

تحلیل انرژی نظام کشت انگور یاقوتی سیستان

۱- شیر علی کوهکن، دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه زابل و بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۲- احمد قنبری، استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

۳- محمد رضا اصغری پور، دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

m_asgharipour@uoz.ac.ir

۴- براتعلی فاخری، دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۲۶

چکیده

این پژوهش با استفاده از رهیافت تحلیل انرژی برای ارزیابی جنبه‌های محیط زیستی تولید انگور یاقوتی سیستان که از مهمترین محصولات باغی است اجرا شد. در این مطالعه تمام ورودی‌ها اعم از ورودی‌های تجدیدپذیر شامل نور خورشید، باد و باران؛ تجدیدناپذیر شامل خاک؛ نهاده‌ها و خدمات خریداری شده شامل نیروی انسانی، کودهای شیمیایی نیتروژن، پتاسیم و فسفر و سموم شیمیایی برای تولید انگور یاقوتی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان داد کل انرژی تولید انگور یاقوتی برابر $10^{16} \times 1/94$ امژول خورشیدی که بیشترین انرژی مصرفی با $43/41$ درصد مربوط به نیروی کارگری و پس از آن مربوط به آب آبیاری با $23/16$ درصد و در رتبه سوم مربوط به مصرف نیتروژن با $11/32$ درصد بود. شاخص نسبت عملکرد انرژی $1/31$ ، شاخص نسبت سرمایه گذاری انرژی $3/25$ ، نسبت بارگزاری بر محیط زیست $0/541$ و شاخص پایداری انرژی $2/42$ حاصل گردید، که در مقایسه با گزارش‌های ارائه شده از سوی سایر محققین نشان دهنده پایداری نسبتاً خوب و بار زیست محیطی کم این سیستم است. بنابراین، با افزایش کارایی مصرف انرژی از طریق بهینه نمودن مصرف نیروی کارگری، آب آبیاری و کود نیتروژن سیستم کشت انگور یاقوتی می‌تواند بعنوان الگوی مناسب در منطقه سیستان توصیه شود.

واژگان کلیدی: انگور یاقوتی؛ شاخص پایداری؛ ارزیابی انرژی؛ کارایی انرژی.

مقدمه

مجسم^۱ یا "حافظه انرژی" می‌گویند و با امژول خورشیدی^۲ (seJ) بیان می‌شود [۱۷]. در کشاورزی هر نوع انرژی در دسترس یک انرژی با واحد خاص دارد. مثلاً امژول خورشیدی، امژول ذغال سنگ و امژول الکتریکی. اما از آنجایی که انرژی خورشیدی منشأ مستقیم و غیر مستقیم تمام انرژی‌های زیست کره است، انرژی تابش خورشیدی (امژول خورشیدی) به عنوان واحد اندازه‌گیری در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، انرژی تابشی به ازای واحد انرژی، از طریق ضریب تبدیل‌های مربوطه قابل محاسبه است. هرچه این ضریب تبدیل بزرگ‌تر باشد، نشان

امروزه بخش کشاورزی به منظور پاسخگویی به نیاز روز افزون غذا برای جمعیت رو به رشد کره زمین و فراهم کردن مواد غذایی کافی و مناسب، به میزان زیادی به مصرف انرژی وابسته است. توجه به منابع طبیعی محدود و اثرات سوء ناشی از استفاده نامناسب منابع مختلف انرژی روی سلامتی انسان و محیط زیست، لزوم بررسی الگوهای مصرف انرژی را در بخش کشاورزی حیاتی ساخته است [۲۰]. تحلیل انرژی یکی از روش‌های نوین در ارزیابی پایداری بر اساس انرژی و برآورد دقیق کمیت و کیفیت انرژی است [۱۶]. انرژی، انرژی در دسترس خورشیدی است که به طور مستقیم یا غیر مستقیم استفاده می‌شود تا به ارائه خدمات و یا محصول منجر شود. به انرژی، انرژی

1-Embodied energy

2-Solar emJoule

دهنده‌ی نیاز بیشتر به انرژی خورشیدی برای تولید نهاده‌ها یا خدمات است [۵].

در طول سه دهه گذشته انرژی به عنوان ابزاری مؤثر و قوی ثابت کرده می‌تواند برای حمایت از جریان منابع بوم‌نظام‌های طبیعی و نظام‌های کلان اقتصادی مورد استفاده قرار گیرد. بعد از حدود ۳۰ سال توسعه و کاربرد این تحلیل یک روش ارزیابی رایج و معتبر برای تبدیل نظام‌های اکولوژیکی-اقتصادی و فرایندها است که به موارد مختلف در بخش کشاورزی توجه خاصی دارد [۵]. مزیت اصلی رویکرد انرژی این است که آن را قادر می‌سازد با تبدیل تمام جریانات و ذخایر طبیعی و منابع اقتصادی به واحدهای انرژی خورشیدی، بررسی پایداری نظام رابه طور جامع انجام دهد. متخصصان انرژی بر این باورند که استفاده از رویکرد انرژی در جهت هدایت سیاست گذاری‌ها می‌تواند منجر به رابطه‌ی همزیستی بیشتری میان انسان و طبیعت شود [۲۰]. روش‌های تحلیل انرژی بر مبنای نظام ارزش گذاری طبیعت است و اساس آن بر جریان انرژی در دسترس استوار است، که این انرژی به صورت اختصاصی و یا به صورت فرم‌های تبدیلی می‌تواند ظرفیت انجام کار بیشتری را داشته باشد.

تحلیل جریان انرژی به تنهایی برای ارزش گذاری کالاها و خدمات بوم نظام کافی نیست، زیرا کار انجام شده توسط محیط زیست و اقتصاد برای تولید یک کالا یا ارائه خدمات را لحاظ نمی‌کند. برخلاف ژول، که مقدار انرژی در دسترسی است که می‌تواند در حال حاضر مورد استفاده قرار گیرد، انرژی مورد استفاده به طور مستقیم و غیر مستقیم در گذشته برای تولید یک محصول محاسبه می‌کند. ضرایب تغییر یافته خورشیدی، نشان دهنده‌ی انرژی خورشیدی است که در گذشته برای ساختن یک ژول از انرژی در دسترس در حال حاضر استفاده می‌شود. بنابراین، استفاده از شاخص‌های انرژی برای ارزیابی پایداری یک بوم‌نظام، بینش ارزشمندی را درباره پایداری سیاست‌گذاری‌های حال و آینده به ما می‌دهد [۵].

مطالعات زیادی کاهش بهره‌وری و کارایی مصرف انرژی کشاورزی رایج در مقایسه با کشاورزی مبتنی بر نهاده‌های طبیعی را نشان داده‌اند. محققین با استفاده از شاخص‌های

انرژی شامل: نسبت عملکرد انرژی^۳، نسبت بار زیست محیطی^۴ و شاخص پایداری^۵ تولید پرتقال قرمز در سیسیل ایتالیا را در کشت‌های ارگانیک و سنتی ارزیابی و نشان دادند که تولید ارگانیک پرتقال موجب مصرف کمتر انرژی‌های غیرقابل تجدید خریداری شده در مقایسه با کشاورزی سنتی می‌گردد [۱۲]. محققین با ارزیابی کشت سویا در برزیل با استفاده از شاخص‌های انرژی نشان دادند که تولید سویا با توجه به قیمت فروش آن در بازار و قیمت بالای نهاده‌های تولید به صرفه اقتصادی نیست [۷]. محققین چهار نوع کشاورزی رایج در منطقه ویشی چین را بر اساس شاخص‌های انرژی مورد ارزیابی قرار داده و مشخص کردند که کشت ذرت با توجه به میزان مصرف انرژی و اثرات زیست محیطی پایدارتر است [۲۱]. محققین در بررسی سه نوع سیستم کشت در آمریکا شامل: سیستم کشت ذرت، سیستم کشت توت سیاه و سیستم کشت سنتی چند کشتی متناوب اثبات کردند که بیشترین پایداری و کمترین بار زیست محیطی مربوط به کشت سنتی و کمترین پایداری و بیشترین بار زیست محیطی مربوط به کشت ذرت بود [۱۴]. محققین اثبات کردند که کشت‌های تلفیقی در مقایسه با تک کشتی به مراتب توجیه بهتری دارند [۲۰]. محققین در مطالعه‌ی سیستم کشت برنج و سیستم کشت سبزیجات را با استفاده از شاخص‌های انرژی، انرژی و اقتصادی مورد بررسی قرار داده و مشخص کردند که اگر چه سودآوری کشت مداوم برنج و سبزیجات در کوتاه مدت بالاتر است اما سیستم کشت متناوب برنج و سبزیجات پایدارتر است [۱۳]. محققین از شاخص‌های انرژی برای ارزیابی سیستم‌های کشت مقیاس کوچک (خرده مالک) که به صورت سنتی در شمال چین رواج دارد در برابر سیستم‌های کشت مقیاس بزرگ استفاده کردند [۲۰]. نتایج نشان داد که کارایی انرژی تولید ذرت در مزارع مقیاس بزرگ ۸۸ درصد بالاتر از تولید ذرت در مزارع مقیاس کوچک بود. همچنین کارایی انرژی تولید گندم در مزارع بزرگ ۴۱ درصد بالاتر از مزارع معمولی بود. آن‌ها توصیه کردند که این الگو می‌تواند برای افزایش بهره‌وری

1- Energy Yield

2- Environment

3- Sustainable Indicator

سطح دریا واقع شده است. این منطقه دارای اقلیم کشاورزی بسیار خشک با تابستان بسیار گرم و طولانی (متوسط دمای تابستان ۳۲/۶ و زمستان ۱۳/۳°C) است. خاک مزرعه از نوع لومی با هدایت الکتریکی ۳/۳ دسی‌زیمنس بر متر، pH برابر ۸ و همچنین آب آبیاری دارای هدایت الکتریکی ۲-۳ دسی‌زیمنس بر متر و pH برابر ۸ است. آبیاری به روش جوی پشته‌ای و به مقدار ۸۳۰۰ متر مکعب در هکتار صورت گرفت. انگور در اواخر پاییز به خواب زمستانه می‌رود و در اسفند مجدداً سبز شده و درخرداد برداشت می‌شود. بیشتر عملیات کشاورزی انگور در این باغ شامل عملیات لایه روبی، هرس، آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز کود دهی و برداشت با استفاده از کارگر انجام شد. در طول فصل و بر اساس عرف منطقه کودهای شیمیایی و علف‌کش‌ها برای محصول استفاده شدند. مقدار مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۱۲۰، ۵۰ و ۵۰ کیلوگرم و علف‌کش رانداب به میزان ۴ لیتر در هکتار بود.

اطلاعات متوسط سالانه بلند مدت آب و هوا برای تابش خورشیدی، بارش و سرعت باد از ایستگاه تحقیقات هواشناسی کشاورزی زهک جمع‌آوری شد. برای تعیین قیمت نهاده‌ها و محصول انگور یاقوتی از کشاورزان و تجار منطقه با مراجعه مستقیم کمک گرفته شد.

تحلیل امرژی

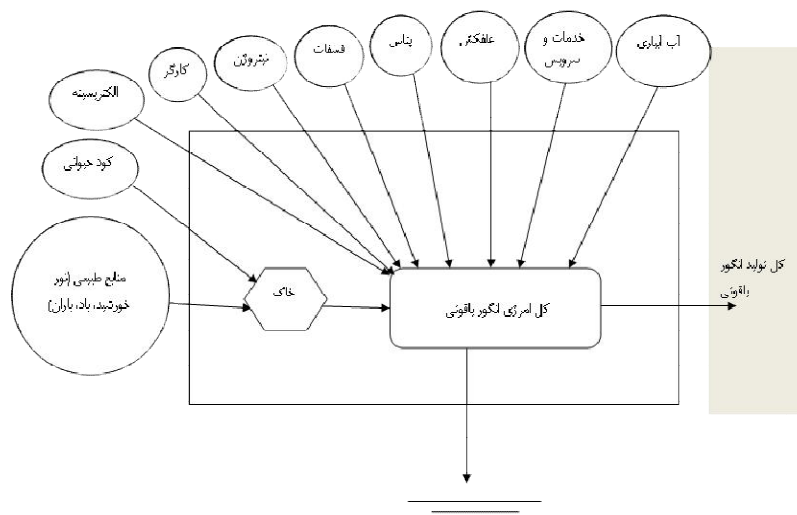
اولین گام برای تحلیل امرژی تعیین مرزهای مکانی و زمانی نظام‌های مورد بررسی و ترسیم دیاگرام امرژی برای طبقه‌بندی نهاده‌های نظام‌های مورد بررسی به منابع تجدیدپذیر یا تجدیدناپذیر، محلی یا وارداتی است. در واقع دیاگرام امرژی برای نشان دادن شفاف ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم استفاده می‌شود. این کار برای مدیریت روابط بین اجزای اصلی و فرآیندهای سیستم سودآور ضروری است و همچنین پایه‌های زیست محیطی اکوسیستم و ارتباط آن با اقتصاد بزرگ‌تر را نمایش می‌دهد [۱۶]. دیاگرام امرژی نظام کشت انگور یاقوتی سیستان در شکل ۱ نشان داده شده است.

در منابع برای تولید غلات در شمال چین مورد استفاده قرار گیرد.

بی‌تردید استفاده کارا از امرژی در کشاورزی یکی از اصول اساسی در کشاورزی پایدار محسوب می‌شود [۹ و ۱۳]. این مسئله لزوم تجدید نظر در ارتباط با شیوه‌های مدیریتی و مصرفی در بوم‌نظام‌های زراعی را آشکار می‌کند [۱۸]. در همین ارتباط مطالعه الگوهای مصرف امرژی جهت مشخص کردن نواحی پرمصرف امرژی در نظام‌های کشاورزی و ارزیابی کارایی مصرف امرژی، مشکلات محیطی و ارتباط آنها با پایداری کشاورزی ضروری به نظر می‌رسد. لذا مطالعه بودجه امرژی گیاهان مختلف زراعی کمک زیادی به شناسایی پتانسیل‌های موجود در کشور نموده و مقایسه بهره‌وری امرژی گیاهان زراعی با همدیگر یکی از روش‌هایی است که می‌تواند در اولویت‌بندی کشت گیاهان مختلف زراعی در هر منطقه به کار گرفته شود [۲]. نظام تولید انگور یاقوتی سهم به‌سزایی در الگوی کشت منطقه سیستان به خود اختصاص داده، به طوری که این منطقه را به یکی از کانون‌های اصلی تولید انگور یاقوتی کشور تبدیل نموده است. هدف از این مطالعه ارزیابی نظام کشت انگور یاقوتی سیستان با استفاده از شاخص‌های امرژی برای ترسیم دقیق جریان امرژی، محاسبه بار زیست محیطی و میزان پایداری آن بود.

مواد و روش‌ها

اراضی زیر کشت محصولات زراعی سیستان بالغ بر ۱۲۰ هزار هکتار و به طور عمده شامل گندم، جو، صیفی‌جات، یونجه، ذرت علوفه‌ای، انگور یاقوتی و محصولات گلخانه‌ای است. در این مطالعه نظام تولید انگور یاقوتی سیستان بر اساس داده‌های یک باغ یک هکتاری شش ساله در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک (به عنوان نماینده متوسط اراضی کشاورزی منطقه سیستان) مورد بررسی و تحلیل امرژی قرار گرفت. ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک در ۲۰ کیلومتری جنوب شهرستان زابل و شمال شهر زهک با عرض جغرافیایی ۳۰°۵۴ شمالی، طول جغرافیایی ۶۱°۴۱ شرقی و با ارتفاع ۴۸۳ متر از



شکل ۱- دیاگرام امرژی سیستم کشت انگور یاقوتی

می‌شود. از این واحد برای تبدیل پول پرداختی به واحدهای امرژی استفاده می‌شود. انرژی تشعشع خورشیدی بر اساس معادله ۲ محاسبه گردید؛

$$A \text{ (m}^2\text{)} \times I \text{ (W m}^{-2}\text{)} \times \text{Fab} = (J) \quad (2)$$

که در آن:

A مساحت زمین، I متوسط تشعشع خورشیدی در منطقه زابل در طول فصل رشد محصولات مختلف و Fab درصد جذب تشعشع است. درصد جذب تشعشع ضریب آلبیدو برای نظام تولید انگور ۳۰ درصد در نظر گرفته شد. ضریب تبدیل خورشیدی^۲ به امرژی بر حسب تعریف یک ام ژول خورشیدی بر ژولدر نظر گرفته می‌شود [۱۶]. انرژی شیمیایی پتانسیل آب باران و آب آبیاری بر اساس معادله ۳ محاسبه می‌شود؛

$$(J) = A \text{ (m}^2\text{)} \times p \text{ (mm yr}^{-1}\text{)} \times d \text{ (g m}^{-3}\text{)} \times \Delta G \text{ (J gr}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

که در آن:

A: مساحت زمین، p: مقدار بارندگی سالیانه + آب ورودی از طریق آبیاری (میلی‌متر بر سال)، d چگالی آب (۱۰^۶×۱ گرم بر متر مکعب) و ΔG انرژی آزاد گیبس که برای آب ۴/۹۴ ژول بر گرم است [۱۵].

دومین گام برای تحلیل امرژی ترسیم جدول‌های ارزیابی امرژی است. برای به دست آوردن مقدار امرژی هر نهاده، اطلاعات خام هر نهاده بر حسب ژول، گرم یا دلار در ضرایب تبدیل^۱ آن‌ها ضرب می‌شود. امرژی کل مجموع امرژی از تمام نهاده‌های مستقل است [۱۷]. در نظام تولید انگور یاقوتی سیستم منابع تجدیدپذیر رایگان شامل نور خورشید، باران و باد، منابع تجدید پذیر خریداری شده شامل نهال، کود حیوانی، آب آبیاری و نیروی کارگری، منابع تجدیدناپذیر محیطی شامل فرسایش خاک سطحی و منابع تجدید ناپذیر خریداری شده شامل کودهای شیمیایی، علف‌کش، الکتریسیته و خدمات بعنوان ورودی و محصول تازه انگور تولید شده به‌عنوان خروجی در نظر گرفته شد.

برای تبدیل معادل انرژی نهاده‌های مختلف به سیستم تولید انگور به امرژی از معادله ۱ استفاده شد [۵]؛

$$(seJ/J) \times (J) \text{ انرژی در دسترس} = (seJ) \text{ امرژی} \quad (1)$$

امرژی ویژه: تحت عنوان امرژی به ازای هر واحد جرم خروجی تعریف می‌شود و معمولاً به صورت امرژی خورشیدی بر گرم بیان می‌شود (seJ/g) [۵].

امرژی به ازای واحد پول: به عنوان امرژی حمایت کننده از تولید یک واحد محصول اقتصادی (ارز) تلقی

مکعب آب در نظر گرفته شد [۶، ۱۶ و ۱۷]. همچنین ضرایب تبدیل خورشیدی برای محاسبه انرژی علف‌کش، آفت‌کش، کودهای نیتروژن، کود فسفر و کود پتاس به ترتیب $10^6 \times 9/1$ ژول بر کیلوگرم [۱]، $10^{10} \times 12/49$ ام ژول خورشیدی بر ژول [۴]، $10^{10} \times 4$ ام ژول خورشیدی بر گرم نیتروژن [۳]، $10^{10} \times 3/69$ ام ژول خورشیدی بر گرم فسفر [۳] و $10^9 \times 3$ ام ژول خورشیدی بر گرم پتاسیم [۱۶] در نظر گرفته شد. محتوای انرژی محصول انگور تولیدی ۱۲ مگاژول بر کیلوگرم است [۱۸]. شاخص‌های انرژی مورد استفاده برای تحلیل سیستم در این مطالعه به شرح می‌باشند [۱۲، ۱۷ و ۱۹]. شاخص نسبت عملکرد انرژی: این شاخص حاصل تقسیم خروجی انرژی بر ورودی‌های خریداری شده‌ی انرژی بوده و با استفاده از معادله ۶ محاسبه می‌گردد؛

$$EYR^3 = \frac{Y}{NP+RP} \quad (6)$$

که در آن:

EYR نسبت عملکرد انرژی، Y خروجی انرژی، NP نهاده‌های خریداری شده غیر قابل تجدید و RP نهاده‌های خریداری شده قابل تجدید است. مقدار بالاتر این شاخص نمایانگر برگشت بیشتر انرژی به ازای سرمایه‌گذاری شده است.

شاخص نسبت سرمایه‌گذاری انرژی: این شاخص حاصل تقسیم ورودی‌های اقتصادی (خریداری شده) به ورودی‌های رایگان محیطی بوده و از معادله ۷ محاسبه می‌شود؛

$$EIR^4 = \frac{NP+RP}{RR+NR} \quad (7)$$

که در آن:

EIR نسبت سرمایه‌گذاری انرژی، NP نهاده‌های خریداری شده غیر قابل تجدید، RP نهاده‌های خریداری شده قابل تجدید، NR نهاده‌های طبیعی غیر قابل تجدید و RR نهاده‌های طبیعی قابل تجدید است. مقدار کمتر آن نشانگر هزینه‌ی اقتصادی کمتر است، بنابراین، چنین نظام‌هایی به سمت رقابت در بازار پیش می‌روند.

ضریب تبدیل خورشیدی انرژی شیمیایی پتانسیل آب باران به انرژی ۱۸۱۹۹ ام ژول خورشیدی بر ژول در نظر گرفته می‌شود.

انرژی جنبشی باد بر اساس معادله شماره ۴ محاسبه شد؛

$$(4) \quad J = A (m^2) \times r (kg m^{-3}) \times c \times (vg)^3$$

که در آن:

A مساحت زمین، r چگالی هوا (۱/۲۳ کیلوگرم بر متر مکعب هوا)، c ثابت درگ^۱، vg باد ژئواستروفیک^۲ است.

ضریب تبدیل خورشیدی انرژی باد به انرژی ۱۴۹۶ ام ژول خورشیدی بر ژول در نظر گرفته شد.

مقدر انرژی خاک تلف شده با استفاده از معادله ۵ محاسبه شد؛

(۵)

$$= A (m^2) \times E_{erodSoil} (g m^{-2} yr^{-1}) \times OM (\%) \times E_{OM} (kcal gr^{-1}) \times 4186 J kcal^{-1}$$

که در آن:

A مساحت زمین، ErodSoil مقدار خاک فرسایش یافته در متر مربع در سال، OM درصد ماده آلی خاک، E_{OM} محتوای انرژی مواد آلی خاک که ۵/۴ کیلوکالری بر گرم است [۱۶].

ضریب تبدیل خورشیدی تلفات خالص خاک سطحی $10^5 \times 1/24$ ام ژول خورشیدی بر ژول است [۱۶].

انرژی نیروی انسانی بر اساس ضریب تبدیل خورشیدی $10^6 \times 4/5$ ام ژول خورشیدی بر ژول در نظر گرفته می‌شود [۱۲].

برای محاسبه محتوی انرژی نیروی الکتریسیته از ضریب $10^6 \times 3/6$ ژول در کیلو وات ساعت انرژی الکتریسیته استفاده شد.

ضرایب تبدیل خورشیدی برای محاسبه انرژی نیروی الکتریسیته و آب آبیاری به ترتیب $10^5 \times 12/69$ ام ژول خورشیدی بر ژول و $10^{11} \times 5/43$ ام ژول خورشیدی بر متر

۱- کمیتی بدون بعد برای محاسبه نیروی درگ وارد بر یک جسم در حال حرکت

2- Geostrophic wind

باد ژئواستروفیک یک باد تئوری است که از تعادل میان اثر کوریولیس و نیروی گرادیان فشار ناشی می‌شود؛ مقدار این باد بر حسب تعریف ۱/۶۷ برابر سرعت میانگین باد در نظر گرفته می‌شود

مقدار بیشتر آن سطح بالاتر توسعه اقتصادی را نشان می‌دهد.

شاخص نسبت بار محیط زیستی: این شاخص نسبت کل ورودی‌های محیطی و خریداری شده تجدیدناپذیر بر ورودی‌های محیطی و خریداری شده قابل تجدید بوده و از معادله ۸ بدست می‌آید؛

$$ELR = \frac{NP + NR}{RR + RP} \quad (۸)$$

که در آن:

ELR نسبت بار زیست محیطی، NP نهاده‌های خریداری شده غیر قابل تجدید، NR نهاده‌های طبیعی غیر قابل تجدید، RP نهاده‌های خریداری شده قابل تجدید و RR نهاده‌های طبیعی قابل تجدید است. این شاخص نسبت فشار وارد شده بر محیط زیست را محاسبه می‌نماید و بیانگر میزان استفاده‌ی نظام از خدمات محیط زیستی است، نسبت پایین‌تر این شاخص به معنای استرس و فشار کمتر بر محیط‌زیست است.

شاخص نسبت خودحمایتی امرژی. این نسبت از تقسیم امرژی کل ورودی‌های محیط زیستی به امرژی عملکرد محصولات حاصل می‌شود و از معادله ۹ بدست می‌آید؛

$$ESR = \frac{RR + NR}{Y} \quad (۹)$$

که در آن:

ESR نسبت خود حمایتی امرژی، NR نهاده‌های طبیعی غیر قابل تجدید، RR نهاده‌های طبیعی قابل تجدید و Y امرژی عملکرد محصول است و بیانگر سهم محیط زیست در یک نظام تولید است. مقدار بیشتر این شاخص این مفهوم را می‌رساند که نظام به میزان بیشتری به منابع محیطی رایگان وابسته است و در زمینه‌ی اقتصادی این نظام پتانسیل بیشتری برای افزایش بهره‌وری و سرمایه‌گذاری اقتصادی را دارا است.

شاخص پایداری محیط‌زیست از معادله ۱۰ بدست می‌آید؛

$$ESI^1 = \frac{EYR}{ELR} \quad (۱۰)$$

که در آن:

ESI شاخص پایداری محیط‌زیست، EYR نسبت عملکرد امرژی و ELR نسبت بار محیط زیستی است. این شاخص نشان می‌دهد که آیا می‌توان فرایندی را یافت که در عین عملکرد خوب، فشار کمتری بر محیط زیست اعمال کند. شاخص پایداری محیط‌زیست میزان سازگاری هم بخش اقتصاد و هم محیط‌زیست را در محاسبات مدنظر قرار می‌دهد. محققین بیان کردند که، میزان بالاتر این شاخص نه تنها از طریق کاهش بازخورد فراهم می‌شود [۵]، بلکه میزان بیشتر ورودی‌های تجدیدپذیر در مقایسه با بازخوردها نیز منجر به بالا رفتن این نسبت می‌گردد. مقدار بالای این شاخص به معنای پایداری بالای نظام زراعی است.

نتایج

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های تولید انگور یاقوتی سیستان در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس داده‌های جدول فوق میزان امرژی منابع تجدید پذیر طبیعی شامل تابش خورشید $۴/۵۵ \times ۱۰^{۱۳}$ ، امرژی باد $۸/۲ \times ۱۰^۹$ ، امرژی باران $۴/۴۹ \times ۱۰^{۱۲}$ و امرژی آب آبیاری $۴/۵ \times ۱۰^{۱۵}$ امژول خورشیدی بدست آمد. در خصوص منابع تجدید ناپذیر محیطی میزان امرژی خاک از دست رفته $۴/۳۲ \times ۱۰^{۱۲}$ امژول خورشیدی اندازه‌گیری شد. ارزیابی منابع خریداری شده قابل تجدید نشان داد که امرژی نیروی کارگری برابر $۸/۰۵ \times ۱۰^{۱۵}$ و کود حیوانی $۲/۶۳ \times ۱۰^{۱۱}$ امژول خورشیدی است. همچنین ارزیابی امرژی منابع خریداری شده غیرقابل تجدید نشان داد که امرژی الکتریسیته $۷/۲۶ \times ۱۰^{۱۴}$ ، کود نیتروژن $۲/۲ \times ۱۰^{۱۵}$ ، کودپتاس ۹×۱۰^{۱۳} ، کود فسفات $۸/۸۵ \times ۱۰^{۱۴}$ ، علف کش $۴/۰۸ \times ۱۰^{۱۳}$ و امرژی خدمات و سرویس $۲/۸۸ \times ۱۰^{۱۵}$ امژول خورشیدی بود.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۱، بیشترین مقدار امرژی در نظام کشت انگور یاقوتی سیستان مربوط به نیروی کارگری با $۸/۰۵ \times ۱۰^{۱۵}$ امژول خورشیدی در هکتار است و پس از آن بیشترین مقدار مصرف امرژی مربوط به آب آبیاری با مقدار $۴/۵ \times ۱۰^{۱۵}$ و کود نیتروژن با مقدار

شاخص نسبت عملکرد امرژی (EYR): این شاخص در انگور یاقوتی سیستان برابر ۱/۳۱ بدست آمد. مقدار بالاتر این شاخص مطلوبتر است چرا که نسبت عملکرد امرژی را به ازای امرژی سرمایه گذاری شده نشان می‌دهد. در ارزیابی امرژی سیب زمینی در ایالت فلوریدا توسط محققین شاخص نسبت عملکرد امرژی ۱/۲۴ بدست آمد. محققین در بررسی امرژی پرتقال در ایتالیا مقدار این شاخص را ۱/۵ گزارش کردند [۱۲]. محققین در مطالعه ای که روی انگور در جنوب غرب چین انجام دادند شاخص نسبت عملکرد امرژی انگور را ۱/۰۷ بدست آوردند [۸].

شاخص نسبت سرمایه گذاری (EIR): این شاخص نشان دهنده سرمایه اقتصادی مصرفی در سیستم بوده، بنابراین، مقدار بالاتر آن نشان دهنده سهم بیشتر منابع خریداری شده است. مقدار این شاخص در تولید انگور یاقوتی سیستان برابر ۳/۲۵ بود که نشان دهنده اتکاء بیشتر سیستم به منابع خریداری شده در مقایسه با منابع محیطی رایگان است. هر چه مقدار این شاخص کمتر باشد مطلوب تر است.

مقدار شاخص نسبت بارگذاری زیست محیطی (ELR) برابر ۰/۵۴۱ بود که نشان دهنده فشار نسبتاً پایین این سیستم بر محیط زیست است. شاخص بارگذاری زیست محیطی برای انگور در جنوب غرب چین ۲/۷۸ گزارش شده است [۸]. در مطالعه امرژی نظام کشت برنج در چین شاخص فوق را ۰/۶۲ بدست آمد [۱۳]. در ارزیابی امرژی جو در ایالت واشنگتن این شاخص را ۲/۹۴ اعلام شد [۱۰].

مقدار شاخص خودکفایی امرژی (ESR) در این تحقیق ۰/۲۳۴ بود. محققین در بررسی امرژی که بر روی انگور محافظت شده در چین انجام شد شاخص خودکفایی امرژی برای ناحیه جنوب غرب چین ۰/۶۶ و برای ناحیه شمال چین ۰/۱۱ گزارش شد [۸].

شاخص پایداری (ESI) در تحقیق حاضر ۲/۴۲ بود. در ارزیابی امرژی سیستم‌های مختلف کشت در ایالت فلوریدا شاخص پایداری را برای یولاف ۰/۶۸ و برای سیب زمینی ۰/۱۶ گزارش شد [۳]. در ارزیابی امرژی سیستم کشت

$10 \times 2/2$ امژول خورشیدی در هکتار بدست آمد. کمترین مقدار مصرف امرژی در بین منابع خریداری شده مربوط به کود حیوانی با $10 \times 2/63$ امژول خورشیدی در هکتار بود.

امرژی بالای نیروی کارگری به دلیل استفاده زیاد از نیروی انسانی در سیستم کشت انگور یاقوتی در منطقه سیستان و عدم کاربرد موثر ماشین آلات مکانیزه در این سیستم است. همچنین امرژی بالای آب آبیاری و کود نیتروژن به دلیل مصرف زیاد این دو نهاده در سیستم‌های کشت سنتی انگور یاقوتی است. در بررسی انجام شده توسط محققین برای ارزیابی امرژی یک باغ میوه در ایالت واشنگتن مشخص شد که بیشترین مصرف امرژی مربوط به نیروی کارگری با مقدار $10 \times 3/0$ امژول خورشیدی در هکتار بود [۹]. همچنین در تجزیه و تحلیل امرژی نظام کشت انگور محافظت شده در ۵ منطقه کشور چین توسط محققین مشخص شد که امرژی مصرفی نیروی کارگری در این مناطق رتبه اول تا سوم را به خود اختصاص داده است [۸].

نتایج دسته‌بندی کلی منابع مختلف امرژی دخیل در نظام تولید انگور یاقوتی سیستان در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج فوق سهم منابع طبیعی (R+N) از کل امرژی مصرفی برابر ۲۳/۴۷ درصد و سهم منابع خریداری شده (P) برابر ۷۶/۶۱ درصد بود. مجموع منابع قابل تجدید (R+Pr) ۶۹/۹۴ درصد و مجموع منابع غیر قابل تجدید ۳۵/۰۵ درصد از کل امرژی را بخود اختصاص دادند. کل عملکرد امرژی تولید انگور یاقوتی سیستان $10 \times 1/94$ امژول خورشیدی در هکتار و ضریب تبدیل آن $10 \times 1/49$ امژول خورشیدی بر ژول بدست آمد.

شاخص‌های امرژی در نظام کشت انگور یاقوتی سیستان

شاخص‌های مربوط به تولید انگور یاقوتی در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده شاخص درصد تجدید پذیری (R) برابر ۶۴/۹۴ است. این شاخص نشان دهنده سهم منابع قابل تجدید از کل منابع تولید بوده و بالا بودن آن به مفهوم قابلیت تجدید پذیری زیاد سیستم و پایداری بالاتر آن است.

برنج در چین محققین مقدار این شاخص ۱/۸۳ بدست آمد مقایسه نتایج این پژوهش با برخی مطالعات مشابه در [۱۳]. سایر نقاط جهان در جدول ۵ خلاصه شده است.

جدول ۱- ارزیابی امرژی نظام کشت انگور یاقوتی سیستان

ردیف	منابع	واحد	مقدار	ضریب تبدیل	امرژی	درصد
منابع قابل تجدید محیطی						
۱	نور خورشید	ژول	$4/55 \times 10^{13}$	۱	$4/55 \times 10^{13}$	۰/۲۳
۲	باران	ژول	$2/47 \times 10^8$	۱۸۱۹۹	$4/49 \times 10^{12}$	۰/۰۲
۳	باد	ژول	$4/5 \times 10^{15}$	۱۴۹۶	$8/2 \times 10^9$	۰/۰۰۰۴
۴	آب آبیاری	مترمکعب	۸۳۰۰	$5/43 \times 10^{11}$	$4/5 \times 10^{15}$	۲۳/۱۶
	جمع				$4/55 \times 10^{15}$	۲۳/۴۵
منابع غیر قابل تجدید محیطی						
۵	خاک سطحی	ژول	$3/49 \times 10^7$	$1/24 \times 10^5$	$4/32 \times 10^{12}$	۰/۰۲
منابع خریداری شده قابل تجدید						
۶	نیروی کارگری	ژول	$1/79 \times 10^9$	$4/5 \times 10^6$	$8/05 \times 10^{15}$	۴۱/۴۳
۷	کود حیوانی	ژول	$9/75 \times 10^6$	$2/7 \times 10^4$	$2/63 \times 10^{11}$	۰/۰۰۱
	جمع				$8/05 \times 10^{15}$	۴۱/۴۹
منابع خریداری شده غیر قابل تجدید						
۸	الکتریسته	ژول	$2/7 \times 10^9$	$2/69 \times 10^5$	$7/26 \times 10^{14}$	۳/۷
۹	کود نیتروژن	گرم	$5/5 \times 10^4$	4×10^{10}	$2/2 \times 10^{15}$	۱۱/۳۲
۱۰	کود پتاس	گرم	3×10^4	3×10^9	9×10^{13}	۰/۴۶
۱۱	کود فسفات	گرم	$2/4 \times 10^4$	$3/69 \times 10^{10}$	$8/85 \times 10^{14}$	۴/۵
۱۲	علف کش	گرم	۱۶۴۰	$2/49 \times 10^{10}$	$4/08 \times 10^{13}$	۰/۲۱
۱۳	خدمات و سرویس	دلار	۱۸۵	$15/6 \times 10^{12}$	$2/88 \times 10^{15}$	۱۴/۸
	جمع				$2/82 \times 10^{15}$	۳۵/۱۳
	جمع کل امرژی				$1/94 \times 10^{16}$	۱۰۰
خروجی (عملکرد محصول)						
۱۴	عملکرد انگور	کیلوگرم	۱۰۶۰۰			
۱۵	انرژی تولید		$1/3 \times 10^{11}$			ژول
۱۶	امرژی ویژه		$1/8 \times 10^9$			گرم/ژول خورشیدی
۱۷	ضریب تبدیل انگور		$1/49 \times 10^5$			ژول/ژول خورشیدی

جدول ۲- دسته بندی کلی منابع مختلف امرژی نظام کشت انگور یاقوتی

ردیف	منابع	امرژی	درصد
منابع محیطی رایگان			
۱	منابع قابل تجدید محیطی (R)	$4/55 \times 10^{15}$	۲۳/۴۵
۲	منابع غیر قابل تجدید محیطی (N)	$4/32 \times 10^{12}$	۰/۰۲
۳	جمع		۲۳/۴۷
منابع خریداری شده			
۴	منابع خریداری شده قابل تجدید (Pr)	$8/05 \times 10^{15}$	۴۱/۴۹
۵	منابع خریداری شده غیر قابل تجدید (Pn)	$6/82 \times 10^{15}$	۳۵/۱۳
۶	جمع	$1/48 \times 10^{16}$	۷۶/۶۱
۷	کل عملکرد امرژی (Y)	$1/94 \times 10^{16}$	۱۰۰
۸	ضریب تبدیل انگور یاقوتی سیستان (Tr)	$1/49 \times 10^5$	

جدول ۳- شاخص های امرژی نظام کشت انگور یاقوتی سیستان

مقدار	شاخص	ردیف
۶۴/۹۴	تجدید پذیری (R)	۱
۱/۳۱	نسبت عملکرد امرژی (EYR)	۲
۳/۲۵	نسبت سرمایه گذاری امرژی (EIR)	۳
۰/۵۴۱	نسبت بارگذاری بر محیط زیست (ELR)	۴
۰/۲۳۴	نسبت خودکفایی امرژی (ESR)	۵
۲/۴۲	شاخص پایداری (ESI)	۶

جدول ۴- مقایسه شاخص های امرژی برخی نظام های کشاورزی مناطق مختلف جهان با نظام کشت انگور یاقوتی سیستان

نظام کشت	Tr	R	N	F	EYR	ELR	ESI
یولاف (فلوریدا)	$2/0.9 \times 10^5$	$1/56 \times 10^{15}$	$9/5 \times 10^{14}$	$3/1 \times 10^{15}$	۱/۷۹	۲/۶۴	۰/۶۸
سیب زمینی (فلوریدا)	$1/49 \times 10^5$	$1/49 \times 10^{15}$	$9/5 \times 10^{14}$	$1/0.3 \times 10^{16}$	۱/۲۴	۷/۵۲	۰/۱۶
جو (واشنگتن)	$9/24 \times 10^4$	$4/87 \times 10^{14}$	$5/9 \times 10^{14}$	$8/38 \times 10^{14}$	۲/۲۸	۲/۹۴	۰/۷۸
سبزیجات (واشنگتن)	$8/74 \times 10^5$	$5/78 \times 10^{13}$	-	$4/12 \times 10^{15}$	۱/۰۱	۷۱/۲۷	۰/۰۱
پرتقال (ایتالیا)	$1/2 \times 10^9$	$5/2 \times 10^{14}$	$7/7 \times 10^{15}$	$1/5 \times 10^{16}$	۱/۵	۴۳	۰/۰۳
انگور (چین)	6×10^5	$1/54 \times 10^{14}$	$1/54 \times 10^{13}$	$1/86 \times 10^{15}$	۱/۰۷	۲/۷۸	۰/۳۹
ذرت (چین)	$9/74 \times 10^4$	$2/66 \times 10^{14}$	$1/95 \times 10^{14}$	$2/3 \times 10^{15}$	۱/۲	۲/۶۷	۰/۴۵
برنج (چین)	$1/39 \times 10^5$	3×10^{15}	-	$2/0.7 \times 10^{16}$	۱/۱۵	۰/۶۲	۱/۸۳
گندم (چین)	$1/63 \times 10^5$	$1/72 \times 10^{15}$	$1/82 \times 10^{16}$	$1/68 \times 10^{16}$	۱/۱۹	۱۰/۵۹	۰/۱۱
انگور یاقوتی سیستان	$1/49 \times 10^5$	$4/55 \times 10^{15}$	$4/32 \times 10^{13}$	$1/48 \times 10^{16}$	۱/۳۱	۰/۵۴۱	۲/۴۲

بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه منابع مختلف تامین انرژی و شاخص های مهم پایداری و بار زیست محیطی نظام کشت انگور یاقوتی سیستان با استفاده از روش ارزیابی امرژی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد از میان تمام نهادهای دخیل در تولید انگور یاقوتی سه متغیر نیروی کارگری، آب آبیاری و کود نیتروژن به ترتیب با ۴۱/۴۹، ۲۳/۱۶ و ۱۱/۳۲ درصد بیشترین سهم را در مصرف انرژی دارا بودند. چنانچه بهینه سازی مصرف انرژی در نظر باشد لازم است اولویت اصلی با بهینه سازی این سه منبع باشد. همچنین تجزیه و تحلیل شاخص های امرژی نشان داد که شاخص تجدید پذیری انگور یاقوتی (R%) برابر ۶۴/۹۴، شاخص نسبت عملکرد امرژی (EYR) ۱/۳۱، شاخص نسبت سرمایه گذاری امرژی (EIR) ۳/۲۵، شاخص بارگذاری زیست محیطی (ELR) ۰/۵۴۱، شاخص خودکفایی امرژی (ESR) ۰/۲۳۴ و شاخص پایداری محیط زیست (ESI) برابر ۲/۴۲ است. مقایسه نتایج بدست آمده با مطالعات مشابه نشان می دهد شاخص های امرژی انگور

یاقوتی سیستان در حد مطلوب و رضایت بخش است (جدول ۵). شاخص بارگذاری زیست محیطی اهمیت زیادی دارد و هر چه مقدار آن کمتر باشد نشان دهنده فشار کمتر بر محیط زیست است. مقدار بدست آمده برای این شاخص از متوسط بسیاری از مطالعات مشابه کمتر است که این امر نشان دهنده فشار کمتر این نظام کشت بر محیط زیست است. شاخص پایداری محیط زیست در این مطالعه از متوسط مطالعات مشابه بالاتر است که پایداری نسبتاً خوب این سیستم را نشان می دهد. بنابراین، با توجه به پایداری خوب و بار زیست محیطی کم این سیستم در صورت افزایش کارایی مصرف انرژی از طریق بهینه نمودن مصرف نیروی کارگری، آب آبیاری و کود نیتروژن سیستم کشت انگور یاقوتی می تواند بعنوان الگوی مناسب در منطقه سیستان توصیه شود.

با توجه به نتایج این تحقیق برای مدیریت بهتر منابع انرژی پیشنهادات زیر را می توان توصیه نمود. ۱- تجزیه تحلیل و بررسی دقیق منابع انرژی برای تمام نظام های

مکانیزه استفاده از نیروی کارگری کاهش یابد و همچنین مدیریت کاهش مصرف آب آبیاری و کود نیتروژن در برنامه کاری قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان اجرا شده که لازم می‌دانیم از مسئولین مرکز و همه همکارانی که ما را یاری نمودند صمیمانه سپاسگذاری نماییم.

کشاورزی با استفاده از روش ارزیابی امرژی با توجه به کارایی خوب این روش اجرا شود. ۲- با توجه به بالا بودن شاخص پایداری محیط زیست در نظام کشت انگور یاقوتی و پایین بودن فشار زیست محیطی این سیستم و از طرفی رضایتمندی کشاورزان انگور کار منطقه از میزان درآمد اقتصادی آن در مقایسه با سایر نظام‌ها توسعه‌ای نظام کشت قابل توصیه است. ۳- با توجه به اینکه در نظام کشت انگور یاقوتی بیشترین انرژی مصرفی مربوط به سه نهاد نیروی کارگری، آب آبیاری و کود نیتروژن است برای بهینه شدن مصرف انرژی در این نظام کشت باید با مدیریت بهتر و در صورت امکان استفاده از ماشین آلات

References

- [1]. Asgharipour, M.R., Mondani, F., & Riahinia, S. (2012). Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. *Energy*, 44: 1078–1084
- [2]. Beheshti Tabar, I., Keyhani, A., & Rafiee, Sh. (2010). Energy balance in Iran's agronomy (1990- 2006). *Renewable and Sustainable Energy Review*, 14: 849–855.
- [3]. Brandt-Williams, S. (2002). Handbook of emergy evaluation: a compendium of data for emergy computation issued in a series of Folios. Folio 4. Emergy of Florida agriculture. Gainesville, Florida, USA: Center for Environmental Policy. University of Florida.
- [4]. Brown, M.T., & Arding, J. (1991). Transformities working paper. Gainesville: Center for Wetlands, University of Florida.
- [5]. Brown, M.T., & Ulgiati, S. (2004). Emergy quality, emergy, and transformity: H.T. Odum's contributions to quantifying and understanding systems. *Ecological Modeling*, 178: 201–13.
- [6]. Buenfil, A.A. (2001). Emergy evaluation of water. Doctoral dissertation. University of florida.
- [7]. Cavalett, O., & Ortega, E. (2009). Emergy, nutrients balance, and economic assessment of soybean production and industrialization in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 17: 762–771.
- [8]. Feng, J., Lu, S., Fu, Z., & Tian, D. (2013). Emergy analysis of protected grape production system in China. *Advanced Materials Research*, 76: 3938-3942
- [9]. Ghaley, B., & Porter, J. R. (2013). Emergy synthesis of a combined food and energy production system compared to conventional wheat (*Triticum aestivum*) production system. *Ecological Indicators*, 24: 534–542.
- [10]. Haden, A. (2002). Emergy Analysis of Food Production at S & S Homestead Farm. S & S Center for Sustainable Agriculture. P, 1-33
- [11]. Higgins, J. B. (2003). Emergy analysis of the Oak Openings region. *Ecological Engineering*, 21: 75–109.
- [12]. La Rosa, A.D., Siracusa, G., & Cavallaro, R. (2008). Emergy evaluation of Sicilian red orange production. A comparison between organic and conventional farming. *Journal of Cleaner Production*, 16: 1907-1914.
- [13]. Lu, H.F., Bai, Y., Ren H., & Campbel, D. (2010). Integrated emergy, energy and economic evaluation production of rice and vegetable system in alluvial paddy fields: Implications for agricultural policy in china. *Journal of Environmental Managment*, 91: 2727-2735.
- [14]. Martin, J.F., Diemont, S.A.W., Powel, A., Stanton, M., & Levy-Tacher, S. (2006). Emergy evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 115: 128-140.
- [15]. Odum, H.T., & Odum, E. C. (1983). Emergy Analysis Overview of Nations: Concepts and Methods. Working Paper.

International Institute of Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 469 pp.

[16]. Odum, H. (2007). Environment, Power, and Society for the Twenty-First Century. The Hierarchy of Energy. Columbia University Press, New York.

[17]. Odum, H., Brown, M.T., & Williams, S.B. (2000). Handbook of Emergy Evaluation, Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, 16 pp.

[18]. Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. (2004). Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, 29: 39-51.

[19]. Ulgiati, S., Odum, H.T., & Bastianoni, S. (1994). Emergy use, environmental loading and sustainability. An Emergy Analysis of Italy. *Ecological Modeling*, 73: 215-268.

[20]. Wang, X., Chen, Y., Gao, W., Qin, J., Zhang, F., & Wu, X. (2014). Emergy analysis of grain production systems on large-scale farms in the North China Plain based on LCA. *Agricultural Systems*, 128: 66-78.

[21]. Zhang, L.X., Song, B., & Chen, B. (2012). Emergy-based analysis of four farming systems: insight into agricultural diversification in rural China. *Journal of Cleaner Production*, 28: 33-44.

Emergy evaluation of Yaghuti grape of Sistan

1- Sh. A. Kohkan, PhD Candidate, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran and HorticultureCrops Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran

2- A. Ghanbari, Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol

3- M.R. Asgharipour, Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, University of Zabol

m_asgharipour@uoz.ac.ir

4- B.A. Fakheri, Associate Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, College of Agriculture, University of Zabol

Received: 08 Mar 2017

Accepted: 18 Oct 2017

Abstract

The present study uses emergy methodology to assess environmental performance of Yaghuti grape production of Sistan. In Sistan, grape production is very important for the region in terms of both export to other provinces of Iran and domestic consumption. The renewable resources comprising free renewable local resources including sunlight, rain and wind and non-renewable including soil, and renewable purchased inputs embracing human labor, chemical fertilizer including nitrogen, phosphorous and potassium, and chemicals were the input used to estimate emergy indices. The analyses showed that the total emergy input was 1.94×10^{16} seJ, and approximately 43.41% and 23.16% were from human labor and irrigation water, respectively and followed by nitrogen fertilizer with quota of 11.32%. Emergy indices of grape production are as follow; emergy yield ratio: 1.31, emergy investment ratio: 3.25, environmental loading ratio: 0.541 and emergy sustainability index: 2.42, indicating that grape production system is sustainable and is less stressful on the environment in comparison with other research. It could be suggested with greater emergy use efficiency through optimization of human labor, irrigation water and nitrogen fertilizer grape production could be recommended as suitable crop for Sistan region.

Keywords: Yaghuti grape; Sustainability index; Emergy evaluation; Energy efficiency.