بررسی اثرات زیست‌محیطی در تولید چغندرقند و تأثیر نهاده‌های تولید بر عملکرد و نسبت سود به هزینه

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۵، شماره ۴، صفحات ۸۳-۶۷
(زمستان ۱۳۹۸)

شایان فیروزی، محمد غلامی پرشکوهی✉، ایرج رنجبر، داود محمدزمانی
گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران
gholamihassan@yahoo.com ✉ **(مسؤول مکاتبات)**

چکیده هدف از این پژوهش، بررسی و پیش‌بینی میزان عملکرد و نسبت سود به هزینه و اثرات زیست‌محیطی در تولید چغندرقند می‌باشد. برای بررسی اثر ورودی‌ها بر عملکرد و نسبت سود به هزینه از مدل کاب- داگلاس استفاده شد. نتایج نشان داد انرژی نهاده، ستانده، نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی به ترتیب برابر ۴۶۵۶۵ مگاژول در هکتار، ۶۷۱۰۵۰ مگاژول در هکتار، ۱۴/۸ و ۰/۸۸۱ کیلوگرم بر مگاژول بود. نسبت سود به هزینه و بهره‌وری در بهترین حالت به ترتیب ۴/۱۰۲ و ۶۵/۷۱ کیلوگرم بر دلار بود. نرخ بازگشت به مقیاس برای مدل پارامتری انرژی (۱/۷۴) و اقتصادی (۰/۷۷) نشان‌دهنده اثر مثبت افزایش نهاده‌ها بر تولید و نسبت سود به هزینه بود. با افزایش ۱٪ نهاده‌های نیروی انسانی، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، الکتریسیته و بذر به ترتیب به میزان، ۱/۸۴، ۰/۵۹-، ۰/۱۹-، ۰/۱۳ و ۰/۳۹ به عملکرد افزوده یا کاسته شد. با افزایش ۱٪ هزینه‌های ماشین‌آلات، کودهای شیمیایی و بذر به ترتیب به میزان، ۰/۲۳، ۰/۳۹- و ۰/۹۸ به نسبت سود به هزینه افزوده یا کاسته شد. کودها و سموم شیمیایی (بیش از ۹۰٪) بیشترین تأثیرات را بر تقلیل مواد آلی و مسمومیت آب‌های آزاد دارند. الکتریسیته مصرفی نیز با بیش از ۲۰٪ بر تقلیل مواد غیرآلی و نقصان لایه ازن مؤثر بود. بخش اثر مسمومیت آب‌های آزاد و تقلیل مواد آلی، بیشترین بار زیست‌محیطی را به خود اختصاص داده است. مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر ۷۴۵/۷۹ کیلوگرم در هکتار بود. تجزیه و تحلیل پارامترهای خاک و مدیریت صحیح استفاده از ماشین‌های کشاورزی می‌تواند انرژی مصرفی و آلاینده‌های زیست‌محیطی ناشی از تولید را به حداقل برساند.

شناسه مقاله
نوع مقاله: پژوهشی
تاریخ پژوهش: ۱۳۹۸
تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۱۱
تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۱۳

واژه‌های کلیدی
- **بهره‌وری**
- **کاب- داگلاس**
- **گازهای گلخانه‌ای**
- **مدل**
- **نسبت انرژی**

مقدمه آمارها نشان می‌دهند که به‌طور متوسط حدود ۵۰ ٪ شکر مصرفی ایران از محل واردات (شکر سفید یا شکر خام) تأمین می‌گردد، همچنین طی سال‌های اخیر، حدود ۵۲٪ تولید داخلی شکر از نیشکر و مابقی از چغندرقند به دست آمده است. با اینکه میانگین مصرف سرانه شکر در سطح جهان ۲۳ کیلوگرم می‌باشد این شاخص در ایران از میزان استاندارد جهانی فراتر رفته و به ۳۰ کیلوگرم رسیده است.[۷]

چغندرقند با سطح زیر کشت ۱۸۰ هزار هکتار از جمله محصولات مهم زراعی کشور به شمار می‌رود که همواره میزان زیادی از مصرف انرژی را در بین دیگر محصولات به خود اختصاص می‌دهد. از طرف دیگر دلایلی نظیر کمبود آب آبیاری، افزایش هزینه‌های تولید، کم‌بودن قیمت خرید تضمینی و طولانی بودن فصل رشد چغندرقند، باعث شده که در سال‌های اخیر سطح زیر کشت چغندرقند رو به کاهش گذارد و کشاورزان رغبت کمتری به کشت این گیاه داشته باشند.[۲۳] افزایش مصرف نهاده‌های انرژی در تولیدات کشاورزی، منجر به مشکلات متعدد زیست‌محیطی مانند مصرف بیش از حد منابع تجدیدناپذیر انرژی، از بین رفتن تنوع زیستی و آلودگی زیستگاه‌های آبی شده است. سهم کشاورزی در انتشار گازهای گلخانه‌ای حدود ۱۲-۱۰٪ کل انتشارات گازها در جهان می‌باشد.[۹] بر اساس نتایج، در ۱۰۰ سال گذشته میانگین دمای کره‌ی زمین افزایش یافته است. دانشمندان دلیل افزایش دمای زمین را در اثر افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌دانند. بنابراین کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، از اهداف مهم در سامانه‌های تولیدی می باشد. در سامانه‌های کشاورزی نوین نیز، تلاش بر آن است که ضمن کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای، عملکرد تولید افزایش یابد.[۲۴] کاربرد بیش از حد و عدم مدیریت صحیح نهاده‌های کشاورزی همچون کودهای شیمیایی، سموم کشاورزی و سوخت‌های فسیلی همچون گازوئیل، می‌تواند در بروز تاثیرات زیست محیطی مخرب، نقش اساسی داشته باشد، در نتیجه این اتفاق می‌توان به افزایش گرمایش جهانی، کاهش تنوع زیستی و همچنین تنزل کیفیت خاک و هوا اشاره کرد.[۱۶] بررسی‌ها نشان می‌دهد سهم بخش زراعی در انتشار گازهای گلخانه‌ای، ۱۰ الی ۱۲٪ کل گازهای منتشر شده می‌باشد[۱۸] استفاده‌ی بیش ازحد انرژی باعث بروز برخی از مشکلات مربوط به سلامتی انسان و محیط زیست می شود؛ لذا بررسی انتشار آلاینده‌ها در فرآیندهای تولید مواد غذایی امری ضروری به نظر می‌رسد.[۱۰]

ارزیابی چرخه حیات، جنبه‌های زیست محیطی و پیامدهای بالقوه آن را (مانند استفاده از منابع و نتایج زیست‌محیطی ناشی از رهاسازی آلاینده‌ها) در سراسر چرخه حیات صنایع فرآوری کشاورزی از مرحله به‌دست آوردن ماده خام، در طول تولید، استفاده، پایان عملیات و بازیافت تا دفع نهایی را در بر می‌گیرد.[۸] تمامی مطالعه‌های انجام شده در ایران در خصوص ارزیابی چرخه حیات در تولید چغندرقند در استان خراسان بوده و فقط شاخص‌های زیست محیطی برآورد شده است. در پژوهشی، ارزیابی چرخه حیات در تولید چغندرقند در سیستم‌های مختلف در خراسان انجام شده است. نتایج حاکی از برتری زیست محیطی نظام‌های مکانیزه نسبت به سنتی بوده و فرآیند آبیاری، بیشترین نقش را در ایجاد اثرات زیست‌محیطی داشته است. [۲۲] در مطالعه مشابه، گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آلی، بیشترین آلاینده‌های محصول چغندرقند در استان خراسان جنوبی را به خود اختصاص داده است. نتایج ارزیابی نشان داده که اثر تخلیه منابع آبی بیشتر از سایر اثرات، آسیب

می‌رساند و مقدار آن ۰/۰۷۳ به‌دست آمده است.[۱۳]

با توجه به اهمیت تولید چغندرقند در تامین شکر و سایر فرآورده‌های جانبی و به دلیل اهمیت حفاظت از محیط زیست و نیاز به انجام پژوهش‌های بیشتر در زمینه شناسایی و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در راستای رسیدن به اهداف توسعه پایدار، هدف از مطالعه حاضر ارزیابی اثرات زیست‌محیطی با رویکرد چرخه حیات و برآورد انتشار آلاینده‌های منتشرشده با توجه به نهاده‌های ورودی می‌باشد. مرور منابع نیز مشخص نمود که تاکنون اثرات جریان انرژی مصرفی در تولید چغندرقند در استان‌های مورد مطالعه، صورت نگرفته است. این پژوهش سعی دارد تا علاوه بر ارزیابی زیست محیطی، برای بهینه‌سازی و کاهش مصرف انرژی همراه با افزایش کارایی و بهره‌وری انرژی در تولید چغندرقند، نوع و چگونگی مصرف انرژی را به‌صورت علمی، مشخص و مدل‌سازی نماید. همچنین هزینه‌های تولید در بازه زمانی شش ساله بررسی و مدل‌سازی انجام شود.

مواد و روش‌ها جامعه آماری این پژوهش شامل بهره‌بردارانی بودند که در کشت چغندرقند فعال بوده و از چهار استان شامل فارس، خراسان رضوی، اصفهان و خوزستان انتخاب شدند. داده‌های پژوهش مربوط به سال زراعی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ است. در این مطالعه از روش نمونه‌گیری تصادفی استفاده شد. برای پیدا کردن حجم نمونه از رابطه کوکران استفاده شد.[۸] تعداد پرسشنامه مورد مطالعه در استان‌های خراسان رضوی، فارس، خوزستان و اصفهان به ترتیب برابر ۹۶، ۹۲، ۸۵ و ۷۸ نفر تعیین شد.

ابزار جمع‌آوری داده‌ها برای انجام این پژوهش، پرسشنامه بود. قبل و حین تکمیل پرسش‌نامه، در مورد کشت و مسائل مربوط به آنها با صاحب‌نظران مناطق مورد بررسی در سازمان جهاد کشاورزی، مراکز خدمات کشاورزی و تعاونی‌های خدمات کشاورزی و همچنین مهندسین ناظر، مصاحبه‌هایی انجام‌شده و دیدگاه‌ها و نظرات آنان در مورد وضعیت و مسائل کشت، شیوه ارائه خدمات، بازار و سایر مسائل، مورد پرسش قرار گرفت. این نظرات و اطلاعات کمک بسیار بزرگی در جهت تکمیل پرسش‌نامه‌ها بود. پرسشنامه‌ها شامل اطلاعات به شرح ذیل بوده است:

اطلاعات، عملیات‌های مختلف کشاورزی (از خاک‌ورزی تا برداشت) را در برگرفته که شامل نحوه انجام عملیات، مدت زمان انجام عملیات، تعداد نیروی به‌کار رفته، منبع توان، عمر ادوات و تراکتور، میزان سوخت مصرفی جهت عملیات‌های مختلف، ماشین‌های به‌کار رفته در عملیات‌های مختلف، تعداد انجام عملیات‌ها و کارگر مورد نیاز و غیره بوده است.

همچنین، اطلاعاتی از قبیل میزان نهاده‌های به‌کار رفته در مزرعه شامل بذر، انواع کود و انواع سم بوده است.

روش محاسبه شاخص‌های انرژی میزان مصرف سوخت در هکتار، بر اساس اطلاعات طبقه‌بندی شده‌ای که از طریق رانندگان و کشاورزان جمع‌آوری گردید، تعیین شد و با استفاده از جدول‌های موجود در منابع، انرژی معادل سوخت محاسبه شد (جدول ۱). جهت محاسبه انرژی مصرفی نیروی انسانی، تعداد کارگر مورد نیاز در عملیات مختلف و همچنین زمان انجام هر عملیات توسط کشاورز و کارگر مزرعه مشخص گردید و سپس هم ارز انرژی نیروی انسانی را در تعداد نفر ساعت کارگر ضرب نموده و انرژی مصرفی تعیین شد (جدول ۱).[۱۱] برای محاسبه مقدار مصرف انرژی ماشین، ابتدا ساعت‌های عمر مفید ماشین‌ها، وزن ماشین مورد استفاده و مدت زمان کارکرد تعیین شد. سپس با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید.[۲۱]

(۱) انرژی معادل ساخت ×ساعت کارکرد ×(عمر تخمین(h)÷جرم ماشین(kg))= انرژی ماشین

شاخص‌های انرژی شامل بهره خالص انرژی، کارآیی انرژی، بهره‌وری و شدت

انرژی نیز به کمک روابط ۲ تا ۵ محاسبه شد.[۱]

$$N.E.G = E_o - E_i \qquad (۲)$$

$$N.E.G = E_o - E_i \qquad (۲)$$

$$E.R = \frac{E_0}{E_i} \qquad (۳)$$

$$E.P = \frac{Y}{E_i} \qquad (۴)$$

$$E.I = \frac{E_i}{Y} \qquad (۵)$$

که در آن:: E_o: انرژی ستانده (مگاژول)، E_i: انرژی نهاده (مگاژول)، N.E.G: بهره خالص انرژی (مگاژول)، E.R: کارآیی انرژی، E.P: بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)، Y: عملکرد محصول (کیلوگرم)، E.I: شدت انرژی (مگاژول بر کیلوگرم) بودند.

جدول ۱) معادل نهاده‌ها و ستانده‌های کشاورزی

Table 1) Equivalent to agricultural inputs and outputs

Energy	Unit	Energy equivalent ($MJ.unit^{-1}$)	References
***Input* energy**			
Human labor	hr	1.96	[۲۳]
Machinery	kg	62.7	[۲۳]
Tractor	kg	93.61	[۱۱]
Combine	kg	87.63	[۱۱]
Diesel fuel	L	47.8	[۲۳]
Biocides	kg	0.3	[۱۷]
Nitrogen	kg	66.14	[۵]
Phosphate	kg	12.44	[۵]
Potassium	kg	11.15	[۵]
seeds	kg	50	[۲۰]
Electricity	kWh	3.6	[۱۷]
Water	m^3	1.02	[۱۷]
***Output* energy**			
Sugar beet	kg	16.8	[۲۰]

بررسی اقتصادی به منظور بررسی تحلیل‌های اقتصادی، شاخص‌های اقتصادی شامل سود ناخالص، سود خالص، ارزش ناخالص تولید، هزینه کل تولید، نسبت سود به هزینه و بهره‌وری بر اساس رابطه‌های (۶) تا (۱۱) تعیین شد.[۱۹]

(۶) عملکرد محصول ×قیمت محصول =ارزش ناخالص

(۷) (هزینه متغیر -ارزش ناخالص)=سود ناخالص

(۸) (هزینه کل -ارزش ناخالص = سود خالص

(۹) (هزینه جاری + هزینه های ث

(۱۰) (کل هزینه / ارزش ناخالص)

(۱۱) (کل هزینه / عملکرد)= بهره

مدل سازی رابطه انرژی مصرفی و عملکرد تولید

جهت بررسی ارتباط بین انرژی نهاده‌ها و عملکرد محصول از تابع کاب- داگلاس استفاده شده است. انتخاب این تابع از میان فرم‌های تابع خطی، شبه لگاریتمی و تابع چندجمله‌ای، بهتر بودن بر اساس معنی‌داری آماره‌ها و علامت‌های مورد نظر پارامترها می‌باشد. پژوهشگران دیگر نیز از تابع تولید کاب- داگلاس برای بررسی ارتباط میان نهاده‌ها و عملکرد استفاده کردند.[۴،۱۵] تابع تولید کاب- داگلاس را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\ln Y_i = \alpha_o + \sum \alpha_j \ln X_{ij} \qquad (۱۲)$$

در این رابطه Y_i عملکرد i مین کشاورز و X_{ij} بردار انرژی نهاده‌های مصرفی در تولید، α_j ضرایب نهاده‌هاست که توسط مدل برآورد می شود. لازم به ذکر است که برآورد ضرایب در مدل با تکنیک رگرسیون OLS و با نرم‌افزار SPSS انجام شده است.

ارزیابی اثرات چرخه زندگی

تعیین هدف و دامنه در ارزیابی چرخه حیات، تمام فرآیندهای تولید یک محصول از مرحله استخراج مواد اولیه تا دفع پسماندهای باقی‌مانده از مصرف آن محصول (گهواره تا گور) مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل از آن جهت کاهش تأثیرات

مخرب زیست‌محیطی مورداستفاده قرار می‌گیرد.[۸] مرز سامانه در این مطالعه، دروازه‌ی مزرعه (خاکورزی تا برداشت) در نظر گرفته شد. همچنین واحد عملکردی یک مفهوم کلیدی در مطالعات ارزیابی چرخه‌ی زندگی می‌باشد که مقایسه‌ی تولیدات و خدمات مختلف را امکان‌پذیر می‌سازد. واحد عملکردی در پژوهش حاضر بر پایه‌ی جرم می‌باشد و به‌صورت تولید یک تن محصول در طول یک سال زراعی تعیین می‌شود.

تحلیل سیاهه در این مرحله، منابع استفاده شده و انتشار آلاینده‌ها با توجه به واحد عملکردی و مرز سامانه تعیین شد. داده‌های مربوط به منابع استفاده شده در فرآیند تولید، همان داده‌های مربوط به تحلیل انرژی می‌باشد. آلودگی‌های ناشی از مراحل تولید شامل سه دسته انتشار به آب، هوا و خاک می‌باشد. در این مرحله از داده‌های سیاهه، چرخه زندگی پایگاه داده اکواینونت[1] استفاده شد. میزان انتشار آلاینده‌ها به ازای هر مگاژول استحصال انرژی از سوخت دیزل با توجه به منابع برآورد شد. همچنین بخش‌های اثر بهره گرفته شامل تقلیل مواد آلی، تقلیل مواد غیرآلی، پتانسیل گرمایش جهانی، نقصان لایه‌ی ازن، مسمومیت انسان‌ها، مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت خاک، اکسیداسیون فتوشیمیایی، پتانسیل اسیدی شدن و اختناق دریاچه‌ای بودند.[۷]

ارزیابی تأثیر چرخه زندگی در این مرحله اثرات بالقوه ناشی از مصرف منابع محیطی و تولید آلاینده‌ها بر انسان و طبیعت، ارزیابی می‌گردد. در واقع هدف از ارزیابی اثرات چرخه زندگی، تفسیر بیشتر داده‌های سیاهه‌ی چرخه زندگی است. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی با استفاده از نرم‌افزار سیماپرو و بر اساس روش CML 2 baseline 2000 انجام گرفته است.[۷]

نتایج و بحث

انرژی نهاده، ستانده و عملکرد محصول در جدول (۲) انرژی نهاده، انرژی ستانده و عملکرد محصول در استان‌ها و سال‌های مورد مطالعه، نشان داده شده است. کمترین و بیشترین انرژی نهاده در استان اصفهان و خراسان رضوی بود. این مقدار در این استان‌ها به ترتیب برابر ۳۹۶۲۳ و ۵۸۰۷۲ مگاژول در هکتار بود. زاهدی و همکاران این مقدار را در تولید چغندرقند در اصفهان، ۶۱۸۶۲ مگاژول در هکتار برآورد نمودند.[۲۵] سلطان پناهی و همکاران نیز این مقدار انرژی را برای تولید چغندرقند در ایران، ۵۰۶۳۰ مگاژول در هکتار برآورد نمودند.[۲۳] ارادل و همکاران این مقدار را برای تولید چغندرقند در ترکیه، ۳۹۶۸۵ مگاژول در هکتار برآورد نمودند.[۶] تغییرات میزان مصرف سوخت و کود شیمیایی عامل اصلی تفاوت در انرژی نهاده در تحقیقات مشابه بود. کمترین و بیشترین انرژی ستانده در استان خراسان رضوی و خوزستان بود. این مقدار در این استان‌ها به ترتیب برابر ۶۰۴۷۱۵ و ۷۷۵۰۷۵ مگاژول در هکتار بود. زاهدی و همکاران این مقدار را در تولید چغندرقند در اصفهان، ۵۶۳۶۴۵ مگاژول در هکتار برآورد نمودند.[۲۵] *سلطان‌پناهی و همکاران* نیز این مقدار انرژی را برای تولید چغندرقند در ایران، ۴۹۲۹۶۰ مگاژول در هکتار برآورد نمودند.[۲۳]

1- Ecoinvent

جدول ۲) انرژی نهاده، انرژی ستانده و عملکرد محصول

Table 2) Input energy, output energy and product yield

Province	Year	*Input* energy(Mj.ha^{-1})	Yield(kg)	*Output* energy(Mj.ha^{-1})
Razavi Khorasan	89-90	58303	35995	604715
	90-91	58521	35225	591781
	91-92	57903	36550	614041
	92-93	57706	34316	576513
	93-94	57914	37907	636839
	94-95	57967	38657	649443
	Average	58072	35995	604715
Fars	89-90	46343	41997	705555
	90-91	46265	35225	591781
	91-92	46537	41304	693912
	92-93	46994	38448	645922
	93-94	46808	39094	656774
	94-95	46774	44823	753025
	Average	46620	40859	686433
Khuzestan	89-90	41043	46677	784171
	90-91	42040	49025	823623
	91-92	41775	43536	731402
	92-93	43128	44284	743976
	93-94	42561	44660	750295
	94-95	41133	48630	816986
	Average	41946	46135	775075
Isfahan	89-90	39063	39128	657355
	90-91	39212	37437	628937
	91-92	39588	34603	581337
	92-93	39717	35287	592823
	93-94	39963	35995	604713
	94-95	40196	38256	642700
	Average	39623	36784	617977

شاخص‌های انرژی در جدول (۳) شاخص‌های انرژی در استان‌ها و سال‌های مورد مطالعه، نشان داده شده است. بیشترین و کمترین نسبت انرژی در استان خوزستان و خراسان رضوی بود. این مقدار در این استان‌ها به ترتیب برابر ۱۸/۴۸ و ۱۰/۴۱ بود. زاهدی و همکاران این شاخص را در تولید چغندرقند در اصفهان، ۹/۱۱ برآورد نمودند.[۲۵] *سلطان پناهی و همکاران* نیز این مقدار انرژی را برای تولید چغندرقند در ایران، ۹/۷۶ برآورد نمودند.[۲۳]

جدول ۳) شاخص‌های انرژی

Table 3) Energy indices

Province	Year	Energy ratio	Net energy gain ($MJ.ha^{-1}$)	Energy productivity ($kg.MJ^{-1}$)	Specific energy ($MJ.kg^{-1}$)
Razavi Khorasan	89-90	10.37	546412	0.617	1.620
	90-91	10.11	533260	0.602	1.661
	91-92	10.60	556138	0.631	1.584
	92-93	9.99	518807	0.595	1.682
	93-94	11.00	578925	0.655	1.528
	94-95	11.20	591476	0.667	1.500
	Average	10.41	546643	0.620	1.613
Fars	89-90	15.22	659212	0.906	1.103
	90-91	12.79	545516	0.761	1.313
	91-92	14.91	647375	0.888	1.127
	92-93	13.74	598928	0.818	1.222
	93-94	14.03	609966	0.835	1.197
	94-95	16.10	706251	0.958	1.044
	Average	14.72	639813	0.876	1.141
Khuzestan	89-90	19.11	743128	1.137	0.879
	90-91	19.59	781583	1.166	0.858
	91-92	17.51	689627	1.042	0.960
	92-93	17.25	700848	1.027	0.974
	93-94	17.63	707734	1.049	0.953
	94-95	19.86	775853	1.182	0.846
	Average	18.48	733129	1.100	0.909
Isfahan	89-90	16.83	618292	1.002	0.998
	90-91	16.04	589725	0.955	1.047
	91-92	14.68	541749	0.874	1.144
	92-93	14.93	553106	0.888	1.126
	93-94	15.13	564750	0.901	1.110
	94-95	15.99	602504	0.952	1.051
	Average	15.60	578354	0.928	1.077

بیشترین و کمترین بهره خالص انرژی در استان خوزستان و خراسان رضوی بوده است. این مقدار در این استان‌ها به ترتیب برابر ۷۳۳۱۲۹ و ۵۴۶۶۴۳ مگاژول در هکتار بوده است. زاهدی و همکاران این شاخص را در تولید چغندرقند در اصفهان، ۵۰۱۷۸۲/۹ مگاژول بر هکتار برآورد نمودند.[۲۵] سلطان پناهی و همکاران نیز این مقدار انرژی را برای تولید چغندرقند در ایران، ۴۴۲۳۳۵ مگاژول بر هکتار برآورد نمودند.[۲۳]

بیشترین و کمترین بهره‌وری انرژی در استان خوزستان و خراسان رضوی بوده است. مقدار آن در این استان‌ها به ترتیب برابر ۱/۱۰ و ۰/۶۲ کیلوگرم بر مگاژول بوده است. زاهدی و همکاران این شاخص را در تولید چغندرقند در اصفهان، ۰/۵ کیلوگرم بر

مگاژول برآورد نمودند.[۲۵] *سلطان پناهی و همکاران* نیز این مقدار انرژی را برای تولید چغندرقند در ایران، ۰/۵۷ کیلوگرم بر مگاژول برآورد نمودند.[۲۳]

همچنین، کمترین و بیشترین شدت انرژی در استان خوزستان و خراسان رضوی بوده است. این مقدار به ترتیب برابر ۰/۹۰۹ و ۱/۶۱۳ مگاژول بر کیلوگرم بوده است. *زاهدی و همکاران* این شاخص را در تولید چغندرقند در اصفهان، ۲ مگاژول بر کیلوگرم برآورد نمودند.[۲۵] *سلطان پناهی و همکاران* نیز این مقدار انرژی را برای تولید چغندرقند در ایران، ۱/۷۵۴ مگاژول بر کیلوگرم برآورد نمودند.[۲۳]

تحلیل واریانس انرژی ورودی، خروجی و کارایی انرژی در جدول (۴) نتایج تحلیل واریانس انرژی ورودی، خروجی و کارایی انرژی نشان داده شده است. می‌توان گفت بین چهار گروه (استان خوزستان، استان فارس، استان اصفهان و استان خراسان) از لحاظ این مقادیر، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. آزمون تعقیبی LSD نیز نشان داد که کل تفاوت‌های دو به دو نیز معنی‌دار بوده و بهره وری

جدول ۴) تحلیل واریانس انرژی ورودی، خروجی و نسبت انرژی

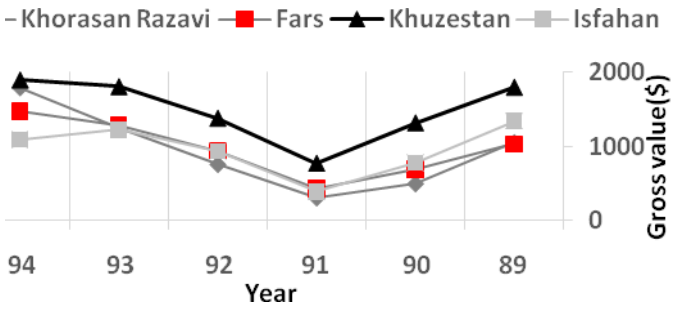
Table 4) Analysis of variance of energy input, output and energy ratio

Source of Variation	d.f	F		
		Input energy	Output energy	Energy ratio
Between groups	3	327.29*	57.35*	1178.57*
Intra-groups	116			
Total	119			

* معنی‌دار در سطح احتمال۵٪ * significant at 5 and 5% probability level

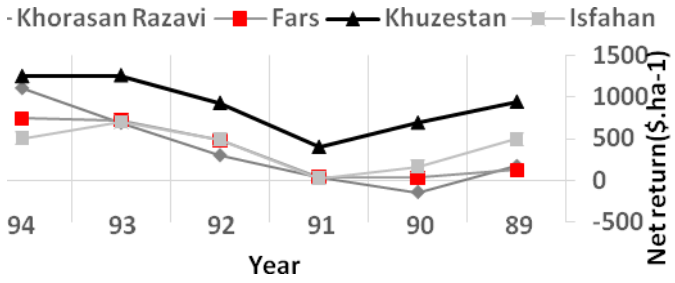
۲۹/۷۶ کیلوگرم بر دلار بوده در سال ۹۱ بوده است. نرخ بهره وری در این مطالعه، بیشتر از پژوهش زاهدی و همکاران می‌باشد.[۲۵] آن‌ها بهره‌وری برای چغندرقند در سال ۹۲ را برابر با ۱۰/۲۷ کیلوگرم بر دلار گزارش کرده‌اند. اصغری پور و همکاران و اردال و همکاران این شاخص را برای تولید محصول چغندرقند، به ترتیب ۱/۱۷ و ۱/۳ گزارش کردند.[۶،۲]

شکل‌های ۱ تا ۴ درآمد ناخالص، درآمد خالص، نسبت سود به هزینه و بهره‌وری برای تولید چغندرقند در استان‌های مختلف را با هم مقایسه می‌کند. درآمد ناخالص در استان خوزستان بیشتر از سایر استان‌های مورد مطالعه بوده است. درآمد ناخالص برای همه استان‌ها با سرعت بیشتری از سال ۹۱ تا ۹۳، رشد داشته است. بیشترین درآمد خالص در تولید چغندرقند برای استان خوزستان است. استان خراسان‌رضوی نیز در سال ۹۴ مقدار بیشتری درآمد خالص به نسبت استان اصفهان و فارس داشته است. نسبت سود به هزینه در استان خوزستان بالاتر از استان فارس، اصفهان و خراسان می باشد. سه استان دیگر یعنی فارس، اصفهان و خراسان از لحاظ نسبت سود و هزینه، بهم نزدیک بودند. نرخ بهره‌وری در استان خوزستان بالاتر از سه استان دیگر است. در سال ۸۹ نرخ بهره‌وری استان اصفهان از استان فارس و خراسان بالاتر بوده است که این فاصله بین این سه استان در سال ۹۰، اندکی کاهش یافته و در سال ۹۱ و ۹۳ به حداقل رسیده است.



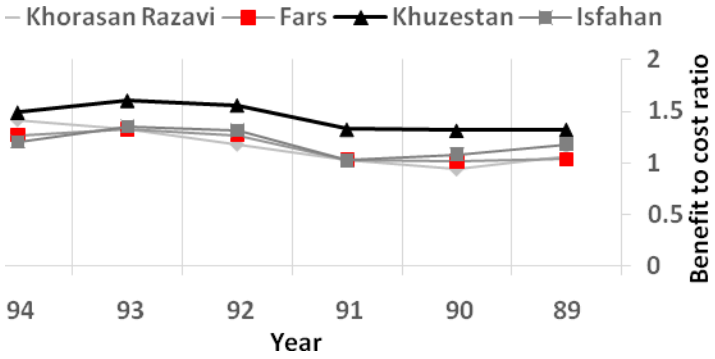
شکل ۱) درآمد ناخالص

Figure 1) Gross value



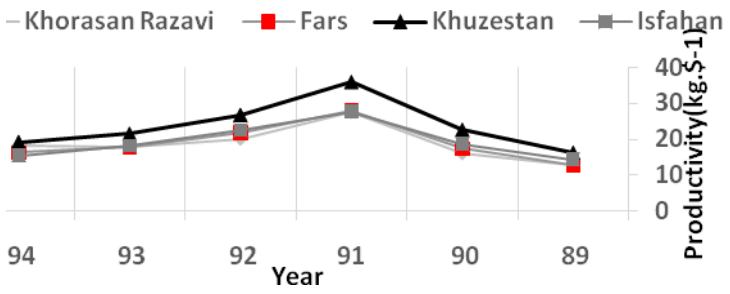
شکل ۲) درآمد خالص

Figure 2) Net return



شکل ۳) نسبت سود به هزینه

Figure 3) Benefit to cost ratio



شکل ۴) نرخ بهره وری

Figure 4) Productivity rate

مدل‌سازی رابطه انرژی مصرفی و عملکرد تولید در فرآیند مدل‌سازی تولید محصولات، رابطه‌ی بین انرژی‌های ورودی و عملکرد توسط تابع کاب- داگلاس تخمین زده شد. عملکرد (متغیر وابسته)، تابعی از انرژی‌های مربوط به نیروی انسانی، ماشین‌آلات، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، آب، الکتریسیته و دانه چغندرقند (متغیرهای مستقل) در نظر گرفته شد. نتایج مدل رگرسیونی در جدول ۵ ارائه شده است. وجود خودهمبستگی نیز با استفاده از آزمون دوربین- واتسون مورد بررسی قرار گرفت. نرخ بازگشت به مقیاس برای انرژی مصرفی چغندرقند (۱/۷۴)، نشان‌دهنده اثر مثبت افزایش نهاده‌ها در منطقه مورد مطالعه بوده است. برای مدل عملکرد اثر نیروی انسانی، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، الکتریسیته و بذرچغندرقند در سطح یک درصد معنی‌دار و اثر باقی نهاده‌ها، معنی‌دار نشدند. این بدان معنی است که با افزایش یک درصدی نهاده‌های نیروی انسانی، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، الکتریسیته و بذر چغندرقند، به ترتیب به میزان، ۱/۸۴، ۰/۵۹، ۰/۱۹-، ۰/۱۳ و ۰/۳۹ به عملکرد افزوده یا کاسته می‌شود. موسوی اول و همکاران، به بررسی مدل انرژی مصرفی برای گیاه کلزا در استان گلستان پرداختند. نتایج آن‌ها نشان که داد تابع کاب- داگلاس به‌عنوان بهترین تابع برای مدل‌سازی با ضریب تبیین ۰/۹۸ و نرخ بازگشت به مقیاس ۰/۹۵ می‌باشد. همچنین آن‌ها گزارش کردند که اثر ماشین‌ها در سطح پنج درصد و اثر نهاده‌های سوخت، کودهای شیمیایی و آب آبیاری در سطح یک درصد بر عملکرد کلزا، معنی‌دار می‌باشد.[۱۴] همچنین پیشگر *کومله و همکاران*، به مدل‌سازی نهاده‌های انرژی بر عملکرد برنج با استفاده از مدل رگرسیونی پرداختند. نتایج آنان نشان داد که نهاده‌های سوخت و ماشین در سطح یک درصد بر عملکرد برنج، اثر معنی‌داری دارد.[۱۸] *محمدشیرازی و همکاران* در پژوهشی مبنی بر تعیین مدل رگرسیونی بین نهاده‌های انرژی و عملکرد نارنگی در استان مازندران، تابع کاب- داگلاس را به‌عنوان بهترین تابع تولید، معرفی نموده و اثر نهاده‌های کود شیمیایی و الکتریسیته را بر تولید نارنگی در سطح یک درصد، معنی‌دار گزارش نمودند.[۱۵]

مدل‌سازی اقتصادی در فرآیند مدل‌سازی تولید محصولات، رابطه‌ی بین هزینه ورودی‌ها و نسبت سود به هزینه، توسط تابع کاب- داگلاس تخمین زده شد. نسبت سود به هزینه (متغیر وابسته)، تابعی از ورودی‌های مربوط به نیروی انسانی، ماشین‌آلات، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، آب، الکتریسیته و دانه چغندرقند (متغیرهای مستقل) در نظر گرفته شده است. نتایج مدل رگرسیونی در جدول (۵) ارائه شده است. وجود خودهمبستگی نیز با استفاده از آزمون دوربین- واتسون بررسی شد. مقدار

دوربین- واتسون برای مدل عملکرد چغندرقند، ۱/۹۷ بوده که نشان‌دهنده عدم وجود خودهمبستگی در سطح ۵ درصد در مدل‌های تخمینی می‌باشد. همچنین ضریب تبیین مدل‌ها (R^2) نیز ۰/۹۷ محاسبه شد. نرخ بازگشت به مقیاس (۰/۷۷)، نشان‌دهنده اثر مثبت افزایش نهاده‌ها بر نسبت سود به هزینه در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. برای مدل نسبت سود به هزینه، اثر ماشین‌آلات (سطح پنج درصد)، کودهای شیمیایی (سطح یک درصد) و بذرچغندرقند (سطح یک درصد) معنی‌دار و اثر باقی نهاده‌ها معنی‌دار نشدند. این بدان معنا است که با افزایش یک درصدی نهاده‌های ماشین‌آلات، کودهای شیمیایی و بذرچغندرقند، به ترتیب به میزان، ۰/۲۳، ۰/۳۹- و ۰/۹۸ به نسبت سود به هزینه افزوده یا کاسته می‌شود. *بناییان و همکاران* نیز اثر معنی‌داری هزینه‌ی کارگری، هزینه‌ی کودهای شیمیایی و هزینه‌ی نصب تجهیزات ثابت را در سطح یک درصد بر شاخص منفعت به هزینه در تولید توت‌فرنگی نشان دادند. ضریب دوربین- واتسون (DW) و ضریب تبیین (R^2) در این پژوهش به ترتیب ۱/۱۷ و ۰/۹۸ به دست آمد که نشان از دقت بالا می‌باشد.[۴]

جدول ۵) مدل پارامتری انرژی و اقتصادی

Table 5) Parametric model of energy and economy

	Energy model				Economy model			
Variables	**Coefficients**	**t ratio**	**P-Value**	**MPP**	**Coefficients**	**t ratio**	**P-Value**	**MPP**
Human labor	**1.84**	**16.38****	**0.003**	**0.44**	**0.93**	**1.19^{ns}**	**0.55**	**0.17**
Machinery	**0.06**	**0.7^{ns}**	**0.46**	**0.14**	**0.23**	**5.92***	**0.02**	**0.33**
Diesel fuel	**-0.59**	**-5.89****	**0.004**	**0.45**	**0.16**	**0.85^{ns}**	**0.18**	**0.86**
Chemical fertilizers	**-0.19**	**-9.48****	**0.001**	**0.12**	**-0.39**	**-1.93****	**0.001**	**0.63**
Chemical toxins	**0.05**	**0.99^{ns}**	**0.78**	**0.43**	**0.11**	**0.76^{ns}**	**0.43**	**0.67**
Water	**0.05**	**1.67^{ns}**	**0.54**	**0.69**	**-0.76**	**-2.5^{ns}**	**0.22**	**0.68**
Electricity	**0.13**	**3.13****	**0.006**	**0.62**	**-0.1**	**-1.73^{ns}**	**0.87**	**0.96**
Beet seeds	**0.39**	**3.12****	**0.001**	**0.84**	**0.98**	**17.18****	**0.009**	**0.97**
Camera-Watson test	**-**	**2.19**	**-**	**-**	**-**	**1.97**	**-**	**-**
R^2	**-**	**0.99**	**-**	**-**	**-**	**0.97**	**-**	**-**
Return to scale	**-**	**1.74**	**-**	**-**	**-**	**0.77**	**-**	**-**

^{ns}،* و**به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and ** non- significant, significant at 5 and 1% probability level, respectively

تجزیه و تحلیل ارزیابی چرخه زندگی شاخص‌های زیست‌محیطی محاسبه شده به ازای یک تن محصول تولیدی، محاسبه شده است. گروه‌های اثر برای شناسایی آلاینده‌های زیست‌محیطی در جدول ۶ برآورد شد. نتایج نشان داد که انتشارات

مسمومیت آب‌های آزاد و تقلیل مواد غیرآلی، بیشترین مقدار را دارند. تقلیل مواد غیرآلی (ADF) با توجه به ورودی در سیستم مورد مطالعه، مربوط به استخراج مواد معدنی و سوخت‌های فسیلی است. اسیدی‌شدن[1] (AC) اثرات گسترده‌ای بر خاک، آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی، موجودات زیستی، اکوسیستم‌ها و مواد مختلف دارد. گرمایش جهانی[2] (GWP) برای بیان سهم سیستم‌های تولید کشاورزی در انتشار گازها که باعث مشکل زیست‌محیطی تغییر آب‌وهوا می‌شود، استفاده می‌شود. سمیت انسانی[3] (HT) ۳۶/۴۷ kg 1,4-DB eq برآورد شد.

شکل (۵)، سهم هر یک از نهاده‌ها در انتشارات زیست‌محیطی را نشان می‌دهد. کودها و سموم شیمیایی (بیش از ۹۰٪) بیشترین تأثیرات را بر تقلیل مواد آلی و مسومیت آب‌های آزاد دارند. انتشارات داخل مزرعه با بیش از ۷۰ درصد بر اثرات اختناق دریاچه‌ای و پتانسیل اسیدی شدن مؤثر است. الکتریسیته مصرفی با بیش از ۲۰٪ بر تقلیل مواد غیرآلی و نقصان لایه ازن مؤثر است. در یک پژوهش، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی محصول نیشکر، نشان داد که بیشترین بارهای محیطی در مزارع پلنت و راتون مربوط به کود نیتروژن، ماشین‌های کشاورزی، سموم شیمیایی و الکتریسیته بوده است. همچنین، بیشترین میزان پتانسیل گرمایش جهانی به ازای یک‌تن محصول تولیدی در مزارع پلنت و راتون به ترتیب برابر با ۱۲۶/۵۱ و ۱۰۳/۹۵ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن برآورده شده است.[۷] در یک مطالعه مشابه، گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آلی، بیشترین آلاینده‌های محصول چغندرقند در استان خراسان جنوبی را داشت. نتایج ارزیابی نشان داد که اثر تخلیه منابع آبی بیشتر از سایر اثرات آسیب می‌رساند و مقدار آن ۰/۰۷۳ به دست آمد.[۱۳]

جدول ۶) شاخص‌های زیست‌محیطی در تولید چغندقند به ازای یک تن

Table 7) Environmental indicators in sugar beet production per ton

Impact categories	Unit	Khuzestan	Fars	Razavi Khorasan	Isfahan	Average
AD	kg Sb eq	0.003	0.007	0.002	0.006	0.001
ADF	MJ	1123.56	1025.85	1142.22	1287.65	1040.23
GWP	kg CO_2 eq	116.47	113.86	115.96	119.42	110.97
OLD	kg CFC-11 eq	0.00000606	0.00000702	0.00000909	0.00000603	0.00000907
HT	kg 1,4-DB eq	29.75	31.40	32.41	36.48	36.47
FE	kg 1,4-DB eq	21.32	19.46	18.39	20.49	16.38
ME	kg 1,4-DB eq	41325.82	49412.32	47485.96	49254.63	48532.68
TE	kg 1,4-DB eq	3.87	4.40	3.22	4.50	4.28
PO	kg C_2H_4 eq	0.04	0.02	0.03	0.07	0.02
AC	kg SO_2 eq	2.87	1.32	2.58	1.89	1.84
EP	kg PO^{-3}_4 eq	0.84	0.98	0.61	0.62	0.68

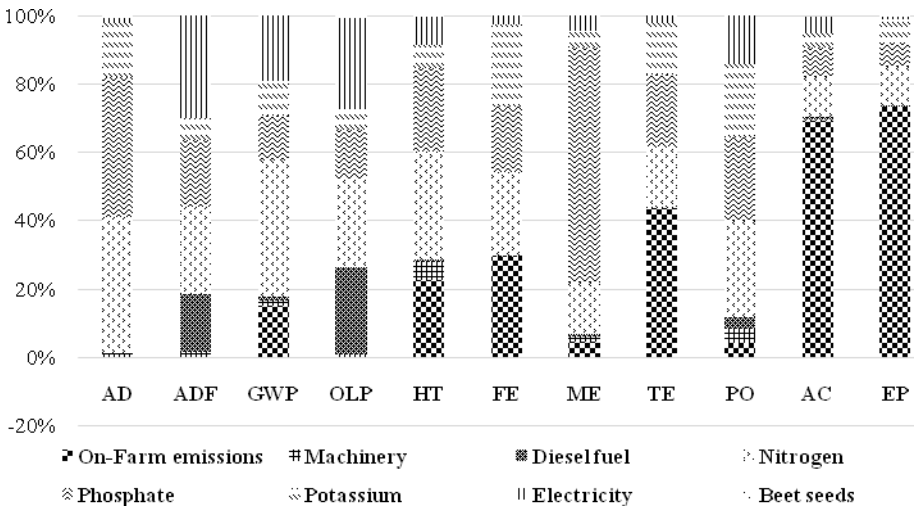
نکته قابل ذکر در مورد کودهای شیمیایی در این است که علاوه بر مدیریت صحیح مصرف این کودها، به نوع ترکیبات موجود در آن‌ها نیز باید توجه ویژه‌ای شود. در برخی از شرایط میزان مصرف کود عامل بالا بودن سطح آلایندگی نبوده و نوع ترکیبات

1- Acidification
2- Global warming potential
3- Human toxicity

به‌کار رفته سبب انتشار بارهای محیطی می‌گردد و تغییر نوع کود در کنار تغییر در میزان مصرف آن می‌تواند این تأثیرات را تا حد قابل توجهی کاهش دهد.

نتایج ارزیابی چرخه زندگی در جدول (۷) نشان داده شده است. انتشار گازهای دیزل، کودهای شیمیایی و نیروی انسانی به آب، هوا و خاک محاسبه شده است. نتایج نشان می‌دهد که مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای به هوا برای کشت چغندرقند ۷۴۵/۷۹ کیلوگرم در هکتار بود. استفاده نادرست از کودهای شیمیایی در کشاورزی منجر به اثرات زیست‌محیطی مانند آلودگی آب، از بین رفتن تنوع ژنتیکی و کاهش کیفیت خاک شده است.[۱۲] انتشار گازها به آب ناشی از کودهایی بود که استفاده می‌شد که مقدار آن، ۳۰/۶۳ کیلوگرم در هکتار بود. به دلیل کاهش شدید عملکرد، امکان عدم استفاده از کودها (به ویژه نیتروژن) وجود ندارد. بنابراین، مدیریت مصرف آن‌ها بسیار مهم است و باید با مطالعه دقیق و نشت کود نیتروژنی از طریق زهکشی، مقدار، زمان و روش کوددهی تعیین شود. استفاده از کودهای آلی و بازگشت بقایای آن‌ها به خاک می‌تواند مصرف کود را تا حدی کاهش دهد.[۳]

نتیجه‌گیری نتایج این مطالعه نشان داد که بخش زیادی از انرژی نهاده‌ها مربوط به کودهای شیمیایی است. کارایی انرژی محاسبه شده از مطالعات قبلی بیشتر بود. نسبت سود به هزینه و بهره‌وری طی این دوره زمانی در بهترین حالت ۱/۴۰۲ و بهره وری ۲۹/۷۶ کیلوگرم بر دلار بود. در فرآیند مدل‌سازی، رابطه‌ی بین انرژی‌های ورودی و عملکرد همچنین رابطه هزینه ورودی‌ها و نسبت سود به هزینه توسط تابع کاب–داگلاس تخمین زده شد. برای مدل عملکرد اثر نیروی انسانی، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، الکتریسیته و بذرچغندرقند در سطح ۱ درصد معنی‌دار و اثر باقی نهاده‌ها معنی‌دار نشدند. برای مدل نسبت سود به هزینه چغندرقند، اثر ماشین‌آلات (سطح ۵٪)، کودهای شیمیایی (سطح ۱٪) و بذرچغندرقند (سطح ۱٪) معنی‌دار و اثر باقی نهاده‌ها معنی‌دار نشدند. مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای به هوا ۷۴۵/۷۹ کیلوگرم در هکتار بود. کودها و سموم شیمیایی (بیش از ۹۰٪) بیشترین تأثیرات را بر تقلیل مواد آلی و مسومیت آب‌های آزاد دارند. الکتریسیته مصرفی با بیش از ۲۰ درصد بر تقلیل مواد غیرآلی و نقصان لایه ازن مؤثر است. انتشارات داخل مزرعه با بیش از ۷۰ درصد بر اثرات اختناق دریاچه‌ای و پتانسیل اسیدی شدن مؤثر است. لذا پیشنهاد می‌گردد تجزیه و تحلیل پارامترهای خاک برای تعیین نیازهای خاک و مدیریت صحیح استفاده از ماشین‌های کشاورزی در دستور کار قرار گیرد تا انرژی مصرفی و آلاینده‌های زیست‌محیطی ناشی از تولید به حداقل برسد. استفاده نادرست از کودهای شیمیایی در کشاورزی منجر به اثرات زیست‌محیطی مانند آلودگی آب، از بین رفتن تنوع ژنتیکی و کاهش کیفیت خاک شده است.



شکل ۵) سهم نهاده‌های مختلف در ایجاد اثرات زیست‌محیطی

Fig 5) Contribution of different inputs to the environmental impacts

جدول ۷) انتشارات مزرعه

Table 7) On-Farm emissions

1. Emissions by diesel fuel to air (kg)		2. Emissions by fertilizers to air (kg)	
(a). Carbon dioxide (CO_2)	731.92	(a). Ammonia (NH_3)	21.65
(b). Sulfur dioxide (SO_2)	0.23	3. Emissions by fertilizers to water (kg)	
(c). Methane (CH_4)	0.03	(a). Nitrate	23.69
(d). Benzene	0.001	(b). Phosphate	6.94
(e). Cadmium (Cd)	0.00000234	4. Emission by N_2O of fertilizers and soil to air (kg)	
(f). Chromium (Cr)	0.0000116	(a). Nitrogen oxides (NOx)	37.45
(g). Copper (Cu)	0.0003	5. Emission by human labor to air (kg)	
(h). Dinitrogen monoxide (N_2O)	0.02	(a). Carbon dioxide (CO_2)	33.39
(i). Nickel (Ni)	0.0000164	6. Emission by heavy metals of fertilizers to soil (mg	
(j). Zink (Zn)	0.0002	(a). Cadmium (Cd)	29920.86
(k). Benzo (a) pyrene	0.00000703	(b). Copper (Cu)	72687.43
(l). Ammonia (NH_3)	0.004	(c). Zink (Zn)	651006.80
(m). Selenium (Se)	0.00000234	(d). Lead (Pb)	1014133.09
(n). PAH (polycyclic hydrocarbons)	0.0007	(e). Nickel (Ni)	69136.88
(o). Hydro carbons (HC, as NMVOC)	0.66	(f). Chromium (Cr)	412727.30
(p). Nitrogen oxides (NOx)	10.41	(g). Mercury (Hg)	265.56
(q). Carbon monoxide (CO)	1.47		
(r). Particulates (b2.5 µm)	1.05		

References

1. Aghaalikhani M, Kazemi-Poshtmasari H, Habibzadeh F (2013) Energy use pattern in rice production: A case study from Mazandaran Province, Iran. Energy Conversion and Management 69: 157-162.
2. Asgharipour MR, 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.
3. Babike IS, Mohamed MA, Terao H, Kato K, Ohta K (2003) Assessment of groundwater contamination by nitrate leaching from intensive vegetable cultivation using geographical information system. Environment International 29:1009-1017.
4. Banaeian N, Omid M, Ahmadi H (2011) Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran Province of Iran. Energy Conversion and Management 52: 1020-1025.
5. Canakci M, Topakci M, Akinci I, Ozmerzi A (2005) Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya Region, Turkey. Energy Convers Manag 46: 655-666.
6. Erdal G, Esengun K, Erdal H, Gunduz I (2007) Energy use and economical analysis of sugar beet production in Takat province of Turkey. Energy 32: 35-41.
7. Kaab A, Sharifi M, Mobli H, Nabavi-Pelesaraei A, Chau K (2019a) Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production. Sci. Total. Environ 664: 1005-1019.
8. Kaab A, Sharifi M, Mobli H, Nabavi-Pelesaraei A, Chau K (2019b) Use of optimization techniques for energy use efficiency and environmental life cycle assessment modification in sugarcane production. Energy 181: 1298-1320.
9. Khoshnevisan B, Rafiee S, Omid M, Yousefi M, Movahedi M (2013) Modelling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Isfahan Province of Iran using artificial neural networks. Energy 52: 333-338.
10. Kouchaki-Penchah H, Sharifi M, Mousazadeh H, Zarea-Hosseinabadi H (2016) Life cycle assessment of medium-density fiberboard manufacturing process in Iran. Journal of Cleaner Production 112: 351-358
11. Kitani O (1999) CIGR handbook of agricultural engineering: energy and biomass engineering. ASAE Publication.
12. Leiva FR, Morris J (2001) Mechanization and sustainability in arable farming in England. Journal of Agriculture Engineering Research 79 (1): 81-90.
13. Mirhaji H, Khojastehpour M, Abbaspour-Fard M, Mahdavi Shahri S (2012) Environmental impact study of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production using life cycle assessment (Case study: South Khorasan region). Journal of Agroecology 4(2): 112-120. [in Persian with English abstract]
14. Mohammadshirazi A, Akram A, Rafiee S, Mousavi-Avval SH, Bagheri Kalhor E (2012) An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield in tangerine production. Renew. Sust. Energy. Rev 16: 4515-4521.
15. Mostashari-Rad F, Ghasemi-Mobtaker H, Taki M, Ghahderijani M, Kaab A, Chau KW, Nabavi-Pelesaraei A (2020) Exergo-environmental damages assessment of horticultural crops using ReCiPe2016 and cumulative energy demand frameworks. Journal of Cleaner Production 278: 123-138.
16. Mousavi-Avval SH, Rafiee S, Jafari A, Mohammadi A (2011) Energy flow modeling and sensitivity analysis of inputs for canola production in Iran. J. Clean. Prod 16: 1464-1470.
17. Ozkan B, Akcaoz H, Karadcniz F (2003) Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. Energy Conversion and Management 44: 46-56.
18. Pishgar-Komleh SH, Sefeedpari P, Rafiee S (2011) Energy and economic analysis of rice production under different farm. Energy 36: 5824-5831.
19. Salehi M, Ebrahimi R, Maleki A, and Ghasemi Mobtaker H (2014) An assessment of energy modeling and input costs for greenhouse button mushroom production in Iran. J. Clean. Prod 64: 377-383.
20. Šarauskis E, Romaneckas K, Kumhála F, Kriaučiūnienė K (2018) Energy use and carbon emission of conventional and organic sugar beet farming. J. Clean. Prod 201: 428-438.
21. Singh JM (2002) On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana. India. Thesis for Master of Science in sustainable energy systems and management, University of Flensburg, Germany.
22. Soltani A, Bazrgar AB, Koochaki AR, Zeinali E, Ghaemi A.R, Hajarpoor A (2015) Life cycle assessment (LCA) of sugar beet production in various production systems in Khorasan. EJCP 8(1): 43-62. [in Persian with English abstract]
23. Soltanpanahi S, Kammard P, Ghaderzadeh H (2013) Analysis of input-output energy use in sugar beet production in Iran. World Applied Sciences Journal 28 (9): 1252-1261.

24. Tzilivakis J, Warner DJ, May M, Lewis KA, Jaggard K (2005) An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agric. Sys 85:101-119.
25. Zahedi M, Eshghizadeh HR, Mondani F (2015) Energy efficiency and productivity in potato and sugar beet production systems in Isfahan Province. Journal of Crop Production and Processing 5(17): 181-191. [in Persian with English abstract]

Investigation of environmental impacts in sugar beet production and the effect of production inputs on yield and profit to cost ratio

Agroecology Journal
Vol. 15 No. 4 (67-83)
(winter, 2020)

Shayan Firozi, Mohammad Gholami Parashkoohi✉, Iraj Ranjbar, Davood Mohammad Zamani
Department of Biosystem Engineering, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran ✉ gholamihassan@yahoo.com **(corresponding author)**

Received: 2 December 2019 **Accepted:** 2 February 2020

Abstract Assessment of energy and environmental pollutants of production process is important in terms of providing solutions to reduce energy consumption and emissions. The purpose of this study was to investigate and predict the yield and profit to cost ratio and environmental effects in sugar beet production to improve energy consumption and reduce global warming. The Cobb-Douglas model was used to investigate the effect of inputs on performance and profit-to-cost ratio. Environmental impact assessment was performed using Simapro software based on CML2 baseline2000 method. The required data were collected through questionnaires and face-to-face interviews with sugar beet growers in Khorasan Razavi, Fars, Khuzestan and Isfahan Provinces. The results showed that with a one percent increase in manpower inputs, diesel fuel, chemical fertilizers, electricity and seeds, the yield was increased or decreased 1.84, -0.59, -0.19, 0.13 and 0.39 percent, respectively. With a one percent increase in the costs of machinery, chemical fertilizers and seeds, 0.23, -0.39 and 0.98 percent were increased or decreased in terms of profit to cost, respectively. Fertilizers and chemical toxins (more than 90%) have the greatest effects on organic matter depletion and open water toxicity. Electricity consumption was also more than 20% effective in reducing inorganic matter and ozone depletion. The effects of open water poisoning and depletion of organic matter had the greatest environmental impact. The total emission of greenhouse gases into the atmosphere was 745.79 kg .ha^{-1}. Analysis of soil parameters and proper management of agricultural machinery use can minimize energy consumption and environmental pollutants from production.

Keywords
- Cobb-Douglas
- energy ratio
- greenhouse gases
- model
- productivity