Archive of SID

نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۲۹ شماره ۲ / تابستان ۱۳۹۸

ارزیابی پایداری زیست‌محیطی نظام زراعی با استفاده از تحلیل ردپای اکولوژیک (مطالعه موردی : کشت سیب زمینی و خیار در دهستان سفالگران شهرستان بهار)

پیام رضایی [۱]، کریم نادری مهدیی [۲*]، سعید کریمی [۲]، کاروان شانازی [۳]

تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۲٤ تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۱۳

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
۲- دانشیار و استادیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
۳- دانشجوی دکتری توسعه کشاورزی، گروه ترویج و آموزش کشاورزی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
*مسئول مکاتبه: E-mail: knadery@yahoo.com

چکیده

تحلیل ردپای اکولوژیک در کشاورزی موضوعی جدید و در حال تکامل است که میزان زمین بهره‌ور مورد نیاز برای جبران اثرات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های گوناگون کشاورزی را مشخص می‌کند. در این راستا هدف اصلی تحقیق تحلیل ردپای اکولوژیکی کشت سیب زمینی و خیار در دهستان سفالگران شهرستان بهار است. رویکرد غالب پژوهش کمی و پیمایشی بوده و داده‌ها با استفاده از پرسشنامه به صورت مقطعی در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹٤ از ۱۰۰ نفر کشاورز سیب زمینی کار و ۵۰ نفر از کشت کنندگان خیار گردآوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای ارزیابی پایداری، با در نظر گرفتن مصرف انرژی، از شاخص‌های ارزیابی زیست‌محیطی براساس مصرف بذر، آب، سوخت، نیروی انسانی، کود، سموم، تولید محصولات سیب زمینی و خیار استفاده شد. معیار مقایسه هکتار جهانی حاصل از برآورد مدل ردپای اکولوژیکی در هریک از محصولات بود. نتایج پژوهش نشان داد که براساس رویکرد ردپا، هر دو کشت در وضعیت ناپایدار قرار دارند و تفاوت معنی‌داری بین نمره کل ردپای اکولوژیکی بر حسب هکتار جهانی در کشت سیب زمینی (٤/۰۳) و کشت خیار (۳/۲۳) وجود دارد، به طوری که کشت خیار از ناپایداری زیست‌محیطی کمتری برخودار است. طبق فاکتور هکتار جهانی، هر دو کشت سیب زمینی و خیار بیش از ظرفیت اکولوژیکی یک هکتار زمین مولد بهره برداری می شوند، بدین مفهوم که زمین مورد نیاز برای جبران اثرات زیست محیطی این دو کشت کافی نیست. با این وجود ردپای اکولوژیکی فاکتور بذر برای کشت سیب زمینی با ۲٤/۵ درصد هکتار جهانی و برای کشت خیار فاکتور کود شیمیایی(نیتروژن) با ۲۲/۹۵ درصد بیشترین تأثیر را بر ناپایداری زیست محیطی داشته است.

واژه های کلیدی: ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، خیار، سیب زمینی، ظرفیت اکولوژیکی، کشاورزی پایدار

www.SID.ir

Archive of SID

Environmental Sustainability Assessment of Farming System Using Ecological Footprint Analysis (Case Study: Potato and Cucumber Cultivation in Sofalgaran district of Bahar County)

Payam Rezaei[1*], Karim Naderi Mahdei[2*], Saeed Karimi [2], Karwan Shanazi [3]

Received: October 16, 2018 Accepted: December 4, 2018

1-Graduated MSc Student, Dept. of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2-Assoc. Prof., and Assist. Prof., Dept. of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
3- PhD Student, Dept. of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
*Corresponding Author Email: knadery@yahoo.com

Abstract

Analysis of the ecological footprint in agriculture is a new and evolving subject that indicate, amount of land needed to compensate for the environmental effects of various agricultural activities. The main purpose of the study was to assess environmental sustainability of potato and cucumber cultivation in Sofalgaran District of Bahar County with using ecological footprint analysis. The quantitative approach and survey method were used and data was collected through questionnaires using a cross-sectional in period 2015-2016 crop years. Sample size were 100 potato farmers and 50 cucumber farmers. In order to assessing sustainability, based on energy consumption with environmental indicators such as; seed, water, fuel, labor, fertilizer, pesticides, potato and cucumber production were used. The sustainability comparison criterion was the global hectare (g ha) that calculated from the estimation of the ecological footprint model for each product. The results showed that both cultivation are considered unsustainable and there was a significant difference between the total ecological footprint per hectare in potato cultivation (4.03) and cucumber cultivation (3.23), so that cucumber cultivation has more environmental sustainability. According to the global hectare factor, both potato and cucumber cultivation are exploited more than the ecological capacity of a hectare productive land. However, ecological footprint of seed factor for potato cultivation with 24.5% of global hectare and for cultivating cucumber, fertilizer factor with 22.95% had the greatest impact on environmental unsustainability.

Keywords: Cucumber, Ecological Capacity, Environmental Impact Assessment, Potato, Sustainable Agriculture

مقدمه

چالش پایداری کشاورزی در سال‌های اخیر با افزایش قابل توجه هزینه غذا، انرژی، تغییر اقلیم، کمیابی آب، تنزل کیفیت خدمات اکوسیستمی و تنوع زیستی، بحران مالی و افزایش مورد انتظار جمعیت شدیدتر شده است (لی و همکاران ۲۰۱۰). لذا مفهوم کشاورزی پایدار

www.SID.ir

Archive of SID

در پاسخ به چالش‌های فوق پدید آمد تا در بلند مدت کیفیت محیط‌زیست و منابعی که کشاورزی به آن وابسته است را ارتقاء بخشد. با این وجود کشاورزی یکی از مهمترین مصرف کننده‌های انرژی است (اوزکان و همکاران۲۰۰٤؛ زنگنه و همکاران ۲۰۱۰). تعیین میزان مصرف انرژی در کشاورزی به منظور انتخاب راهکارهای مناسب جهت تخفیف اثرات زیست‌محیطی ضروری بوده و یکی از شاخص‌های مهم توسعه پایدار محسوب می‌شود (تزیلیواکیس و همکاران ۲۰۰۵). مطالعات نشان داده که ارزیابی کارایی مصرف منابع و انرژی به عنوان دو اصل مدیریت پایدار بوم نظام‌های زراعی مطرح می‌باشند (خرمدل و همکاران ۲۰۱٦). اندازه‌گیری و سنجش میزان مصرف، پیش شرط مدیریت محیط زیست و کاهش آلودگی است و کسری موازنه‌ی اکولوژی انسانی با گزینش‌های خردمندانه درباره جمعیت، مصرف، کارایی تکنولوژی و حفاظت از اکوسیستم برطرف می‌شود (واکرناگل و همکاران ۲۰۰۲). ازنظر اکولوژیکی، سرانه‌ی مصرف انرژی و مواد مورد مصرف در کشاورزی، سریع‌تر از رشد جمعیت افزایش یافته است به طوری که ادامه این روند سلامتی، پایداری و رفاه زندگی جامعه را بیش از بیش با خطر مواجه ساخته و باعث انهدام و نابودی منابع اکولوژیکی می‌شود. و به هم دلیل هرگونه بهره‌برداری از طبیعت باید پس از ارزیابی منابع و در چارچوب توان‌ها و ظرفیت‌های محیط صورت گیرد (یارعلی و همکاران۲۰۱۰). براساس آمارهای جهانی ظرفیت زیستی در ایران از سال ۱۹٦۱ تا به امروز، روند کاهنده‌ی اندکی داشته است، اما مقدار جای پای اکولوژیکی روند فزاینده‌ی پرشتابی را دنبال می‌کند، این امر موجب شده که از سال ۱۹۸۰ به بعد، مقدار جای پای اکولوژیک ایران بیش از ظرفیت زیستی شده و کسری اکولوژیک در کشور رخ دهد (ایوینگ و همکاران ۲۰۱۰).

از انجا که هر گونه فعالیتی برای ارتقای کیفیت زندگی و توسعه انسانی در محیط زیست تحقق می‌یابد. لذا وضعیت محیط زیست و منابع آن از نظر پایداری یا ناپایداری بر فرآیند توسعه تأثیر گذار خواهد بود. در این صورت ما نیازمند ابزار و روش‌هایی هستیم تا به کمک آن‌ها بتوانیم حرکت به سوی پایداری زیست محیطی را اندازه بگیریم (بریمانی و اصغری لفجانی ۲۰۱۰). روش‌های مختلفی برای ارزیابی اثرات زیست محیطی وجود دارد که باتوجه به آن، می‌توان به پایداری نظام‌های کشاورزی پی برد(آگوستینو و پریرا ۲۰۱۳). یکی از مدل‌های کمی مهم در این زمینه، تحلیل ردپای اکولوژیک[1] است که چشم انداز پایداری قوی را در نظر دارد (ریس ۱۹۹٦). ردپای اکولوژیکی کشاورزی، یک شاخص پیچیده برای اندازه‌گیری منابع قابل استفاده در سطح مزرعه است که از طریق تبدیل مواد و منابع مورد مصرف در مزرعه و نشان دادن نتایج به هکتار جهانی (gha)[2]، که به ویژه مرتبط است با سیستم‌های کشاورزی، برآورد می‌گردد، درنتیجه شاخصی مناسب برای تولیدات کشاورزی و معیاری برای ارزیابی انرژی مصرفی، گاز های گلخانه‌ای منتشر شده، آب، زمین مورد استفاده و آلودگی‌های ناشی از کود و سموم در کشاورزی است (آنیلسکی و ویلسون ۲۰۱۰؛ کریشنا ۲۰۰۷). آنچه در ردپای اکولوژیکی مربوط به کشاورزی بیش از همه مورد توجه است انرژی مصرفی و تولیدی در این فعالیت می‌باشد که باعث تولید کربن و در نهایت باعث تأثیر کشاورزی بر محیط زیست می‌شود و به این صورت پایداری نظام‌های کشاورزی را مورد ارزیابی قرار می‌دهد (سروتی و همکاران ۲۰۱۳؛ کاروف و همکاران ۲۰۱۳).

نظام‌های بهره برداری کشاورزی نقش مهم و به سزایی در توسعه کشاورزی و پایداری آن داشته و همواره به عنوان یکی از مسائل بنیادی کشاورزی در جهت به کارگیری صحیح منابع اکولوژیکی به شمار می‌روند از این رو مطالعه آنها از منظر زیست‌محیطی

[1] -Ecological Footprint

[2]- Global Hectare Approach

www.SID.ir

Archive of SID

اهمیت بسیار زیادی دارد. در این راستا می‌توان به نمونه‌های بارزی مانند تحقیقات اصفهانی و همکاران (۲۰۱۷)، خرمی وفا و همکاران (۲۰۱٦)، نادری مهدیی و همکاران (۲۰۱۵)، مفاخری و همکاران (۲۰۱٦) پاسری و همکاران (۲۰۱۳)، سروتی و همکاران (۲۰۱۳)، دانگ و همکاران (۲۰۱۳)، فلاح پور و همکاران(۲۰۱۲)، کسینگر و گوتلب (۲۰۱۲)، گان و همکاران (۲۰۱۱)، آنیلسکی و ویلسون (۲۰۱۰) کریشنا (۲۰۰۷) و کسینگر و همکاران (۲۰۰۷) اشاره کرد که در ادامه به خلاصه نتایج برخی از انها پرداخته می‌شود.

نتایج مطالعه اصفهانی و همکاران (۲۰۱۷) در زمینه کارایی و پایداری تولید ذرت علوفه‌ای با استفاده از تحلیل فراگیر داده‌ها و ردپای اکولوژیک چند کارکردی نشان داد که شاخص ردپای CO_2 در شرایط جاری و بهینه تولید به ترتیب معادل ۰/۸۳ و ۰/۹۵ هکتار جهانی بود که الکتریسیته و کود حیوانی به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را در آن داشتند. خرمی وفا و همکاران (۲۰۱٦) در بررسی ردپای اکولوژیک آب در مزارع گندم آبی و ذرت منطقه کوزران کرمانشاه به این نتیجه رسیدند که می-بایست کشت گیاهان پرمصرفی مانند ذرت دانه‌ای با توجه به شرایط وخیم آبی منطقه متوقف شده، و گیاهان جایگزینی مانند زعفران که نیاز آبی کمتری دارند در برنامه زراعی کشاورزان منطقه گنجانده شوند.

نادری مهدیی و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه ارزیابی اثرات زیست‌محیطی نظام‌های بهره‌برداری کشاورزی در استان همدان با استفاده از تحلیل ردپای اکولوژیکی (مورد: گندم آبی)، نشان دادند که ردپای اکولوژیکی بر حسب مصرف نهاده‌ها در سیستم کشت مرسوم ۲/۹٦ و در سیستم کشت حفاظتی، ۲/۸٤ معادل هکتار جهانی می‌باشد. یافته‌ها نشان داد که ردپای اکولوژیکی بیش از ۷۰ درصد از کشاورزان در سطح اثرات ناپایداری زیاد و بقیه در سطح ناپایداری کم قرار دارند. پاسری و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی روش‌های زراعی مختلف بر میزان ردپای اکولوژیکی ناشی از تولید محصولات زراعی پرداختند. نتایج بیانگر این بود که میزان مصرف نهاده‌ها درسیستم زراعی مرسوم حدود ۲۸ درصد بیشتر از سیستم زراعی حفاظتی است و درنتیجه سیستم مرسوم نسبت به سیستم حفاظتی ناپایدارتر است. فلاح پور و همکاران (۲۰۱۲) با مطالعه ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید غلات در استان خراسان دریافتند که با افزایش مصرف نیتروژن، این اثرات زیست محیطی نیز افزایش یافت. کسینگر و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از شاخص ردپای اکولوژیک پایداری روش‌های مختلف تولید خمیر کاغذ در کانادا را بررسی کردند. نتایج نشان داد که شاخص ردپای اکولوژیک با توجه به منابع و استان‌های مختلف متفاوت است و استفاده از کاه گندم در تولید خمیر کاغذ کمترین مقدار را دارد.

هدف از انتخاب محصولات سیب زمینی وخیاردر شهرستان بهار، متداول بودن کشت و ناشناخته بودن وضعیت پایداری این دو محصول با عنایت به حجم بالای عملیات مبتنی بر مواد شیمیایی است. به طوری که به ترتیب ۷۲۹۰ و ۸٤۰ هکتار سطح زیر کشت محصولات آبی شهرستان درسال ۱۳۹٤-۱۳۹۳ را به خود اختصاص داده‌اند و یکی از دهستان‌های مهم در تولید این دو محصول دهستان سفالگران این شهرستان می‌باشد (جهاد کشاورزی همدان ۲۰۱۵). باتوجه به مطالب فوق و ناشناخته بودن وضعیت پایداری کشت محصولات سیب زمینی و خیار و فقدان مطالعه علمی دقیق در این خصوص لذا این تحقیق به ارزیابی پایداری زیست‌محیطی کشت سیب زمینی وخیار در دهستان سفالگران شهرستان بهار با استفاده از تحلیل ردپای اکولوژیک خواهد پرداخت تا نتایج آن بتواند راهکارهای مناسبی برای مدیریت پایدار آن‌ها و نیز عرضه پایدار منابع در اختیار کشاورزان، برنامه ریزان و سیاست‌گذاران بخش قرار دهد.

مواد وروش

روش تحقیق حاضر از این جهت که در راستای

www.SID.ir

Archive of SID

دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی است، دارای رویکردی کاربردی و مبتنی بر روش تحلیلی با راهبرد پیمایشی بوده و با هدف ارزیابی پایداری زیست‌محیطی کشت دو محصول سیب زمینی و خیار در دهستان سفالگران شهرستان بهار انجام پذیرفته است. در این تحقیق سیب زمینی کاران و کشت کنندگان خیار دهستان سفالگران شهرستان بهار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ به عنوان جامعه پژوهش (سیب زمینی کاران ٤۰۰ نفر و ۵۰ نفر کشت کنندگان خیار) در نظر گرفته شده است. برای تعیین حجم نمونه از فرمول کوکران (رابطه ۱) و نیز روش نمونه گیری تصادفی ساده در انتخاب کشاورزان استفاده گردید، جهت رسیدن بهتر به هدف مورد نظر به ترتیب برای سیب زمینی کاران ۱۰۰ نفر و کشت کنندگان خیار ۵۰ نفر (تمام شماری) انتخاب شدند که بیشتر از تعداد برآورد شده حاصل از فرمول کوکران بود. داده‌ها از طریق ابزار پرسشنامه و مصاحبه حضوری (به دلیل ماهیت سوالات و کم سوادی کشاورزان) در سال ۹۵-۱۳۹٤جمع آوری گردید. به این منظور پرسشنامه‌ای برای سیب زمینی کاران و کشت کنندگان خیار تدوین شد که حاوی سوالاتی در مورد ویژگی‌های فردی، مالکیت زمین و مقدار استفاده نهاده‌های کشاورزی از قبیل بذر، کودها، سموم، نیروکار، سوخت و آب و ... در تمامی مراحل کشت (کاشت، داشت و برداشت) سیب زمینی و خیار بود. به منظور تعیین روایی پرسشنامه از پانل متخصصین مربوطه در دانشگاه بوعلی سینا و کارشناسان جهاد کشاورزی بهره گرفته و از روش پیش آزمون –پس آزمون برای تایید پایایی استفاد شد. درنهایت برای تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS و نیز مدل ردپای اکولوژیک استفاده گردید.

$$n=\frac{Nt^2s^2}{Nd^2+t^2s^2}$$ (رابطه ۱)

n= حجم نمونه

N= حجم جامعه (٤۰۰ نفر سیب زمینی کار)

t= ضریب اطمینان قابل قبول (۱/۹٦)

d= دقت احتمالی مطلوب (۰/۱)

s= پیش برآورد واریانس متغیر (سموم مورد استفاده برای هر دو محصول)

ارزیابی ردپا بر اساس مصرف نهاده‌ها

ردپای اکولوژیکی در این مطالعه، عبارت است از میزان زمین مورد نیاز برای جذب آلودگی‌های زیست‌محیطی کشاورزی ناشی از مصرف نهاده‌ها و منابع مورد استفاده (کود (خالص)، بذر، نیروی انسانی، آب، سوخت و سم) که بر حسب هکتار جهانی طی یک سال زراعی در فرایند تولید محصولات سیب زمینی و خیار در منطقه مورد مطالعه به دست می‌آید.

کودها، ادوات، سموم و دیگر نهاده‌های مورد استفاده در نظام‌های کشاورزی ردپای بزرگی از تولید کربن ایجاد می‌کنند (واندرورف و ترنن ۲۰۰۸). براساس تحقیقات انجام گرفته، هر هکتار زمین توانایی جذب ۱/۸ تن کربن را دارد (نادری مهدیی و همکاران ۲۰۱۵). معیار جذب کربن در مورد نظام‌های کشاورزی مصداق عینی و واقع بینانه تری نسبت به روش‌های معمولی ارزیابی دارد که در این تحقیق به عنوان مبنایی برای ارزیابی ردپای اکولوژیکی و پایداری مورد استفاده قرار می‌گیرد (گازمن و همکاران ۲۰۱۳). در صورتی که ردپای اکولوژیک محصولی بیشتر از مقدار بیان شده (۱/۸ تن در هکتار) باشد از لحاظ زیست محیطی ناپایدار تلقی می-گردد. در این پژوهش برای ارزیابی ردپای اکولوژیکی برحسب کربن، از شاخص انرژی استفاده می‌شود. برای مشخص کردن انرژی استفاده شده، فاکتورهای معادل ساز ویژه‌ای وجود دارد (زنگنه و همکاران ۲۰۱۰؛ کاناکی و اکنسی ۲۰۰٦؛ اوزکان و همکاران ۲۰۰٤). که با استفاده از آن‌ها میزان انرژی حاصل از تأثیر هریک از فاکتورهای اثر گذار بر محیط زیست، بر حسب هکتار جهانی (gha) برآورد می‌گردد. جدول ۱ متغیرها، مقیاس اندازه گیری و فاکتورهای معادل ساز مورد استفاده در این تحقیق برای ارزیابی ردپای اکولوژیکی را نشان می‌دهد، که بر اساس آن انرژی مصرفی هر یک از نهاده‌ها بر حسب واحد مورد استفاده (کیلوگرم، لیتر و...)، در کشت سیب

www.SID.ir

Archive of SID

زمینی و خیار مزرعه مشخص می‌گردد. نهاده‌های که در جدول ۱ آمده است در هر دو کشت مورد استفاده قرار می‌گیرد با این تفاوت که در کشت سیب زمینی پلاستیک و در کشت خیار مزرعه علف کش ها مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

جدول ۱- ورودی‌ها، خروجی‌ها و فاکتورهای معادل ساز انرژی در کشت سیب زمینی و خیار شهرستان بهار

ورودی‌ها و خروجی‌ها	واحد مصرف	معادل انرژی (مگا ژول بر واحد)	منبع
بذر سیب زمینی	کیلوگرم	۳/٦	(ایزنگان و همکاران ۲۰۰۷)
بذر خیار	کیلوگرم	۱	(محمدی و امید ۲۰۱۰)
نیروانسانی	ساعت	۱/۹٦	(زنگنه و همکاران ۲۰۱۰؛ اوزکان و همکاران ۲۰۰٤: یلماز و همکاران ۲۰۰۵)
ماشین آلات	ساعت	٦۲/۷	(اوزکان و همکاران ۲۰۰٤؛ ستین و واردر ۲۰۰۸)
نیتروژن (N)	کیلوگرم	٦٦/۱٤	(پاروانچون و همکاران ۲۰۰۲؛ یلماز و همکاران ۲۰۰۵)
فسفر (P_2O_5)	کیلوگرم	۱۲/٤٤	(پاروانچون و همکاران ۲۰۰۲؛ یلماز و همکاران ۲۰۰۵؛ زنگنه و همکاران ۲۰۱۰)
پتاسیم (K_2O)	کیلوگرم	۱۱/۱۵	(ایزنگان و همکاران ۲۰۰۷)
گوگرد (S)	کیلوگرم	۱/۱۲	(محمدی و همکاران ۲۰۱۰)
کود دامی	تن	۳۰۰	(دمیرکان و همکاران ۲۰۰٦؛ اوزکان و همکاران ۲۰۰٤)
میکرو	کیلوگرم	۱۲۰	(کاناکی و اکینسی ۲۰۰٦)
گازوئیل	لیتر	٥٦/۳۱	(خوسرازمن و همکاران ۲۰۱۰؛ باربر ۲۰۰۳؛ یلماز و همکاران ۲۰۰۵)
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۱۱/۹۳	(سینگ ۲۰۰۲: اوزکان و همکاران ۲۰۰٤)
آب	مترمکعب	۱/۰۲	(کاناکی و اکینسی ۲۰۰٦)
علف کش ها	کیلوگرم	۲۳۸	(اوزکان و همکاران ۲۰۰۷؛ زنگنه و همکاران ۲۰۱۰)
حشره کش ها	کیلوگرم	۱۰۱/۲	(اوزکان و همکاران ۲۰۰۷)
قارچ کش ها	کیلوگرم	۲۱٦	(اوزکان و همکاران ۲۰۰۷؛ زنگنه و همکاران ۲۰۱۰)
پلاستیک	کیلوگرم	۹۰	(کاناکی و اکینسی ۲۰۰٦)
سیب زمینی	کیلوگرم	۳/٦	(اوزکان و همکاران ۲۰۰٤؛ زنگنه و همکاران ۲۰۱۰)
خیار	کیلوگرم	۰/۸	(کاناکی و اکینسی ۲۰۰٦)

مدل ردپای اکولوژیکی جهت ارزیابی پایداری زیست‌محیطی کشاورزی که توسط کسینگر و گوتلب (۲۰۱۲) و گازمن و همکاران(۲۰۱۳) ارائه شده، در این پژوهش، بر مبنای مصرف انرژی و رویکرد مکان محور برای مقایسه پایداری کشت سیب زمینی و خیار در زیر نشان داده شده است.

$$EF_t = \sum_{i=1}^{n} EF_i = \left(\frac{E_i \times T}{C_o} \right) \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

$$Ei = F_i \times EQF \times 1000 \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

$$T = \left(\frac{P_c}{E_c \times O_C \times K} \right) \qquad \text{(رابطه ٤)}$$

در این مدل EF_t: شاخص ردپای اکولوژیکی بر حسب هکتار جهانی؛ E_c: توانایی تولید انرژی توسط هر گرم ذغال سنگ (۲۰ کیلوژول)؛ E_i: انرژی فاکتور i بر حسب کیلوژول (KJ)، C_o: توانایی یک هکتار زمین در جذب کربن بر حسب تن (۱/۸ تن) (قرخلو و همکاران، ۲۰۰۹) ؛ F_i: انرژی فاکتور i ام؛ EQF: فاکتور معادل ساز

www.SID.ir

Archive of SID

فاکتور i ام برای تبدیل زمین مولد به هکتار جهانی (آنیلسکی و ویلسون، ۲۰۱۰).P_c : درصد کربن موجود در زغال سنگ (۰/۸۵٪) بر حسب گرم؛O_c : درصد زغال‌سنگ بازدهی شده توسط گیاهان معادل (۰/۳۱٤٪) بر حسب گرم؛K : ضریب ثابت برای تبدیل گرم به تن (۱۰۰۰۰۰۰) ؛ (گازمن و همکاران، ۲۰۱۳).

نتایج و بحث

برآورد انرژی های مصرفی در کشت سیب زمینی و خیار

به منظور برآورد میزان انرژی مصرفی به ازای هر یک از فاکتورها، مقدار هر فاکتور در ضریب تبدیل انرژی آن ضرب و محاسبه گردیده است. با توجه به محاسبات انجام شده، انرژی‌های مصرفی در فرآیند تولید سیب زمینی طی یک سال زراعی در منطقه مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که، انرژی حاصل از مصرف بذر حدود ۲٤/۵ درصد، مورد استفاده در تولید سیب زمینی در رتبه اول و گازوئیل با ۲۱/۷۳ درصد انرژی در رتبه دوم و کود ازته با ۱۷/۸۱ درصد انرژی در رتبه سوم قرار دارد و از کل انرژی ورودی (۵۳۸۲۲/٤۹ مگا ژول)، ۲۳۹۲۹/٤۲ مگا ژول آن را (٤٤/۵ درصد) انرژی‌های مستقیم (نیروکار، گازوئیل، آب و برق) و ۲۹۸۹۳/۰۷ مگا ژول آن را (حدود ۵۵/۵) را انرژی‌های غیر مستقیم (کودها، بذر، سم و ماشین آلات) تشکیل می‌دهند.

جدول ۲- برآورد انرژی‌های مصرفی در کشت سیب زمینی

	فاکتورها	واحد	میزان	ضریب تبدیل انرژی EQ	برآورد انرژی (MJ)	درصد	رتبه
	بذر	کیلوگرم	۳٦٦۰	۳/٦	۱۳۱۷٦	۲٤/٤۷	۱
	نیروانسانی	ساعت	٤٤٦/۵	۱/۹٦	۸۷۵/۱٤	۱/٦۲	۹
	ماشین آلات	ساعت	۲۲/۵	٦۲/۷	۱٤۱۰/۷۵	۲/٦۲	۷
کود شیمیایی	نیتروژن	کیلوگرم	۱٤۵	٦٦/۱٤	۹۵۹۰/۳	۱۷/۸۱	۳
	فسفر	کیلوگرم	۸۳	۱۲/٤٤	۱۰۳۲/۵۲	۱/۹۱	۸
	پتاس	کیلوگرم	٦۳	۱۱/۱۵	۷۰۲/٤۵	۱/۳	۱۰
	گوگرد	کیلوگرم	۹۹/۳	۱/۱۲	۱۱۱/۲۱	۰/۲	۱۵
سموم	میکرو	کیلوگرم	۲/۵	۱۲۰	۳۰۰	۰/۵۵	۱۲
	دامی	تن	۹/۵	۳۰۰	۲۸۵۰	۵/۲۹	٦
	علف کش	کیلوگرم	۰/۷	۲۳۸	۱٦٦/٦	۰/۳	۱۳
	قارچ کش	کیلوگرم	۲	۲۱٦	٤۳۲	۰/۸	۱۱
	حشره کش	کیلوگرم	۱/۲	۱۰۱/۲	۱۲۱/٤٤	۰/۲۲	۱٤
	گازوئیل	لیتر	۲۰۷/۸	۵٦/۳۱	۱۱۷۰۱/۲	۲۱/۷۳	۲
	الکتریسته	کیلووات ساعت	۳٤۳/۹	۱۱/۹۳	٤۱۰۲/۷۲	۷/٦۲	۵
	آب	مترمکعب	۷۱۰۸	۱/۰۲	۷۲۵۰/۱٦	۱۳/٤۷	٤
	جمع				۵۳۸۲۲/٤۹	۱۰۰	

یافته‌های جدول ۳ مربوط به انرژی مصرفی در فرایند تولید خیار را طی یک سال زراعی در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. نتایج بیانگر آن است که، انرژی حاصل از مصرف کود ازته با بیش از ۲۳ درصد عمده‌ترین نهاده مورد استفاده توسط کشت کنندگان خیار مزرعه در تولید خیار و گازوئیل با ۲۱ درصد عمده‌ترین سوخت فسیلی

www.SID.ir

Archive of SID

مورد استفاده توسط کشاورزان در رتبه دوم، آب مصرفی با ۱٤/۲۸ درصد در رتبه سوم قرار دارد و از کل انرژی ورودی (۹۸/ ٤۳۱۰۵ مگا ژول)، ۲۱۹۱۳/٦٦ مگا ژول آن (حدود ۵۱ درصد) را انرژی‌های مستقیم (نیروکار، گازوئیل، آب و برق) و ۲۱۱۹٤/۱۲ مگا ژول آن (حدود ٤۹ درصد) را انرژی‌های غیر مستقیم (کودها، بذر، سم، پلاستیک و ماشین آلات) تشکیل می‌دهد.

جدول ۳- برآورد انرژی‌های مصرفی در کشت خیار

	فاکتورها	واحد	میزان	ضریب تبدیل انرژی EQ	برآورد انرژی(MJ)	درصد	رتبه
	بذر	کیلوگرم	۰/۹	۱	۰/۹	۰/۰۰۲	۱۵
	نیروانسانی	ساعت	۱۷۹۱	۱/۹٦	۳۵۱۰/۳٦	۸/۱٤	۵
	ماشین آلات	ساعت	۱٦	٦۲/۷	۱۰۰۳/۲	۲/۳۲	۹
کود شیمیایی	نیتروژن	کیلوگرم	۱٤۹/۵	٦٦/۱٤	۹۸۸۷/۹۳	۲۳/۰۲	۱
	فسفر	کیلوگرم	۷۰/۵	۱۲/٤٤	۸۷۷	۲/۰۳	۱۰
	پتاس	کیلوگرم	٤۳	۱۱/۱۵	٤۷۹/٤۵	۱/۱۱	۱۲
	گوگرد	کیلوگرم	۷۳/۵	۱/۱۲	۸۲/۳۲	۰/۱۹	۱٤
	میکرو	کیلوگرم	۲	۱۲۰	۲٤۰	۰/۵۵	۱۳
	کود دامی	تن	۹/۳	۳۰۰	۲۷۹۰	٦/٤۷	۷
سموم	قارچ کش	کیلوگرم	٤/۹	۲۱٦	۱۰۵۸/٤	۲/٤۵	۸
	حشره کش	کیلوگرم	۵/۱	۱۰۱/۲	۵۱٦/۱۲	۱/۱۹	۱۱
	گازوئیل	لیتر	۱٦۱/۵	۵٦/۳۱	۹۰۹٤	۲۱/۰۹	۲
	الکتریسته	کیلووات ساعت	۲٦٤	۱۱/۹۳	۳۱٤۹/۵۲	۷/۳	٦
	آب	مترمکعب	٦۰۳۹	۱/۰۲	٦۱۵۹/۷۸	۱٤/۲۸	۳
	پلاستیک	کیلوگرم	٤۷/۳	۹۰	٤۲۵۷	۹/۸۷	٤
	جمع				٤۳۱۰۵/۹۸	۱۰۰	

ارزیابی ردپای اکولوژیک کشت سیب زمینی

ارزیابی ردپای اکولوژیکی بر حسب مصرف نهاده‌ها برای کشت سیب زمینی به صورت جدول ۵ می‌باشد:

یافته‌ها نشان می‌دهد که، با توجه به میزان کل انرژی مصرفی به دست آمده، ردپای اکولوژیکی کشت سیب زمینی معادل ٤/۰۳ هکتار جهانی می‌باشد.

$$EF_{potato} = \sum_i^8 EF = \left(\frac{53822.49MJ \times 1000 \times \left(\frac{0.85\%}{20 \times 0.314\% \times 1000000}\right)}{1.8_{tons}}\right)$$

$$EF_{Potato} = \left(\frac{53822490 \times 0.000,0001354}{1.8_{tons}}\right) = 4.03 \text{ gha}$$

نتایج نشان می‌دهد که انرژی حاصل از مصرف بذر در این کشت با ۲٤/۵ درصد و فاکتور استفاده از سوخت (گازوئیل) با ۲۱/۷٦ درصد و فاکتور کود نیتروژن با ۱۷/۸٤ درصد بیشترین تأثیر را بر ردپای اکولوژیکی دارند (جدول ۵). با توجه به میزان کل انرژی‌های مصرفی در کشت سیب زمینی، مدل ردپای اکولوژیکی در این کشت برابر با ٤/۰۳ معادل هکتار جهانی ارزیابی شد. نتایج نشان داد این مقدار بسیار بیشتر از ظرفیت اکولوژیکی زمین مورد استفاده برای تولید سیب زمینی در سطح یک هکتار است. در نتیجه تولید سیب زمینی از جنبه‌ی زیست‌محیطی در شرایط ناپایداری قرار دارد. به بیان دیگر، این محصول مقدار ۲/۲۳ تن کربن اضافه تولید

www.SID.ir

Archive of SID

می‌کند که بیش از ظرفیت یک هکتار زمین انرژی برای جذب آلودگی‌های زیست محیطی می‌باشد. بر این اساس به مساحتی معادل ۱/۲٤ هکتار زمین مولد نیاز خواهد بود تا چالش کاهش ظرفیت زیستی مرتفع شود.

جدول ۵- ردپای اکولوژیک در کشت سیب زمینی

متغیر	انرژی (MJ)	ردپا (gha)*	درصد از کل (٪)
بذر	۱۳۱۷٦	۰/۹۸۸	۲٤/۵۱
نیروکار	۸۷۵/۱٤	۰/۰٦۵	۱/٦۱
ماشین آلات	۱٤۱۰/۷۵	۰/۱۰۵	۲/٦
نیتروزن	۹۵۹۰/۳	۰/۷۱۹	۱۷/۸٤
فسفر	۱۰۳۲/۵۲	۰/۰۷۷	۱/۹۱
پتاس	۷۰۲/٤۵	۰/۰۵۲	۱/۲۹
گوگرد	۱۱۱/۲۱	۰/۰۰۸	۰/۲
میکرو	۳۰۰	۰/۰۲۲	۰/۵٤
دامی	۲۸۵۰	۰/۲۱۳	۵/۲۸
سم	۷۲۰/۰٤	۰/۰۵٤	۱/۳۳
گازوئیل	۱۱۷۰۱/۲	۰/۸۷۷	۲۱/۷٦
برق	٤۱۰۲/۷۲	۰/۳۰۷	۷/٦۱
آب	۷۲۵۰/۱٦	۰/۵٤۳	۱۳/٤۷
جمع	۵۳۸۲۲/٤۹	٤/۰۳	۱۰۰

*برآورد میزان ردپا در سطح یک هکتار می‌باشد.

ارزیابی ردپای اکولوژیک کشت خیار

ارزیابی ردپای اکولوژیکی بر حسب مصرف نهاده‌ها برای کشت خیار به صورت جدول ٦ می‌باشد: یافته‌ها نشان می‌دهد که، با توجه به میزان کل انرژی مصرفی به دست آمده، ردپای اکولوژیکی کشت خیار مزرعه ای معادل ۳/۲۳ هکتار جهانی می‌باشد.

$$EF_{cucuber}=\sum_i^9 EF = \left(\frac{43105.98\times 1000\times\left(\frac{0.85\%}{20\times 0.314\% \times 1000000}\right)}{1.8_{tons}}\right)$$

$$EF_{cucuber}=\left(\frac{43105980\times 0.000,0001354}{1.8_{tons}}\right)= 3.23 \text{ gha}$$

نتایج نشان می‌دهد که انرژی حاصل از مصرف کود شیمیایی نیتروژن در این کشت با ۲۲/۹۵ درصد و فاکتور استفاده از سوخت (گازوئیل) با ۲۱/۱۱ درصد و فاکتور آب با ۱٤/۲۷ درصد بیشترین تأثیر را بر ردپای اکولوژیکی دارند (جدول ٦). با توجه به میزان کل انرژی‌های مصرفی در کشت خیار، مدل ردپای اکولوژیکی در این کشت برابر با ۳/۲۳ معادل هکتار جهانی ارزیابی شد. نتایج نشان داد این مقدار بسیار بیشتر از ظرفیت اکولوژیکی زمین مورد استفاده برای تولید خیار در سطح یک هکتار است. در نتیجه تولید خیار از جنبه‌ی اثرات زیست‌محیطی در شرایط ناپایداری قراردارد. به بیان دیگر، این محصول مقدار ۱/٤۳ تن کربن اضافه تولید می‌کند که بیش از ظرفیت یک هکتار زمین انرژی برای جذب آلودگی‌های زیست محیطی می‌باشد. بر این اساس به مساحتی معادل ۰/۷۹ هکتار زمین مولد نیاز خواهد بود تا چالش کاهش ظرفیت زیستی مرتفع شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- ردپای اکولوژیک در کشت خیار

متغیر	انرژی (MJ)	ردپا (gha)*	درصد از کل (٪)
بذر	۰/۹	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۱
نیروکار	۳۵۱۰/۳۶	۰/۲۶۳	۸/۱۴
ماشین آلات	۱۰۰۳/۲	۰/۰۷۵	۳/۳۲
نیتروزن	۹۸۸۷/۹۳	۰/۷۴۱	۲۲/۹۵
فسفر	۸۷۷	۰/۰۶۵	۲/۰۱
پتاس	۴۷۹/۴۵	۰/۰۳۵	۱/۰۷
گوگرد	۸۲/۳۲	۰/۰۰۶	۰/۱۸
میکرو	۲۴۰	۰/۰۱۸	۰/۵۵
دامی	۲۷۹۰	۰/۲۰۹	۶/۴۵
سم	۱۵۷۴/۵	۰/۱۱۸	۳/۶۵
گازوئیل	۹۰۹۴	۰/۶۸۲	۲۱/۱۱
برق	۳۱۴۹/۵۲	۰/۲۳۶	۷/۲
آب	۶۱۵۹/۷۸	۰/۴۶۱	۱۴/۲۷
پلاستیک	۴۲۵۷	۰/۳۱۹	۹/۸۵
جمع	۴۳۱۰۵/۹۸	۳/۲۳	۱۰۰

*برآورد میزان ردپا در سطح یک هکتار می‌باشد.

مقایسه میانگین ردپای اکولوژیک کشت سیب زمینی و خیار

به منظور مقایسه میانگین ردپای اکولوژیک کشت سیب زمینی و خیار در این پژوهش از آزمون تی مستقل استفاده شده است. یافته‌های حاصل از مقایسه میانگین ردپای اکولوژیکی بین دو کشت نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین ردپای اکولوژیک کشت سیب زمین و خیار وجود دارد (جدول ۷). به عبارتی میزان ردپای اکولوژیک کشت سیب زمینی بیشتر از کشت خیار در منطقه بوده و نشان دهنده پایدارتر بودن کشت خیار نسبت به سیب زمینی است.

جدول۷- مقایسه میانگین ردپای اکولوژیک کشت سیب زمینی و خیار

گروه‌ها	میانگین	انحراف معیار	t	sig	سطح اطمینان ۹۵٪	
					Lower	Upper
سیب زمینی	۴/۰۳	۰/۱۷۴	-۲۸/۶۹۵	۰/۰۰۰	-۰/۷۸۷	-۰/۶۸۵
خیار مزرعه	۳/۲۳	۰/۱۳۰	-۲۶/۷۹۶		-۰/۷۹۱	-۰/۶۸۲

*تست لون برای برابری واریانس ها F:۰/۰۴۳ sig:۰/۲۲۳

نتیجه گیری و پیشنهادها

عوامل مختلفی مخاطرات زیست‌محیطی کشاورزی را تشدید می‌کنند که دراین پژوهش از طریق ردپای اکولوژیکی مورد بررسی قرار گرفتند. مصرف بی رویه سوخت (گازوئیل) برای عملیات کشاورزی، بذر، کودها، ماشین آلات فرسوده، آب و سموم شیمیایی مختلف از

www.SID.ir

Archive of SID

جمله مهم‌ترین آن‌ها هستند. به طورکلی، نتایج این تحقیق نشان داد که، برای کشت سیب زمینی مصرف زیاد بذرهای محلی بجای اصلاح شده، گازوئیل و کود (ازت) باعث آلودگی‌های زیست محیطی شده است و همچنین برای کشت خیار مزرعه مصرف بی رویه کودهای شیمیایی، گازوئیل و آب باعث ایجاد آلودگی‌های در این کشت در منطقه مورد مطالعه شده است، کشاورزان نمونه در هر دو کشت برای این باورند که افزایش استفاده هرچه بیشتر نهاده‌ها باعث افزایش تولید (محصول) می‌شود. نتایج حاصل از ارزیابی انرژی‌ها نشان می‌دهد که، مقدار انرژی مورد استفاده در کشت دو محصول سیب زمینی و خیار بسیار بیشتر از ظرفیت اکولوژیکی زمین مورد نیاز برای تولید در واحد سطح (یک هکتار) است. شاخص‌های مورد استفاده در این مطالعه، ردپای اکولوژیکی اثرات زیست‌محیطی کشت سیب زمینی و خیار را ارزیابی نموده و آلودگی‌های ناشی از آن‌ها را تأیید می‌نمایند. به گونه‌ای که تولید سیب زمینی و خیار از جنبه زیست محیطی در شرایط ناپایدار قرار دارند و میزان اثرات زیست‌محیطی در کشت سیب زمینی به مراتب بیشتر از کشت خیار است.

یکی از فاکتورهای مهم که در این مطالعه ردپای چشم گیری از اثرات زیست‌محیطی در هردو کشت از خود نشان داد، مصرف کودهای شیمیایی از جمله کود ازته بود، فلاح پور و همکاران (۲۰۱۲) نادری مهدیی و همکاران (۲۰۱۵)، اصفهانی و همکاران (۲۰۱۷) و دانگ و همکاران (۲۰۱۳) نیز در مطالعات خود به این نتیجه دست یافته‌اند. این در صورتی بود که علاوه بر استفاده زیاد از کودهای ارگانیک هم چنان از کودهای شیمیای در سطح خیلی زیاد استفاده می‌شود. فاکتور مهم دیگر سوخت (گازوئیل) بود که در هر دو محصول استفاده شده و به دلیل کاربرد ادوات مختلف برای شخم مصرف آن در هر دو محصول بالا بود، کشاورزان از ادوات مختلفی مانند گاوآهن، چیزل، کلتیواتور و... استفاده کرده که بعضی از آن‌ها اصلاً ضرورتی نداشته و در کشت سیب زمینی برای برداشت بیشتر از تراکتور رومانی استفاده می‌شود که به خاطر فرسودگی و موضوعات دیگر مصرف سوخت آن قابل توجه بود در این راستا کریشنا (۲۰۰۷)، نادری مهدیی و همکاران (۲۰۱۵)، گان و همکاران (۲۰۱۱) نیز مصرف بی رویه سوخت در نظام های مختلف کشاورزی را یکی از عوامل مهم اثرات زیست محیطی دانسته‌اند. علاوه بر این در کشت سیب زمینی بیشترین انرژی مصرفی مربوط به انرژی بذر (به دلیل عدم استفاده از بذور اصلاح شده) و در کشت خیار انرژی حاصل از کود ازت بیشترین بود. موضوع دیگر در رابطه با مصرف آب بود، برای کشت هر دو محصول کشاورزان با این فرض که محصول آن‌ها افزایش چشم گیری خواهد داشت، از هیچ کوششی برای استفاده هرچه بیشتر از آب جهت آبیاری دریغ ننموده که این خود باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی در هر در دو محصول شده است.

باتوجه به نتایج تحقیق و در جهت کاهش اثرات زیست محیطی کشت دو محصول سیب زمینی و خیار در منطقه راهکارهایی از جمله عدم استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی، استفاده از کودهای سبز و کمپوست جهت تولید، استفاده هوشمندانه و مناسب از کود دامی، استفاده از روش‌های تشویقی برای کنترل استفاده از نهاده‌های مخرب زیست‌محیطی، استفاده از ادوات ترکیبی برای شخم به جای استفاده از ادوات منفرد، نظارت بر مصرف منابع آب از طریق هوشمند کردن چاه‌های آب، کاهش تعداد دفعات آبیاری برای تولید سیب زمینی (کشت رقم‌های زودرس برای کاهش مصرف آب) و خیار که بیش از استاندارد مصرف می‌شود، استفاده از بذرهای اصلاح شده به جای استفاده از بذرهای محلی برای تولید سیب زمینی، آگاهی دادن به کشاورزان از پیامدهای استفاده بی رویه از نهاده‌ها از طریق گسترش برنامه‌های ترویجی، نظارت بر مصرف نهاده‌های مورد استفاده جهت تولید سیب زمینی و خیار با ایجاد تشکل‌های طرفدار محیط زیست در منطقه و استفاده از مشارکت

www.SID.ir

Archive of SID

کشاورزان در برنامه‌ریزی، اجرا و نظارت بر طرح‌های کاهش استفاده از نهاده‌ها به ویژه در تولید سیب زمینی و خیار به منظور کاهش ردپای اکولوژیکی در کشاورزی پیشنهاد می‌گردد.

منابع مورد استفاده

Agostinho F, and Pereira L. 2013. Support Area as an Indicator of Environmental Load: Comparison between Embodied Energy, Ecological Footprint, and Energy accounting Methods. Ecological Indicator, 24: 494 –503.

Akcaoz H, Ozcatalbas O, and Kizilay H. 2009. Analysis of Energy Use for Pomegranate Production in Turkey. Journal of Food, Agriculture and Environment, 7: 475-480.

Anielski M, and Wilson, J. 2010. Environmental Footprinting for Agriculture in Alberta: Literature Review and Analysis. Environmental Stewardship Division of Alberta Agriculture and Rural Development.

Barber AA. 2003. Case study of total energy and carbon indicators for New Zealand arable and outdoor vegetable production. Agricultural Engineering Consultant Agrilink. New Zealand Ltd.

Bareimani F, and Asgarei S. 2010. Determining the Intensity of Environmental Instability in Rural Settlements of Sistan by Multi Criteria Evaluation Model, Geography and Development, 8(19): 127-144. (In Persian).

Canakci M, and Akinci I. 2006. Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. Energy, 31(8-9), 1243-1256.

Carof M, Colomb B, and Aveline A. 2013. A guide for choosing the most appropriate method for multi-criteria assessment of agricultural systems according to decision-makers' expectations. Agricultural Systems, 115: 51-62.

Cerutti A, Beccaro G. L, Bagliani M, Donno D, and Bounous G. 2013. Multifunctional Ecological Footprint Analysis for Assessing Eco-efficiency: A Case Study of Fruit Production Systems in Northern Italy. Journal of Cleaner Production, 40: 108-117.

Crishna N. 2007. Review and Application of the Ecological Footprint: A Case Study of Agricultural Systems in Scotland. A Dissertation Conducted for the Degree of Master of Science, Center for the study of Environmental Change and Sustainability, University of Edinburgh.

Demircan V, Ekinci K, Keener HM, Akbolat D, and Ekinci C. 2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: a case study from Isparta province. Energy Conversion and Management. 47:1761-1769.

Dong G, Mao X, Zhou J, and Zeng A. 2013. Carbon Footprint Accounting and Dynamics and the Driving Forces of Agricultural Production in Zhejiang Province, China. Journal of Ecological Economic, 91: 38–47.

Esengun K, Erdal G, Gunduz O, and Erdal H. 2007. An economic analysis and energy use in stake-tomato production in Tokat province of Turkey. Renew Energy, 32:1873-1881.

Esengun K, Gunduz O, and Erdal G. 2007. Input-output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Conversion and Management, 48:592-598.

Esfahani SMJ, Naderi Mahdei K, Saadi H, and Dourandish A. 2017. Efficiency and Sustainability of Silage Corn Production by Data Envelopment Analysis and Multi-Functional Ecological Footprint: Evidence from Sarayan County, Journal of Agricultural Science and Technology, 19: 1453-1468.(In Persian).

Ewing B, Moore D, Goldfinger S, Oursler A, Reed A, and Wackernagel M. 2010.The Ecological Footprint Atlas 2010. Okland: Global Footprint Network.

Fallahpour F, Aminghafouri A, Behbahani AG, and Bannayan M. 2012. The environmental impact assessment of wheat and barley production by using life cycle assessment (LCA) methodology. Environment, Development and Sustainability, 14(6), 979-992. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

Gan Y, Liang C, Wang X, and McConkey B. 2011. Lowering Carbon Footprint of Durum Wheat by Diversifying Cropping Systems. Field Crops Research, 122: 199–206.

Guzman J, Marrero M, and Arellano A. 2013. Methodology for Determining the Ecological Footprint of the Construction of Residential Buildings in Andalusia (Spain). Ecological Indicator, 25: 239-249.

Hamedan Jihad of Agriculture Organization. 2015. Statistics of Agriculture. Available in: http://hamedan.agri-jahad.ir

Khoramivafa M, Nouri M, Mondani F, and Veisi H. 2016. Evaluation of virtual water, water productivity and ecological footprint in wheat and maize farms in west of Iran: A Case Study of Kouzaran Region, Kermanshah Province, Journal of Water and Sustainable Development, 3(2): 19-26. (In Persian).

Khorramdel S, Abolhassani L, and Rahmati E. 2016. Environmental impacts assessment of saffron agro ecosystems using life cycle assessment methodology: (Case study: Torbat-e Heydarieh and Ghaen counties). Journal of Saffron Research (semi-annual), 4(2): 229-248. (In Persian).

Khosruzzaman S, Asgar MA, Rahman KR, and Akbar S. 2010. Energy intensity and productivity in relation to agriculture-Bangladesh perspective. Journal of Bangladesh Academy of Sciences, 34(1), 59-70.

Kissinger M, and Gottlieb D, 2012. From Global to Place Oriented Hectares: The Case of Israel's Wheat Ecological Footprint and Its Implication for Sustainable Resource Supply. Ecological Indicator, 16: 51–57.

Li XM, Xiao RB, Yuan SH, Chen JA, and Zhou JX. 2010. Urban total ecological footprint forecasting by using radial basis function neural network: A case study of Wuhan city, China. Ecological Indicators, 10(2): 241-248.

Mafakheri S, Veisi H, Noure O, Mahdavi Damghani A. 2016. Environmental impact assessment of strawberry production in two conventional and organic production systems: (Case Study: Kurdistan Province). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 27(2): 197-208. (In Persian).

Mohammadi A, Omid M. 2010. Economic analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied Energy, 87(1):191-196.

Mohammadi A, Rafiee S, Mohtasebi SS, and Rafiee H. 2010. Energy inputs–yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renewable energy, 35(5), 1071-1075.

Naderi Mahdei K, Bahrami A, Aazami M, and Sheklabadi M. 2015. Assessment of Agricultural Farming Systems Sustainability in Hamedan Province Using Ecological Footprint Analysis (Case Study: Irrigated Wheat). Journal of Agricultural Science and Technology, 17:1409-1420.

Ozkan B, Fert C, Karadeniz CF. 2007. Energy and cost analysis for greenhouse and open-field grape production. Energy, 32:1500-1504.

Ozkan B, Kurklu A, Akcaoz H. 2004a. An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. Biomass Bioenergy, 26:189-195.

Ozkan, B, Akcaoz H, and Fert C. 2004. Energy Input–output Analysis in Turkish Agriculture. Renew. Energy, 29: 39-51.

Passeri N, Borucke M, Blasi E, Franco S. and Lazarus E. 2013. The Influence of Farming Technique on Cropland: A New Approach for the Ecological Footprint. Ecological Indicators, 29: 1–5.

Pervanchon F, Bockstaller C, Girardin P. 2002. Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro ecological indicator: the energy indicator. Agricultural Systems, 72:149-172.

Rees WE. 1996. Revisiting carrying capacity: area-based indicators of sustainability. Population and Environment, 17(3): 195-215.

Roudgarmi P, Khorasani N, Monavari SM and Nouri J. 2008. Alternatives evaluation in EIA by spatialmulti-criteria evaluation technique. Journal of Food, Agriculture & Environment, 6(1): 199-205.

Singh H, Mishra D and Nahar N.M. 2002. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in

www.SID.ir

Archive of SID

arid zone India part I. Energy Conversion and Management 43(16): 2275-2286.

Tipi T, Cetin B, and Vardar A. 2009. An Analysis of Energy Use and Input Costs for Wheat Production in Turkey. Journal of Food, Agriculture & Environment, 7(2): 352-356.

Tzilivakis J, Warner DJ. May M., Lewis KA., and Jaggard K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agricultural Systems, 85: 101–119.

Van der Werf HM, and Turunen L. 2008. The environmental impacts of the production of hemp and flax textile yarn. Industrial Crops and Products, 27(1), 1-10.

Wackernagel M, Schulz NB, Deumling D, Linares AC, Jenkins M, Kapos V, and Randers J. 2002. Tracking the ecological overshoot of the human economy. Proceedings of the national Academy of Sciences, 99(14): 9266-9271.

Yarali N, Soltani, A, Jafari A, Mafi Gholami, D Mahmoudi, M. 010. Evaluation of environmental impact of development (EIA) on oshtrankoh protected Area using damage model. Environmental Research, 1:13-22.

Yilmaz I, Akcaoz H, Ozkan B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. Renewable Energy, 30(2):145-55.

Zangeneh M, Omid M, and Akram A. 2010. A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. Energy, 35(7): 2927-2933.

www.SID.ir