیایی و علفکش ارزیابی می‌کند. هرچه EIPS بالاتر باشد، سلامت محصولات تولیدی بیشتر است (ژی و کین ۲۰۰۹). رابطه ریاضی محاسبه این شاخص در جدول ۳ ارائه شده است. مقادیر به دست آمده EIPS برای نظام زراعی و رویشگاه طبیعی هر دو برابر یک بود (جدول ۶). در مطالعه شا و همکاران (۲۰۱۵)، EIPS در جنوب شرقی تبت برای دو مدل تولیدی ترکیب تولید ذرت همراه با پرورش غاز و تولید متداول ذرت به‌ترتیب $0/86$ و $0/70$ محاسبه شد. در مقایسه دو مدل تولید تلفیقی برنج-اردک و تناوب گندم/برنج مقدار EIPS به‌ترتیب $1/00$ و $0/34$ گزارش شد (ژی و کین ۲۰۰۹).

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

تولید محصول با کیفیت و سالم، دارای حداکثر سود اقتصادی و برخوردار از خدمات زیست‌محیطی از جمله جلوگیری از تخریب رویشگاه طبیعی، منع برداشت بی‌رویه گیاهان از طبیعت، کاهش قاچاق گیاهان ارزشمند و جلوگیری از زوال گونه‌های در معرض انقراض، از سیاست‌های ایجاد پایداری در نظام‌های تولید گیاهان به‌شمار می‌رود. این مطالعه با هدف تحلیل امرژی دو نظام تولید گیاه در معرض انقراض موسیر، شامل نظام زراعی به شیوه حفاظتی و رویشگاه طبیعی در شهرستان الشتر، استان لرستان انجام شد. با کمک تحلیل ساختار و شاخص‌های امرژی به مقایسه و تحلیل دو نظام مذکور

عنوان نظام زراعی پایدارتر شناخته شد. از این رو آموزش و ترویج نوعی از کشاورزی حفاظتی که فاکتورهای پایداری بر مبنای شاخص‌های امرژی در آن تقویت شده باشد و تشویق کشاورزان فعال در زمینه کاربرد روش‌های کشاورزی حفاظتی گفته شده، رویکرد امیدوار کننده‌ای برای دستیابی به تولید پایدار موسیر و البته سایر محصولات کشاورزی در شرایط مشابه، محسوب می‌شود.

۶- پیشنهاد می‌گردد در مطالعات بعدی به منظور بررسی هر چه بیشتر پایداری نظام‌های کشاورزی، مقایسه شیوه تولید کشاورزی حفاظتی با سایر روش‌های کشاورزی مکانیزه، سنتی، متداول و غیره به روش تحلیل امرژی انجام شود.

سپاسگزاری

بخشی از اعتبار مالی این تحقیق از محل پژوهش طرح پژوهشی با کد ۹۹۶۰۲۱۱۹۹ مصوب ۱۳۹۹/۰۳/۲۶ معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه لرستان تامین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

۴- مقدار EIR نظام زراعی بیش از یازده برابر رویشگاه طبیعی است. نسبت سرمایه‌گذاری بالای امرژی نظام زراعی عمدتاً به دلیل امرژی بالای ورودی بذر بود. با توجه به سهم بالای جریان امرژی مربوط به نهاده بذر، روش‌های اصلاح ژنتیکی روی موسیر جهت تکثیر این گیاه از طریق دانه پیشنهاد می‌گردد. چنانچه مشکلات فعلی تکثیر موسیر از طریق دانه برطرف گردد نیاز به استفاده از پیازچه موسیر به عنوان بذر که سهم بالایی از امرژی ورودی به نظام زراعی مورد مطالعه را به خود اختصاص داد، برطرف و نیاز به سرمایه اولیه در تولید موسیر در نظام زراعی به طور چشمگیر کاهش خواهد یافت.

۵- در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا از جمله ایران، حفظ باروری و پایداری وضعیت خاک به عنوان یکی از چالش‌های اصلی پایداری نظام‌های زراعی شناخته شده است. با توجه به تحلیل محض جریان‌ات امرژی در دو نظام مطالعه حاضر، روش تولید در نظام حفاظتی به گونه‌ای بود که با کمترین فرسایش خاک، عدم تلفات مواد آلی خاک و افزایش ۰٫۱۰ درصدی ماده آلی، به

منابع مورد استفاده

- Abreham M and Wssubalew G. 2015. the effects of nitrogen and phosphorus on yield and yield components of garlic (*Allium sativum* L) varieties at Beressa watershed, Mesqan Woreda, South Central-Ethiopia. *Global Journal of Agriculture an Agriculture Science*, 3(2): 197_202.
- Agostinho F, Diniz G, Siche R and Ortega E. 2008. The use of emergy assessment and the geographical information system in the diagnosis of small family farms in Brazil. *Ecological Modelling*, 210: 37-57.
- Amiri Z, Asgharipour MR, Campbell DE, Azizi Kh, Kakolvand E and Hassani Moghadam, E. 2021. Conservation agriculture, a selective model based on emergy analysis for sustainable production of shallot as a medicinal-industrial plant. *Journal of Cleaner Production*, 292(126000): 1-19.
- Amiri Z, Asgharipour MR, Campbell DE and Aghapour Sabaghi M. 2020. Comparison of the sustainability of mechanized and traditional rapeseed production systems using an emergy-based production function: A case study in Lorestan Province, Iran. *Journal of Cleaner Production*, 258(120891): 1-11.
- Amiri Z, Asgharipour MR, Campbell DE and Armin M. 2019. A sustainability analysis of two rapeseed farming ecosystems in Khorramabad, Iran, based on emergy and economic analyses. *Journal of Cleaner Production*, 226: 1051-1066.

- Asgharipour MR, Amiri Z and Campbell DE. 2020. Evaluation of the sustainability of four greenhouse vegetable production ecosystems based on an analysis of emergy and social characteristics. *Ecological Modelling*, 424(109021): 1-17.
- Asgharipour MR, Shahgholi H, Campbell DE, Khamari I and Ghadiri A. 2019. Comparison of the sustainability of bean production systems based on emergy and economic analyses. *Journal of Environmental Monitoring and Assessments* 191: 2. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7123-3>.
- Brown, M.T., and Ulgiati, S., 2004. Energy quality, emergy, and transformity: H.T. Odum's contributions to quantifying and understanding systems. *Ecological Modelling* 178: 201–213.
- Brown MT, Brandt-Williams S, Tilley D and Ulgiati S. 2000. Emergy synthesis: an introduction, in: Brown MT (Ed.), *Emergy Synthesis: Theory and Applications of the Emergy Methodology*. The First Biennial Emergy Analysis Research Conference. Centre for Environmental Policy. September, 1999. Florida: USA, pp: 1–14.
- Campbell DE and Ohrt A. 2009. Environmental accounting using emergy: Evaluation of Minnesota. Narragansett, Rhode Island. First Edition, U.S.A: Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, pp: 139.
- Campbell DE. 2008. Emergy and its Importance. Narragansett, Rhode Island. First Edition, U.S.A: Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Atlantic Ecology Division, pp: 265-272.
- Cavalett O and Ortega E. 2009. Emergy, nutrients balance, and economic assessment of soybean production and industrialization in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 17: 762–771.
- Chen ShL, Yu H, Luo HM, Wu Q, Li ChF and Steinmetz A. 2016. Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects. *Chinese Medicine*, 11: 37.
- Chen W, Liu W, Genga Y, Brown MT, Gao C and Wu R. 2017. Recent progress on emergy research: A bibliometric analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73: 1051–1060. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.041>
- Ghaley BB and Porter JR. 2013. Emergy synthesis of a combined food and energy production system compared to a conventional wheat (*Triticum aestivum*) production system. *Ecological Indicators*, 24: 534-542.
- Giannetti BF, Ogura Y, Bonilla SH and Almeida CMVB. 2011. Emergy assessment of a coffee farm in Brazilian Cerrado considering in a broad form the environmental services, negative externalities and fair price. *Agricultural Systems*, 104: 679–688.
- Haynes RJ and Naidu R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51: 123-137.
- Herridge DF, Peoples MB, Robert DF and Boddey M. 2008. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant and Soil*, 311: 1–18.
- Jafari M, Asgharipour MR, Ramroudi M, Galavi M and Hadarbadi G. 2018. Sustainability assessment of date and pistachio agricultural systems using energy, emergy and economic approaches. *Journal of cleaner production*, 193: 642-651.
- Keneshloo H, Damizadeh Gh and Achak Mohammad Y. 2014. Investigation on some autecology characteristics of *Moringa peregrina* (Forssk.) Fiori in south of Iran. *Scientific Journal Management System*, 21(3): 481-494.
- Kheirkhah M, Mohammadkhani F, Dadkhah AR and Ghorbanzadeh Neghab M. 2016. Growth of set and aerial parts of shallots under phosphorus fertilizer levels and density. *Journal of Crop Plant Ecophysiology*, 10(38): 297-308. (In Persian).

- Kinnell PIA and Risse LM. 1998. USLE- M: Empirical modeling rainfall erosion through runoff and sediment concentration. *Soil Science Society of America Journal*, 62(6): 1667-1672.
- Lambert JE. 2002. Exploring the link between animal frugivory and plant strategies: the case of primate fruit-processing and post-dispersal seed fate. In: *Frugivory and Seed dispersal: ecology, evolution and conservation*. Levey DJ, Silva WR and Galetti M (Eds), pp 365–379. CABI Publishing: Wallingford, Oxfordshire.
- Lorestan Province Statistical Yearbook 1394 (Iranian Year) [2015-2016], 2016. Publisher: Statistical Centre of Iran, p. 640 (in Persian).
- Lu H, Bai Y, Ren H and Campbell DE. 2010. Integrated energy, energy and economic evaluation of rice and vegetable production systems in alluvial paddy fields: implications for agricultural policy in China. *Journal of Environmental Management*, 91: 2727–2735.
- Lu HF and Campbell DE. 2009. Ecological and economic dynamics of the Shunde agricultural system under China's small city development strategy. *Journal of Environmental Management*, 90: 2589-2600.
- Lu HF, Cai CJ, Zeng XS, Campbell DE, Fan SH and Liu GL. 2018. Bamboo vs. crops: an integrated energy and economic evaluation of using bamboo to replace crops in south Sichuan Province, China. *Journal of Cleaner Production*, 177: 464-473.
- Lu HF, Kang WL, Campbell DE, Ren H, Tan YW, Feng RX, Luo JT, Chen FP. 2009. Energy and economic evaluations of four fruit production systems on reclaimed wetlands surrounding the Pearl River Estuary, China. *Ecological Engineering*, 35: 1743–1757.
- Lu HF, Tan YW, Zhang WS, Qiao YC, Campbell DE, Zhou L and Ren H. 2017. Integrated energy and economic evaluation of lotus-root production systems on reclaimed wetlands surrounding the Pearl River Estuary, China. *Journal of Cleaner Production*, 158: 367–379.
- Moonilall NI, Homenauth O and Lal R. 2020. Energy analysis for maize fields under different amendment applications in Guyana. *Journal of Cleaner Production*, 258(120761): 1-29
- Odum HT. 1983. *Systems Ecology*. Wiley, New York.
- Odum HT. 1996. *Environmental Accounting: Energy and Environmental Decision Making*. Wiley, New York.
- Odum HT. 2000. *Handbook of Energy Evaluation: A Compendium of Data for Energy Computation Issued in a Series of Folios. Folio No. 2 e Energy of Global Processes*. Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, FL, p. 28.
- Odum HT. 2007. *Environment, Power, and Society for the Twenty-First Century. The Hierarchy of Energy*. Columbia University Press, New York.
- Odum HT and Brown MT. 2000. *Handbook of Energy Evaluation: Folio #1 Introduction and Global Budget*. Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, FL, pp. 10-16.
- Pellicciardi V, Varvaro L and Maria Pulselli F. 2014. Energy evaluation of a traditional farming system. Case study: Leh District (Ladakh - Indian Trans-Himalaya). *European Journal of Sustainable Development* 3(4): 1-16.
- Pizzigallo ACI, Granai C and Borsa S. 2008. The joint use of LCA and energy evaluation for the analysis of two Italian wine farms. *Journal of Environmental Management*, 86: 396–406.
- Quintero-Angel M and Gonzalez-Acevedo A. 2018. Tendencies and challenges for the assessment of agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 254: 273- 281.

- Rodríguez-Ortega T, Bernues A, Olaizola AM and Brown MT. 2017. Does intensification result in higher efficiency and sustainability? An emergy analysis of Mediterranean sheep-crop farming systems. *Journal of Cleaner Production*, 144: 171-179.
- Rusu T, Gus P, Bogdan I, Moraru PI, Pop AI, Clapa D, Marin DI, Oroian I and Pop LI. 2009. Implication of minimum tillage systems on sustainability of agricultural production and soil conservation. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7(2): 335-338.
- Sha Zh, Guan F, Wang J, Zhang Y, Liu H and Wang Ch. 2015. Evaluation of raising geese in cornfields based on emergy analysis: A case study in southeastern Tibet, China. *Ecological Engineering*, 84: 485-491.
- Sharifi H. 2013. Investigation of seed dormancy and germination characteristics on thirty species of medicinal plants grown in Lorestan Province. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, the Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian).
- Sharifi H, Khajeh-Hossenli M and Rashed-Mohassel MK. 2015. Study of Seed Dormancy in Seven Medicinal Species from Apiaceas. *Iranian Journal of Seed Research*, 2(1): 25-36.
- Su Y, He Sh, Wang K, Shahtahmassebi AR, Zhang L, Zhang J, Zhang M and Gan M. 2020. Quantifying the sustainability of three types of agricultural production in China: An emergy analysis with the integration of environmental pollution. *Journal of Cleaner Production*, 252: 119650.
- TerAvesta D, Wandschneider PR, Thierfelder Dh and Reganold JP. 2019. Diversifying conservation agriculture and conventional tillage cropping systems to improve the wellbeing of smallholder farmers in Malawi. *Agricultural Systems*, 171: 23-35.
- Wang X, Dadouma A, Chen Y, Sui P, Gao W, Qin F, Zhang J and Xia Wu. 2014. Emergy analysis of grain production systems on large-scale farms in the North China Plain based on LCA. *Agricultural Systems*, 128: 66-78.
- Xi YG and Qin P. 2009. Emergy evaluation of organic rice-duck mutualism system. *Ecological Engineering*, 11: 1677-1683.
- Yasini H, Ghanbari A, Asgharipour MR, Seyedabadi E. 2020. Evaluation of Sustainability in Wheat, Onion and Garlic Cropping Systems by Joint Use of Emergy and Economic Accounting. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(2): 269-288.
- Yue J, Yuan X, Lib B, Ren H and Wang X. 2016. Emergy and exergy evaluation of a dike-pond project in the drawdown zone (DDZ) of the Three Gorges Reservoir (TGR). *Ecological Indicators*, 71: 248-257.
- Zhan Ch, Zhao R and Hu Sh. 2020. Emergy-based sustainability assessment of forest ecosystem with the aid of mountain eco-hydrological model in Huanjiang County, China. *Journal of Cleaner Production*, 251(119638).
- Zhang DY, Ling FL, Zhang LF, Yang SQ, Liu XT and Gao WS. 2005. Emergy analysis of planting system at Gongzhuling County in the main grain production region in Northeast China Plain. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 21(6): 12-17. (in Chinese).
- Zhang G and Long W. 2010. A key review on emergy analysis and assessment of biomass resources for a sustainable future. *Energy Policy*, 29: 4111-4129.
- Zhang LX, Song B and Chen B. 2012. Emergy-based analysis of four farming systems: insight into agricultural diversification in rural China. *Journal of Cleaner Production*, 28: 33-44.
- Zhang Q, Yue D, Fang M, Yu Q, Huang Y, Su K, Ma H and Wang Y. 2018. Study on sustainability of land resources in Dengkou County based on emergy analysis. *Journal of Cleaner Production*, 171: 580-591.