بوم‌شناسی کاربردی/ سال دوازدهم / شماره اول / بهار ۱۴۰۲/ صفحات ۸۷ تا ۱۰۲

تحلیل انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در نظام های تولید گندم در جنوب ایلام

امیر عزیزپناه[1*] و حمیدرضا شیرخانی[2]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۱)

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی ساختار تولید انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی تولید گندم در مناطق مهران و دهلران انجام گرفت. اطلاعات مربوط به میزان مصرف نهاده‌ها و ستانده‌ها از ۴۰ پرسش‌نامه در منطقه مهران، ۴۵ پرسش‌نامه در منطقه دهلران و مصاحبه حضوری با کشاورزان جمع‌آوری گردید. انرژی معادل نهاده‌ها و ستانده‌ها با استفاده از هم ارز نهاده‌ها محاسبه شد. نتایج نشان داد که کل انرژی مصرفی در این مناطق به‌ترتیب برابر ۶۷۱۵۷/۳ و ۶۸۹۸۸/۴ مگاژول در هکتار و میزان انرژی خروجی برابر ۸۱۸۲۰ و ۹۴۳۹۰ مگاژول در هکتار است. براساس تحلیل اقتصادی، نسبت سود به هزینه در مناطق مهران و دهلران برابر۱/۴۲ و ۱/۵۸ و بهره‌وری اقتصادی تولید به‌ترتیب ۳/۱۷ و ۳/۵۲ کیلوگرم بر ریال می‌باشد. با استفاده از تحلیل تابع کاب- داگلاس، ضریب تعیین (R^2) در منطقه مهران و دهلران به‌ترتیب برابر ۰/۹۳و ۰/۹۶ محاسبه گردید. مقدار انتشار کل گازهای دی اکسید کربن، اکسید نیتروژن و متان حاصل از کشت گندم در مهران به‌ترتیب برابر۱۳۲۸/۷۳ ، ۸۲۲۸/۶۷ و ۳۳/۳۵ کیلوگرم در هکتار و در دهلران به‌ترتیب ۱۴۳۱/۲۶، ۸۵۰۳/۶۷ و ۳۶/۰۸ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. مقدار پتانسیل گرمایش جهانی در منطقه مهران برابر ۹۵۹۰/۷۵ و در منطقه دهلران برابر ۹۹۷۱/۰۱ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار برآوردگردید.

واژه‌های کلیدی: گندم، کارایی انرژی، گرمایش جهانی، هزینه

۱. استادیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.azizpanah@ilam.ac.ir

مقدمه

بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی و به لحاظ محصولات، یکی از بخش‌های مهم راهبردی به حساب می‌آید که افزایش تقاضا برای تولید محصولات کشاورزی را در پی داشته و توجه به محدود بودن منابع طبیعی و شرایط مناسب برای کشاورزی، افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است (۷ و۴۳). بخش کشاورزی به منظور پاسخگویی به نیاز روزافزون غذا برای جمعیت رو به رشد کره زمین و فراهم کردن مواد غذایی و مناسب، این بخش به میزان زیادی وابسته به مصرف انرژی می باشد. توجه به محدودیت منابع طبیعی موجود و اراضی کشاورزی و اثرات سوء ناشی از عدم استفاده نامناسب از منابع مختلف انرژی روی سلامتی انسان و محیط زیست، لزوم بررسی الگوهای مصرف انرژی را در بخش کشاورزی حیاتی ساخته است (۱۲ و۴۳). انرژی امروزه یکی از مهم‌ترین و ارزشمندترین نهاده‌ها در کشاورزی است و با میزان تولید محصولات کشاورزی رابطه مستقیم دارد. امروزه استفاده بی رویه از انرژی باعث افزایش هزینه‌ها، بروز آثار زیست محیطی مانند تخریب ساختمان خاک، آلودگی آب‌های زیرزمینی، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و همچنین به خطر افتادن سلامت عمومی می‌شود (۱۲). در پژوهشی برای تولید آفتابگردان در استان گلستان کارایی انرژی (۴/۵۲)، بهره‌وری انرژی (۰/۱۷) کیلوگرم بر مگاژول بر کیلوگرم و انرژی خالص (۳۳۰۹) مگاژول بر هکتارگزارش شد(۲۵). پژوهشگران در تحقیقی تولید گندم در استان توکات ترکیه را مورد بررسی قرار دادند. همچنین ایشان شاخص‌های بهره‌وری انرژی، نسبت انرژی و نسبت فایده به هزینه تولید گندم را به ترتیب ۱/۵۷، ۲۵/۷۵ کیلوگرم بر مگاژول و ۱/۱۷گزارش نمودند (۱۱). طی تحقیقاتی باغات پسته در ترکیه را مورد مطالعه قرار دادند و مزارع پسته را به دو سطح زیر کشت (۰/۱تا ۱۰ هکتار) و بزرگتر از (۱۰ هکتار) تقسیم‌بندی و گزارش نمودند که میانگین مصرف انرژی در باغات در هر دو سطح زیر کشت به ترتیب ۳۳/ ۲۳۴۵۴و ۲۰۴۷۳/۰۶ مگاژول بر هکتار بود. نتایج ایشان نشان داد راندمان مصرف انرژی در باغات مذکور به ترتیب ۰/۴ و ۰/۴۳ و بهره‌وری انرژی در هر دو گروه ۰/۰۲ کیلوگرم بر مگاژول بود (۲۰). پژوهش‌گران در مطالعه ای انرژی ورودی و انتشار گازهای گلخانه ای تولید یونجه در سیستان ایران بررسی کردند. انرژی ورودی و خروجی کل را به ترتیب برابر ۳۱۳/۵۲ و ۹۶۲/۸۵ گیگاژول برهکتار گزارش کردند و بیشترین سهم انرژی های مصرفی را برق گزارش نمودند (۱). محققین با استفاده از مدل رگرسیون خطی به مدل‌سازی و تحلیل حساسیت نهاده های انرژی و بررسی نشر گازهای گلخانه‌ای در تولید گوجه فرنگی گلخانه‌ای پرداختند. نتایج تابع رگرسیونی کاب داگلاس نشان داد اثر انرژی‌های نیروی کارگری، ماشین‌آلات، آفت‌کش‌ها و الکتریسیته معنی دار بوده و همچنین میزان نشر گازهای گلخانه‌ای در حدود ۴۲۸۱ کیلو گرم دی اکسید کربن بر هکتار تخمین زده شد(۳۵). پژوهشگران به مدل‌سازی و تحلیل حساسیت انرژی نهاده‌های ورودی برای تولید گوجه فرنگی در ترکیه پرداختند، نتایج مدلسازی بیانگر آن بود که اثر تمامی نهادهها به جز بذر بر تولید گوجه فرنگی معنی دار شدند. پژوهشگران به برررسی تأثیر اندازه مزرعه برنج در استان گیلان پرداختند و گزارش نمودند انرژی مصرفی و هزینه‌های ورودی بر واحد سطح، در زمین‌های با مساحت بزرگ تر از یک هکتار، کمتر از زمین‌های کوچکتر از یک هکتار است و نسبت فایده به هزینه در زمینهای با مساحت بزرگتر از یک هکتار بیشتر است (۱۵). محققین به بررسی تولید گندم آبی شهرستان کرمانشاه پرداخته وگزارش نمودند کود نیتروژن با ۲۹ درصد و سوخت دیزل با ۱۲ درصد بیشترین سهم انرژی را دارا بودند (۲۸ و۲). کل انتشارCO2 ، N2O وCH4 در مزارع گندم به‌ترتیب ۱۲۴۸/۱، ۸۵۵/۶ و۱/۶ کیلوگرم در هکتار بود (۱۸). محققین در استان خوزستان پتانسیل گرمایش جهانی تولید گندم و کلزا را بررسی و گزارش نمودند. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در مزارع گندم و کلزا به ترتیب ۱۴۳۸/۵ و ۱۴۶۶ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار و پتانسیل گرمایش

جهانی به‌ترتیب ۱۸۲۲۳ و ۲۲۳۸ تن دی‌اکسیدکربن محاسبه و شاخص پایداری براساس میزان کربن ورودی و خروجی در گندم ۲/۴۵ و در کلزا ۱/۱۷ بود(۱۸). محققین پتانسیل گرمایش جهانی تولید خیار و آفتابگردان را بررسی و گزارش نمودند پتانسیل گرمایش جهانی برای کشت خیار و افتابگردان به ترتیب۸۵۵۴/۹۷ و۲۴۱۷/۴۲ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار محاسبه و مقدار کارایی کربن برای کشت خیار و افتابگردان به ترتیب ۱۰/۷۱ و ۲/۰۶ گزارش نمودند (۴). مهمترین اهداف این تحقیق شامل یک مدل پارامتری برای تولید گندم در مناطق مهران و دهلران است که در این مدل رابطه بین انرژی‌های ورودی با عملکرد تخمین زده شد. همچنین میزان نشر گازهای گلخانه‌ای(Green House Gasses, GHG)، تحلیل شاخص‌های اقتصادی و پتانسیل گرمایش جهانی (Global Warming Potential, GWP) برای تولید گندم در یک هکتار برآورد شد. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

مواد و روش‌ها

استان ایلام به عنوان یکی از مناطق تولید گندم درغرب ایران مطرح هست و حدود ۳۰۰ هزار تن گندم در استان تولید شود و تولید کل کشور حدودا ۱۱/۴ میلیون تن می‌باشد. به همین دلیل این مطالعه به مناطق مهران و دهلران متمرکز گردید. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل ۶۰ عدد پرسش‌نامه از گندم‌کاران و کارشناسان مراکز جهاد کشاورزی و صاحب نظران هر دو شهرستان در سال ۱۴۰۰ جمع‌آوری شد. اطلاعات مورد نیاز از قبیل آماده‌سازی زمین، میزان بذر مصرفی، میزان آب آبیاری، سموم شیمیایی، کودهای مصرفی، نیروی انسانی مورد نیاز و غیره در پرسش‌نامه‌ها درج برابر جدول شماره ۱ درج گردید .برای تعیین تعداد بهره برداران معمولا از رابطه آماری شماره ۱ استفاده گردید (۲۲).

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

در این رابطه، n حجم نمونه، N حجم جامعه، t ضریب اطمینان، S^2 واریانس جامعه و d دقت احتمالی مطلوب است. بر این اساس تعداد پرسش‌نامه در این مطالعه برابر با ۸۵ (تعداد ۴۰ پرسش‌نامه منطقه مهران و ۴۵ پرسش‌نامه برای منطقه دهلران) برآورد گردید. برای محاسبه انرژی مصرفی در تولید، مقدار مصرف هر نهاده در معادل انرژی (مطابق جدول ۱) مربوط به خود ضرب گردید.

شاخص‌های انرژی

برای تعیین روابط بین انرژی ستانده و نهاده، از شاخص‌های انرژی شامل نسبت انرژی، انرژی، نسبت انرژی مواد شیمیایی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی مطابق روابط (جدول ۲) استفاده شد (۳۷ و ۴۴).

پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) از جمع گازهای گلخانه‌ای تولید شده است که به صورت معادل (CO_2) بیان می‌شوند. عمده گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن (CO_2) اکسید نیتروژن (N_2O)، متان (CH_4) (مطابق جدول ۳) می‌باشند، که گاز دی اکسیدکربن، متان و اکسید نیتروژن به دلیل طول عمر بالا و میزان تابش امواج فروسرخ خورشید از مهم ترین گازهای گلخانه‌ای هستند، که در گزارش‌های مربوطه به میزان نشر گازهای گلخانهای نشر این گازها را در نظر گرفته می شود (۲۷).

کل انتشار گازهای گلخانه‌ای معادل کیلوگرم گاز کربن دی اکسید از رابطه (۲) محاسبه گردید (۳۲).

$$\text{میزان گازهای گلخانه‌ای} = \sum GWPi \times M_i \qquad (۲)$$

در این رابطه Mi جرم گازهای منتشر شده(CH_4، N_2O و CO_2) بر حسب کیلوگرم است. کارایی مصرف کربن نیز با استفاده از رابطه (۳) محاسبه گردید (۴۲).

$$\text{نسبت کارایی کربن} = \frac{\text{خروجی عملکرد y (کیلوگرم کربن در هکتار)}}{\text{GWP(کیلوگرم کربن در هکتار)}} \qquad (۳)$$

در رابطه، عملکرد خروجی باید بر اساس معادل کربن بیان شود. محتوای کربن ۰/۴۵ درصد از عملکرد کل در نظر می‌گیرند (۹). در این تحقیق بررسی کربن مصرفی و انتشار

شکل ۱ .موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

جدول ۱. معادل‌های انرژی برای ورودی‌ها و خروجی در تولید گندم

نهاده‌ها	واحد	معادل انرژی(Mj/Unit)	منبع
نیروی انسانی	h	۱/۹۶	(۳۴)
سوخت دیزل	L	۵۶/۳۱	(۱۷)
ماشین‌ها	h	۶۲/۷	(۲۴)
کود دامی	Ton	۰/۳۰۳	(۶)
کود فسفات	kg	۱۲/۴۴	(۴)
کود پتاسیم	kg	۱۱/۱۵	(۳)
کود نیتروژن	kg	۶۶/۱۴	(۲۴)
علف‌کش	kg	۳۳۳/۳۳	(۳۳)
برق	kwh	۱۱/۹۳	(۲۴)
گندم	kg	۱۴/۷	(۱۱)

جدول ۲. شاخص های انرژی در سیستم کشت محصول

شاخص	معادله	واحد	منبع
کارایی انرژی	انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار) / انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)	-	(۴۴)
بهره‌وری انرژی	عملکرد محصول(کیلوگرم بر هکتار) / انرژی ورودی (مگاژول بر هکتار)	کیلوگرم بر مگاژول	(۴۴)
انرژی خالص	انرژی ورودی- انرژی خروجی	مگاژول بر هکتار	(۴)
انرژی فشردگی	انرژی ورودی- انرژی خروجی / کل هزینه اجرای عملیات(ریال بر هکتار)	مگاژول بر ریال	(۲۳)
نسبت انرژی مواد شیمیایی	انرژی نهاده‌های شیمیایی (مگاژول بر هکتار) / انرژی نهاده‌های شیمیایی (مگاژول بر هکتار)	-	(۲۲)

جدول ۳. ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای هر واحد ورودی‌های شیمیایی و پتانسیل گرمایش جهانی آنها در زراعت گندم

نهاده‌های ورودی	CH_4	N_2O	CO_2	منبع
سوخت دیزل (L)	۵/۲	۰/۷	۳۵۶۰	(۳۹)
کود نیتروزن (kg)	۳/۷	۰/۰۳	۳۱۰۰	(۱۲)
کود فسفر (kg)	۱/۸	۰/۰۲	۱۰۰۰	(۱۲)
کود پتاسیم(kg)	۱	۰/۰۱	۷۰۰	(۱۲)
سموم شیمیایی (kg)	۰/۰۱	۰/۰۲	۵۱۰۰	(۱)
برق(kwh)	۰/۰۲	۸/۸۲	۶۱/۲	(۳۷)
پتانسیل گرمایش جهانی (دی اکسیدکربن)	۲۱	۳۱۰	۱	(۱)

میزان گازهای گلخانه‌ای و شاخص پایداری (Stability Index, SI) طبق رابطه(۴) محاسبه شد (۱۸).

$$IS = (C_O - C_I) / C_I \qquad (۴)$$

در این معادله IS شاخص پایداری، C_O میزان کل کربن خروجی شامل دانه، ساقه و ریشه و C_I میزان کل کربن ورودی که نشاندهنده کل محتوای کربن ناشی از ورودی‌های شیمیایی، سوخت و برق می‌باشد. در این معادلات C_O میزان کربن خروجی دانه معادل ۰/۴۵ درصد از عملکرد کل محصول و برای محاسبه در نظر گرفته می‌شود. به منظور تعیین محتوای کربن ورودی (C_I) باید مجموع محتوای دی اکسید کربن نهاده‌های شیمیایی را در نسبت وزن مولکولی کربن به دی اکسیدکربن ۰/۲۷ در نظر گرفته می‌شود. (۹).

تجزیه و تحلیل شاخص‌های اقتصادی

در این تحقیق محاسبه شاخص‌های اقتصادی بر اساس روابط (۵ تا ۹) مطابق انجام گرفت (۶ و ۳۹).

$$GR = GVP - VCP \qquad (۵)$$

$$GVP = CY - CP \qquad (۶)$$

$$NR= GPV - TCP \qquad (۷)$$

$$TCP = VCP - FCP \qquad (۸)$$

$$B\ to\ C = \frac{GVP}{TCP} \qquad (۹)$$

که در آن (Gross Revenue, GR) درآمد ناخالص (ریال در هکتار)، (Gross Value Production, GVP) ارزش ناخالص تولید (ریال در هکتار)، (Variable Costs Production , VCP) هزینه‌های متغیر تولید (ریال در هکتار)، (Crop Yield، CY) عملکرد محصول زراعی (کیلوگرم در هکتار)، (Crop Price , CP) قیمت محصول (ریال در هکتار)، (Net Revenue ،NR) درآمد خالص، (Total Production Costs ،TCP) کل هزینه‌های تولید (ریال در هکتار)، (Fixed Cost Production ،FCP) هزینه‌های ثابت تولید (ریال در هکتار)، (Benefit TO Cost ،B to C) نسبت سود به هزینه می‌باشد. در این تحقیق هزینه‌های متغیر تولید شامل میانگین هزینه نهاده‌های ورودی به مزرعه مانند هزینه انواع کودها، سموم ، نیروی انسانی و اجاره ماشین‌های کشاورزی در نظر گرفته شد. همچنین هزینه‌های ثابت شامل میانگین هزینه اجاره زمین، چاه آب و بیمه سالیانه محصول در نظر گرفته شد.

تحلیل حساسیت انرژی

در این تحقیق برای به‌دست آوردن رابطه مناسب که بتواند مدلی مناسب بین انرژی نهاده‌ها و انرژی خروجی تولید گندم برازش دهد، پارامترهای تابع تولید کاب داگلاس تابع تولید کاب–داگلاس نشان دهنده رابطه بین تبدیل انرژی نهاده‌های ورودی مزرعه به انرژی ستانده محصول می‌باشد. پس تابع تولید در حقیقت بیانگر بیشینه محصولی است که از مصرف نهاده‌های مختلف تولید به‌دست می‌آید و نقش و اهمیت میزان مصرف هر یک از نهاده‌های تولید به تفکیک مشخص می‌شود. بدین منظور

تعیین رابطه بین ورودی‌های انرژی و تولید گندم از روش رگرسیونی تابع تولید کاب داگلاس استفاده و به صورت معادلات (۱۰، ۱۱ و۱۲) استفاده گردید (۳۶ و۴).

$$Y = f(x)\exp(u) \quad (10)$$

$$\ln Y_I = \sum_{(j=1)}^{n} \alpha_J \ln X_{ij} + ei \quad (11)$$

که Y_I نشان‌دهنده عملکرد کشاورز i ام، x_{ij} معرف ورودهای استفاده شده در فرآیند تولید؛ ضرایب رگرسیونی نهاده‌های انرژی ورودی، α_0 و e_i به ترتیب ضرایب ثابت و خطا هستند. به منظور اندازه‌گیری تأثیر عوامل و نهاده‌های تولیدی بر عملکرد محصول از این تابع در قالب معادلهٔ رگرسیون استفاده شد (۴ و ۲۹).

$$\begin{aligned} LNY_1 = {} & \alpha_0 + \alpha_1 \ln x_1 + \alpha_2 \ln x_2 + \alpha_3 \ln x_3 + \alpha_4 \ln x_4 + \\ & \alpha_5 \ln x_5 + \alpha_6 \ln x_6 + \alpha_7 \ln x_7 + \alpha_8 \ln x_8 + \\ & \alpha_9 \ln x_9 + \alpha_{10} \ln x_{10} + e_i \end{aligned} \quad (12)$$

که در آن، xها همان نهاده‌ها یا عوامل تولید مؤثر بر عملکرد گندم هستند و α ها که ضرایب رگرسیونی نهاده‌های تولیدی بکار رفته در تولید گندم وY میزان تولید گندم می‌باشد. ده عامل مؤثر بر تولید محصول که با استفاده از اصول اقتصاد سنجی به منظور برآورد مدل به کار گرفته شده‌اند شامل: نیروی انسانی(X_1)، ماشین‌ها (X_2)، سوخت(X_3)، کود نیتروژن (X_4)، کود فسفر (X_5) ، کود پتاسیم (X_6)، کود دامی (X_7)، آفت‌کش (X_8) ، برق (X_9) و مقدار ثابت α_0 می‌باشند.

در این تحقیق یک متغیر وابسته(Y_1) و تعداد ده متغیر مستقل (x_1 ، x_2 ، x_3 ، x_4 ، x_5 ، x_6 ، x_7 ، x_8 ، x_9) وجود دارد. تابع کاب‌داگلاس ضرایب رگرسیونی نهاده‌ها را تعیین و ضرورت مصرف هر نهاده را مشخص می‌نماید(۱۴). برای تعیین میزان تغییرات نهاده‌های انرژی ورودی در تولید گندم از روش بهره‌وری فیزیکی استفاده شد که از طریق آن تعیین می‌شود با افزایش یک واحد در مصرف هر کدام از نهاده‌های ورودی، با ثابت بودن سایر عوامل تولید، میزان تغییردر عملکرد محصول چه میزان است. مقدار (Marginal Physical Productivity, MPP) از طریق رابطه (۱۳) محاسبه می‌شود (۲۱).

$$Mpp_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(Xj)} \times \alpha j \quad (13)$$

که در آن (Marginal Physical Productivity, MPP) مقدار بهره‌وری فیزیکی مخصول به ازای نهاده jام، (Geometric Mean Yield ,GM(Y)) میانگین هندسی عملکرد محصول در هکتار، و (Geometric Mean ,GM(Xj)) میانگین هندسی انرژی ورودی نهاده j ام می‌باشد.

تابع کاب-داگلاس ضرایب رگرسیونی نهاده‌ها را نشان داده و ضرورت مصرف هریک از آن‌ها را نمایان می‌سازد. محاسبات این تحقیق با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 21 و نرم‌افزار Excel 2010 انجام شد.

نتایج و بحث

جدول (۲) مقدار و انرژی معادل هر یک از نهاده‌ها و عملکرد تولید گندم در مناطق مهران و دهلران را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج این تحقیق در جدول ۴ عملکرد در مزارع گندم در مناطق مهران و دهلران ۳۱۰۰ و ۳۷۰۰ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. میانگین انرژی مصرفی نهاده‌ها به ترتیب برابر ۶۷۱۵۷/۳ و ۶۸۹۸۸/۴ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. بیشترین سهم انرژی از کل انرژی مصرفی مربوط به مصرف برق و کود نیتروژن در منطقه مهران به ترتیب۵۳/۲۹ و ۱۹/۶۹ درصد و در منطقه دهلران به ترتیب ۵۳/۶۱ و ۲۰/۶۲ درصد محاسبه گردید. یوسفی و همکاران (۲۰۱۴a) به بررسی مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای تولید گندم پرداختند و گزارش نمودند کود نیتروژن با ۲۷/۹ و برق با ۲۰ و سوخت دیزل با ۱۹/۱ درصد بیشترین مصرف نهاده ها را داشتند. جدول شماره (۶) مقدار شکل های مختلف انرژی مصرف شده در تولید محصول گندم و شاخص‌های انرژی را نشان می‌دهد. بر این اساس سهم انرژی‌های مستقیم در هر دو منطقه نسبت به انرژی‌های غیرمستقیم بیشتر و تقریباً دو برابر است. همچنین سهم انرژی تجدیدناپذیر نسبت به تجدیدپذیر بسیار بیشتر و تقریباً سه برابر است. مصرف زیاد منابع تجدید ناپذیر ناشی از کودهای شیمیایی بویژه نیتروژن است. یکی از مهم‌ترین نیازهای

جدول ۴. مقادیر انرژی ورودی و خروجی در تولید گندم

نهاده‌ها	دهلران				مهران	
	معادل انرژی در واحد	مقدار در واحد سطح	انرژی (مگاژول بر واحد)	درصد	مقدار در واحد سطح	انرژی (مگاژول بر واحد)	درصد
نیروی انسانی (h)	۱/۹۶	۷۶	۱۴۸/۹۶	۰/۲	۸۰	۱۵۶/۸	۰/۲۲
ماشین‌ها (h)	۶۲/۷	۱۳	۸۱۵/۱	۱/۱۲	۱۲	۷۵۲/۴	۱/۱۸
سوخت دیزل (L)	۵۶/۳۱	۱۱۴	۶۴۱۹/۳۴	۹/۰۵	۱۰۸	۶۰۸۱/۴۸	۹/۰۳
کود نیتروژن (kg)	۶۶/۱۴	۲۱۵	۱۴۲۲۰/۱	۱۹/۱۸	۲۰۰	۱۳۲۲۸	۱۸/۳۲
کود فسفر (kg)	۱۲/۴۴	۱۱۰	۱۳۶۸/۴	۱/۹۸	۹۸	۱۲۱۹/۱۲	۱/۸۱
کود پتاسیم (kg)	۱۱/۴۵	۷۰	۸۰۱/۵	۰/۸۵	۵۰	۵۷۲/۵	۱/۱۶
کود دامی (kg)	۰/۳۰۳	۲۰	۶	–	۵۰۰۰	۱۵۰۰	۲/۲۳
علف‌کش سم (L)	۲۳۸	۲	۴۷۶	۰/۶۸	۱/۵	۳۵۷	۰/۵۳
برق (kwh)	۱۱/۹۸	۸۲۰۰	۵۱۶۶	۵۳/۶۲	۳۰۰۰	۳۵۷۹۰	۵۳/۲۹
بذر مصرفی (kg)	۲۵	۳۱۰	۷۷۵۰	۱۱/۲۳	۳۰۰	۷۵۰۰	۱۱/۱۶
انرژی ورودی	–	–	۶۸۹۸۸/۴	۱۰۰	-	۶۷۱۵۷۳	۱۰۰
گندم (kg)	۱۴/۷	۳۷۰۰	۵۴۳۹۰	۵۷/۶۲	۳۱۰۰	۴۵۵۷۰	۵۵/۶۹
کاه و کلش (kg)	۱۲/۵	۳۲۰۰	۴۰۰۰۰	۴۲/۳۸	۲۹۰۰	۳۶۲۵۰	۴۴/۳۱
انرژی خروجی	–		۹۴۳۹۰	۱۰۰	–	۸۱۸۲۰	۱۰۰

جدول ۵. کل انرژی ورودی و شاخص‌های مصرف انرژی در سیستم های تولید گندم

شاخص	واحد	دهلران		مهران	
		مقدار	درصد	مقدار	درصد
انرژی‌های مستقیم[الف]	$MJ\ ha^{-1}$	۴۳۵۵۱/۳	۶۳/۱۳	۴۲۰۲۸/۲۸	۶۲/۵۸
انرژی‌های غیر مستقیم[ب]	$MJ\ ha^{-1}$	۲۵۴۳۷/۱	۳۴/۷	۲۵۱۲۹/۰۲	۳۵/۷۹
انرژی های تجدیدپذیر[ج]	$MJ\ ha^{-1}$	۷۹۰۴/۹۶	۱۱/۴۶	۹۱۵۶/۰۸	۱۳/۶۳
انرژی های تجدید ناپذیر[د]	$MJ\ ha^{-1}$	۶۱۰۸۳/۴۴	۸۸/۵۴	۵۸۰۰۰/۵	۸۶/۳۷
نسبت انرژی	-	۱/۳۶	-	۱/۲۱	-
بهره وری انرژی	$kg\ MJ^{-1}$	۰/۱	-	۰/۰۸۹	-
شدت انرژی	$MJkg^{-1}$	۱۸/۶۴	-	۲۱/۶۶	-
نسبت انرژی موادشیمیایی	-	۰/۲۴		۰/۲۲	-
انرژی خالص	$MJ\ ha^{-1}$	۲۵۴۰۱/۶	-	۱۴۶۶۲/۷	-

الف) نیروی انسانی، سوخت، برق. ب) ماشین‌ها، کود دامی، کود شیمیایی، سموم، بذر ج) نیروی انسانی، کود دامی، بذر د) ماشین‌ها، سوخت، کود شیمیایی، سموم، برق.

دستیابی به کشاورزی پایدار در کشور ایران، استفاده بیشتر از انرژی های تجدیدپذیر است.

مقادیر انرژی خالص، نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی و شدت انرژی در جدول (۵) محاسبه شده است. بر این اساس کارایی انرژی در مهران برابر ۱/۲۱ و در دهلران برابر۱/۳۶ محاسبه شد که دلیل آن افزایش انرژی خروجی به دلیل عملکرد بیشتر گندم

جدول ۶. تحلیل اقتصادی در سیستم تولید گندم

اجزای هزینه	واحد	دهلران	مهران
عملکرد	$kg\ ha^{-1}$	۳۷۰۰	۳۱۰۰
قیمت واحد	$Rial\ kg^{-1}$	۴۴۶۸۰	۴۴۶۸۰
ارزش ناخالص تولید	$Rial\ ha^{-1}$	۱۶۵۳۱۶۰۰۰	۱۳۸۵۰۸۰۰۰
هزینه‌های متغیر تولید	$Rial\ ha^{-1}$	۷۵۹۹۸۹۰۰	۶۹۸۵۴۶۵۰
هزینه‌های ثابت تولید	$Rial\ ha^{-1}$	۲۹۱۵۹۵۰۰	۲۷۹۹۸۹۰۰
کل هزینه‌های تولید	$Rial\ ha^{-1}$	۱۰۵۱۵۸۴۰۰	۹۷۸۵۳۵۵۰
تولید ناخالص	$Rial\ ha^{-1}$	۸۹۳۱۷۱۰۰	۶۸۶۵۳۳۵۰
تولید خالص	$Rial\ ha^{-1}$	۶۰۱۵۷۶۰۰	۴۰۶۵۴۴۵۰
نسبت سود به هزینه	–	۱/۵۸	۱/۴۲
بهره‌وری اقتصادی	$kg\ Rial^{-1}$	۳/۵۲	۳/۱۷

در منطقه دهلران می‌باشد. بر اساس نتایج جدول (۴) مشاهده می‌شود مصرف کود نیتروژن در دهلران بیشتر از مهران بوده که دلیل آن مصرف تقسیطی کود نیتروژن و دفعات مصرف در مراحل رشد محصول توسط کشاورزان منطقه بود. میزان مصرف کود دامی در مهران برابر ۲/۲۳ درصد و در دهلران خیلی ناچیز و نزدیک به صفر بود. بر اساس جدول (۴) میزان انرژی ورودی در دهلران و مهران به ترتیب برابر ۶۸۹۸۸/۴ و۶۷۱۵۳/۳ مگاژول بر هکتار محاسبه گردید. میزان مصرف کودهای فسفر و پتاسیم در مهران کم‌تر ازدهلران بود.مقدار بهره‌وری انرژی در مهران برابر ۰/۰۸ و در دهلران برابر ۰/۱ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد به این مفهوم که به ازای هر واحد انرژی مصرف شده در مهران ۰/۰۸ و در دهلران ۰/۱ کیلوگرم گندم تولید شد. پژوهشگران کارایی انرژی را ۱/۶۷ و بهره‌وری انرژی در تولید گندم را ۰/۱۱ گزارش کردند (۱۳).

تحلیل اقتصادی تولید گندم

بر اساس نتایج جدول تحلیل (۶) در مزارع گندم در مناطق مهران و دهلران هزینه ناخالص تولید برابر ۱۳۸۵۰۸۰۰۰ و ۱۶۵۳۱۶۰۰۰ ریال بر هکتار، هزینه‌های متغیر در مهران و دهلران برابر ۶۹۸۵۴۶۵۰ و ۷۵۹۹۸۹۰۰ و هزینه کل به ترتیب برابر ۹۷۸۵۳۵۵۰ و ۱۰۵۱۵۸۴۰۰ ریال بر هکتار محاسبه گردید. سهم هزینه‌های متغیر در هر دو منطقه بیشتر از هزینه های ثابت محاسبه گردید که دلیل ان هزینه بذر و حمل و نقل و هزینه بالای کودهای شیمیایی بود. همچنین نسبت سود به هزینه در مناطق مهران و دهلران به ترتیب برابر ۱/۴۲ و ۱/۵۸ بدست آمد، به طور کلی هرچه هزینه‌های ثابت و متغیر در مزارع کاهش و مقدار عملکرد و قیمت واحد محصول افزایشی باشد میزان سود به هزینه افزایش می‌یابد. جدول ۶ تحلیل اقتصادی تولید گندم را نشان می دهد.

مقدار بهره‌وری اقتصادی تولید در مناطق مهران و دهلران برابر ۳/۱۷ و ۳/۵۲ کیلوگرم بر ریال بدست آمد یعنی به ازای هر واحد هزینه در مناطق به ترتیب ۳/۱۷ و ۳/۵۲ کیلوگرم محصول گندم تولید می‌شود. در تحقیقاتی مشابه نسبت سود به هزینه برای پنبه ۰/۸۶ (۴۰)، کتان ۱/۲۴ (۱۰)، کلزا ۲/۰۹ (۳۸)، گندم ۱/۱۷ (۱۱) و طالبی برابر ۱/۶ کیلوگرم بر ریال (۴) گزارش شده است. سود خالص حاصل در مناطق مهران و دهلران برابر ۴۰۶۵۴۴۵۰ و ۶۰۱۵۷۶۰۰ ریال بود که نشان دهنده برخورداری از توجیه اقتصادی نظام تولید گندم آبی بود. جداول شماره (۷ و۸) ضرایب تحلیل حساسیت بین انرژی‌های ورودی و انرژی خروجی در تولید گندم در مناطق را نشان می دهد.

جدول ۷. نتایج تحلیل حساسیت نهاده‌های کشت گندم در شهرستان مهران

Model (1):

$$LNY_1 = \alpha_0 + \alpha_1 \ln x_1 + \alpha_2 \ln x_2 + \alpha_3 \ln x_3 + \alpha_4 \ln x_4 + \alpha_5 \ln x_5 + \alpha_6 \ln x_6 + \alpha_7 \ln x_7 + \alpha_8 \ln x_8 + \alpha_9 \ln x_9 + e_i$$

Items	Coefficient	t-ratio	Mpp
۱- نیروی انسانی	۰/۲۲	۰/۸۳^{ns}	۷/۹۸
۲- ماشین‌ها	۰/۱۷	۱/۸۲^{ns}	۳/۴۸
۳- سوخت دیزل	-۰/۳۳	-۱/۵^{ns}	-۳/۹۷
۴- کود نیتروژن	۰/۸۷	۳/۶**	۳/۰۸
۵- کود فسفر	۰/۴۴	۳/۱*	۱۰/۰۱
۶- کود پتاسیم	۰/۱۱	۰/۷۶^{ns}	۶/۰۵
۷- کود دامی	۰/۱۵	۲/۳۷**	۵/۰۶
۸- سم علف‌کش	-۰/۲۳	-۱/۶۶^{ns}	-۱۲/۳۵
۹- برق	-۰/۱۴	-۱/۵^{ns}	-۲/۸۷
R^2	۰/۹۳	-	
Durbin Watson	۲/۰۸	-	

*، ** به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معناداری را نشان می‌دهند.

جدول ۸. نتایج تحلیل حساسیت نهاده‌های کشت گندم در شهرستان دهلران

Model (1):

$$LNY_1 = \alpha_0 + \alpha_1 \ln x_1 + \alpha_2 \ln x_2 + \alpha_3 \ln x_3 + \alpha_4 \ln x_4 + \alpha_5 \ln x_5 + \alpha_6 \ln x_6 + \alpha_7 \ln x_7 + \alpha_8 \ln x_8 + \alpha_9 \ln x_9 + e_i$$

Items	Coefficient	t-ratio	Mpp
۱-نیروی انسانی	-۰/۳۵	-۲/۱^{ns}	-۸/۶۲
۲-ماشین‌ها	۰/۱۴	۰/۳۸^{ns}	۳/۰۷
۳-سوخت دیزل	۰/۲۴	۲/۳*	۲/۴۵
۴-کود نیتروژن	۰/۳۸	۴/۵**	۸/۹۴
۵-کود فسفر	۰/۳۵	۳/۳۵**	۹/۵۷
۶-کود پتاسیم	۰/۲۷	۳/۸**	۴/۸
۷-کود دامی	-۰/۱۱	-۲۱/۰۸^{ns}	-۴/۶۹
۸- سم علف‌کش	۰/۳۶	۰/۶۳^{ns}	۳/۴۱
۹-برق	۰/۳۴	۰/۷^{ns}	۳/۹۸
R^2	۰/۹۶		
Durbin Watson	۲/۱۲		

*، ** به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معناداری را نشان می‌دهند.

ارتباط بین انرژیهای ورودی و انرژی خروجی در تولید گندم، با تابع کاب- داگلاس تخمین زده شد. در این تابع، انرژی عملکرد محصول گندم خروجی به عنوان متغیر وابسته و توسط توسط متغیرهای مستقل مانند انرژی های مربوط به نیروی انسانی، ماشین‌ها، سوخت دیزل،کودهای شیمیایی، کود حیوان و مواد شیمیایی در نظر گرفته شده است. در بررسی(مدل شماره

۱ (جدول ۷) ضرایب رگرسیونی مربوط به انرژی نیروی انسانی، ماشین‌ها، کود نیتروژن (بیشترین تاثیر)، کودهای فسفر و پتاسیم، آبیاری، کود دامی درای تاثیر مثبت بر روی عملکرد محصول و ضرایب انرژی برق، سموم و سوخت دیزل دارای تاثیر منفی بر روی عملکرد محصول داشتند. از میان انرژی‌های ورودی کود فسفر با (۱۰/۰۱) بیشترین مقدار Mpp را دارا می باشد که نشان می دهد با مصرف ۱ مگاژول افزایش انرژی کود دامی، عملکرد گندم به مقدار ۱۰/۰۱ کیلوگرم بر هکتار افزایش می یابد. تاثیر متغیر کود نیتروژن، در سطح ۱٪ معنی‌دار است. این بدان معنا است که با افزایش یک درصدی این متغیر، به میزان ۰/۸۷ به عملکرد گندم افزوده می‌شود. همچنین در مدل شماره ۲(جدول ۸) ضرایب رگرسیونی مربوط به انرژی ضرایب نهاده‌های نیروی انسانی و کود دامی تاثیر منفی بر روی عملکرد محصول و انرژی سایر نهاده‌ها تاثیر مثبت بر روی عملکرد محصول داشتند. مقادیر آزمون Durbin-Watson برای (مدل ۱ انرژی) و (مدل ۲ انرژی) به ترتیب برابر ۲/۰۸ و ۲/۱۲ محاسبه شد. مقدار ضریب تعیین(R^2) نشان می‌دهد که چه مقدار متغیر وابسته (انرژی عملکرد گندم) می‌تواند توسط متغیرهای مستقل تبیین بشود که مقدار آن برای مدل‌های ۱ و ۲ به ترتیب برابر ۰/۹۳ و ۰/۹۶ محاسبه گردید که هرچه R^2 به ۱ نزدیک‌تر باشد دقت آزمایش بیشتر است. عزیزپناه و فتحی(۲۰۲۱) مقدار R^2 برای تولید گردو را ۰/۹۹ گزارش نمودند(۳). از میان انرژی‌های وردی کود نیتروژن با (۸/۹۴) بیشترین مقدار Mpp را دارا می باشد که نشان می‌دهد با مصرف۱ مگاژول افزایش انرژی کود نیتروژن، عملکرد گندم به مقدار ۸/۹۴ کیلوگرم بر هکتار افزایش می‌یابد.

تحلیل گازهای گلخانه‌ای

مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای دی اکسید کربن، اکسید نیتروژن و متان برای نهاده‌های سوخت فسیلی، کود نیتروژن، کود فسفر، کود پتاسیم، سموم شیمیایی و برق و پتانسیل گرمایش جهانی برای محصول گندم در مناطق منتخب استان ایلام در جداول (۹ و۱۰) نشان داده شده است. بر این اساس مقدار انتشار کل گاز دی‌اکسید کربن، اکسید نیتروژن و متان حاصل از کشت گندم در مهران به ترتیب برابر۱۳۲۸/۷۳، ۲۶/۵۴ و ۱/۵۹ کیلوگرم در هکتار و از کشت گندم در دهلران به ترتیب ۱۴۱۳/۲۶، ۲۷/۴۳ و ۱/۷۲ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد، علت افزایش گاز دی‌اکسید کربن در مزارع به دلیل ضریب بالای انتشار کود نیتروژن ناشی از فرایند تثبیت و تولید نیتروژن در کارخانه نسبت به کودهای فسفر و پتاسیم مصرفی می‌باشد (۳۲). با مقایسه بین میزان انتشار گازهای منتشرشده در هر دو منطقه به دلیل تغییر در میزان مصرف نهاده‌های ورودی به مزارع، میزان انتشار این گازها در دو منطقه با هم متفاوت بود. در مزارع کلزا در خراسان‌شمالی پتانسیل گرمایش جهانی برابر ۲۴۱۳/۳۸ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار محاسبه شد که سهم CO_2 برابر ۵۸ و N2O برابر۴۱ درصد و CH_4 برابر ۱ درصد بود(۵). مجموع انتشار گاز دی اکسید کربن برای تولید گندم در منطقه مهران برابر۱۳۲۸/۷۳ کیلوگرم در هکتار بود که مؤثرترین نهاده‌های تأثیرگذار به ترتیب مصرف نهاده‌های کود نیتروژن ۴۶/۶ درصد، سوخت دیزل ۲۸/۹ درصد و برق با ۱۳/۸ درصد بیشترین منبع انتشار بودند. مجموع انتشار گاز دی اکسید کربن برای تولید در منطقه دهلران مشابه منطقه مهران بود. میزان مقدار کل پتانسیل گرمایش جهانی تولید در منطقه مهران برابر۹۵۹۰/۷۵ و در منطقه دهلران برابر ۹۹۷۱/۰۲ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن در هکتار بود که بایستی با بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها و همچنین مدیریت در اجرای عملیات زراعی در مزارع گندم مصرف سوخت دیزل و برق و کودهای شیمیایی به ویژه کود نیتروژن را به حداقل و در نتیجه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش و شاخص پایداری در کشاورزی را افزایش داد. نتایج تحقیقات انجام شده در زمینه مصرف سوخت در مزارع تولید گندم در گرگان نشان داد مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی ارتباط مستقیم با میزان سوخت مصرفی در مزرعه دارند. بیشترین میزان پتانسیل گرمایش جهانی با میانگین ۲۱۳ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار به بخش

جدول ۹. انتشار گازهای گلخانه‌ای (کیلوگرم در هکتار) نهاده‌های شیمیایی و پتانسیل گرمایش جهانی آنها تولید گندم در مهران

نهاده‌ها	CO_2	N_2O	CH_4	GWP	% of GWP
سوخت دیزل (L)	۳۸۴/۴۸	۰/۰۷۵۶	۰/۵۶۱۴	۴۱۹/۷۱	۴/۳۸
کود نیتروژن (kg)	۶۲۰	۰/۰۰۶	۰/۷۴	۶۳۷/۴	۶/۶۵
کود فسفر (kg)	۹۸	۰/۰۰۲	۰/۱۷۶۴	۱۰۲/۳۱	۱/۰۷
کود پتاسیم (kg)	۳۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۵	۳۶/۲۱	۰/۳۸
علف کش (kg)	۷/۶۵	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۱۵	۷/۶۶	۰/۰۸
برق (kwh)	۱۸۳/۶	۲۶/۴۶	۰/۰۶	۸۳۸۷/۴۶	۸۷/۴۵
کل انتشار گازها	۱۳۲۸/۷۳	۲۶/۵۴	۱/۵۹		۱۰۰
ضریب پتانسیل گرمایش جهانی (معادل‌دی اکسیدکربن)	۱۳۲۸/۷۳	۸۲۲۸/۶۷	۳۳/۳۵		

جدول ۱۰. انتشار گازهای گلخانه‌ای (کیلوگرم در هکتار) نهاده‌های شیمیایی و پتانسیل گرمایش جهانی آنها تولید گندم در دهلران

نهاده‌ها	CO_2	N_2O	CH_4	GWP	% of GWP
سوخت دیزل (L)	۴۰۵/۸۴	۰/۰۷۹۸	۰/۵۹	۴۴۳/۰۳	۴/۴۵
کود نیتروژن (kg)	۶۶۶/۵	۰/۰۰۶۴۵	۰/۷۹	۶۸۵/۲	۶/۸۷
کود فسفر (kg)	۱۱۰	۰/۰۰۲۲	۰/۲	۱۱۴/۸۴	۱/۱۵
کود پتاسیم (kg)	۴۹	۰/۰۰۰۷	۰/۰۷	۵۰/۶۹	۰/۵۱
علف کش (kg)	۱۰/۲	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۲	۱۰/۲۲	۰/۱۱
برق (kwh)	۱۸۹/۷۲	۲۷/۳۴	۰/۰۶	۸۶۶۷/۰۴	۸۶/۹۳
کل انتشار گازها	۱۴۳۱/۲۶	۲۷/۴۳	۱/۷۲		۱۰۰
ضریب پتانسیل گرمایش جهانی (معادل دی اکسیدکربن)	۱۴۳۱/۲۶	۸۵۰۳/۶۶	۳۶/۰۸		

مصرف سوخت عملیات زراعی و کمترین آن با میانگین ۸ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار به بخش حمل و نقل در مزارع اختصاص داشت(۳۰). محققین در تحقیقی در خرمشهر جهت تولید گندم و کلزا بیشترین سهم آلایندگی از پتانسیل گرمایش جهانی مربوط به نهاده برق برای گندم ۷۷/۸ و برای کلزا ۷۲ درصد گزارش نمودند (۱۸). بر اساس تحقیقات به منظور تعیین مقدار بهینه کود نیتروژن مورد نیاز گیاه از مزرعه‌ای به مزرعه دیگر و از منطقه ای به منطقه دیگر و از سالی به سال دیگر متغیر بوده و فرآیندی بسیار پیچیده است، بنابراین یافتن همبستگی مناسب بین نیاز به نیتروژن موجود در خاک با کود مصرفی مورد نیاز، حلقه مفقوده این زنجیره در کشاورزی می‌باشد(۲۶). پژوهشگران تحقیقات مشابهی در زمینه پتانسیل گرمایش جهانی برخی محصولات مورد بررسی وگزارش نمودند میزان کیلوگرم CO_2 در هکتار برای کلزا ۲۰۲۸ (۳۴) برای انار بین ۴۲۹۹ تا ۸۲۶۹ (۱۶) و برای پسته ۵۱۰۰ (۸) برای گندم ۲۳۷۷/۸۶ (۱۹) و برای گردو۲۴۹۶/۵ کیلوگرم CO_2 در هکتار(۳) گزارش شده است. بر اساس نتایج تحقیق (جدول ۹) محتوای کربن گندم در منطقه مهران برابر ۲۷۰۰ و در منطقه دهلران برابر ۳۱۰۵ کیلوگرم کربن در هکتار و محتوای کربن نهاده‌های شیمیایی مصرفی در پتانسیل گرمایش جهانی در منطقه

جدول ۱۱. محتوای کربن و شاخص پایداری سیستم تولید گندم

شاخص	واحد	دهلران	مهران
کربن ورودی	کیلوگرم کربن در هکتار	۲۶۹۲/۱۷	۲۵۸۹/۵
کربن خروجی	کیلوگرم کربن در هکتار	۳۱۰۵	۲۷۰۰
کربن خالص	کیلوگرم کربن در هکتار	۴۱۲/۸۳	۱۱۰/۵
کارایی کربن		۱/۱۵	۱/۰۴
شاخص پایداری		۰/۱۵	۰/۰۴

مهران برابر ۲۵۸۹/۵ و در منطقه دهلران برابر۲۶۹۲/۱۷ کیلوگرم کربن در هکتار به دست آمد.

میزان کربن خالص در منطقه مهران برابر ۱۱۰/۵ و در منطقه دهلران برابر ۴۱۲/۸۳ کیلوگرم کربن در هکتار به دست آمد که به دلیل عملکرد بیشتر محصول در منطقه دهلران نسبت به مهران می‌باشد. میزان کربن خالص به دست آمده در این تحقیق(مطابق جدول ۱۱) برای هر دو منطقه مهران و دهلران کم‌تر از تولید کیلوگرم کربن در هکتار به ترتیب برای تولید سیب‌زمینی کشت بهاره و پاییزه به میزان ۱۳۱۶۳/۲۴ و ۸۱۸۳/۵۷ (۳۱) کیلوگرم کربن در هکتار محاسبه گردید. مقدار کارایی مصرف کربن برای تولید گندم در مناطق مهران و دهلران خیلی به هم نزدیک و به ترتیب ۱/۰۴ و ۱/۱۵ به دست آمد. این نسبت برای تولید ذرت در آمریکا برابر ۵/۳ گزارش شد(۲۴). مقدار شاخص پایداری کربن برای تولید گندم در مناطق مهران و دهلران به ترتیب ۰/۰۴و ۰/۱۵ نزدیک به هم محاسبه شد که نشان دهنده پایداری محیطی کمتر در منطقه دهلران در مقایسه با منطقه مهران می‌باشد، این شاخص برای تولید سیب زمینی کشت بهاره و پاییزه ۱۶/۳۲ و ۱/۴۶ (۳۱) و ۲/۰۵ برای تولید ذرت در استان کرمانشاه گزارش شد(۴۱). بنابراین، به منظور افزایش پایداری کربن در مزارع کشاورزی و همچنین کاهش اثر محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای و گرمایش جهانی، بهینه سازی و اصلاح الگوی مصرف نهاده‌های ورودی شیمیایی و منابع انرژی تجدیدناپذیر، به ویژه در منطقه مهران ضروری است.

نتیجه‌گیری

برنامه‌ریزی و سیاستگذاری‌های مناسب در راستای متعادل نمودن رشد و توسعه اقتصادی، همراه با مصرف مطمئن انرژی و حفاظت از محیط‌زیست، بسیار ضروری است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نهاده‌ها در تابع کاب- داگلاس نشان داد با کاهش مصرف انرژی، به ویژه برای نهاده‌های سوخت دیزل و الکتریسیته و سموم برای منطقه مهران و کود دامی و نیروی انسانی در مزارع گندم منطقه دهلران به دلیل منفی شدن ضرایب رگرسیونی بایستی برنامه‌ریزی جهت بهینه‌سازی مصرف این نهاده‌ها و درنهایت مصرف انرژی صورت بگیرد. با بهینه شدن مصرف نهاده‌های مذکور برای مناطق مهران و دهلران علاوه بر کاهش هزینه‌های تولید و افزایش درآمد کشاورزان، منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و پایداری در کشاورزی می‌شود. ضرایب رگرسیونی منفی نهاده‌های (سوخت دیزل و الکتریسیته و سموم برای منطقه مهران، کود دامی و نیروی انسانی برای منطقه دهلران) باعث تاثیر منفی بر روی متغیر وابسته و یا عملکرد محصول نهایی محصول شده بدین مفهوم که کاربرد بیشتر این نهاده‌ها باعث کاهش عملکرد محصول گندم و افزایش هزینه‌های متغیر می‌گردد. در بخش محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای مقدار پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) معادل دی اکسید کربن در هکتار در منطقه مهران کم‌تر از منطقه دهلران محاسبه گردید که دلیل عمده آن مقدار انتشار کم‌ترگازهای دی اکسید کربن، اکسید نیتروژن و متان بود که ارتباط مستقیم به ویژه با مصرف نهاده‌های شیمیایی دارند. به

طور کلی استفاده کمتر از کود نیتروژن، از دیگر عوامل کاهش میزان انرژی ورودی و کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید محصول در مناطق مهران و دهلران در واحد سطح می‌باشد، با وجود چنین شرایطی به منظور افزایش بهره‌وری تولید محصول ازمهمترین راهکارهای کاهش مصرف انرژی می‌تواند مدیریت مصرف سوخت دیزل و نیز مدیریت مصرف کود نیتروژن باشد در مناطق مورد مطالعه باشد. در این رابطه استفاده از تناوب زراعی مناسب به منظور افزایش حاصلخیزی خاک و عملکرد محصول، بهینه‌مصرف نمودن نهاده‌های شیمیایی (به خصوص کود نیتروژن) بر اساس نیاز واقعی اراضی و مبتنی بر آزمایش تجزیه خاک و می‌تواند سهم قابل توجهی در کاهش مصرف انرژی و کاهش گرمایش جهانی در واحد سطح برای مناطق مهران و دهلران ایفا کند.

سپاسگزاری

نویسندگان از مدیریت محترم جهاد کشاورزی شهرستان مهران و کارشناسان محترم این اداره و همچنین مراتب تشکر صمیمانه خود را از همه عزیزانی که به نوعی در اجرای این تحقیق یاری رسانده اند، اعلام می¬دارند.

منابع مورد استفاده

1. Asgharipour, M.R., Mousavinik, S.M., and Fartout Enayat, F. 2016. Evaluation of energy input and greenhouse gases emissions from alfalfa production in the Sistan region, Iran. *Energy Reports* 2: 135-140.
2. Asgharipoure M.R and Salehi F. 2015. Energy use on Wheat production: a comparative analysis of irrigatedand dry-land Wheat production systems in Kermanshah. *Energy*, 5(1), 1-11.
3. Azizpanah, A, Fathi, R. 2021. Analysis of Energy Structure and Greenhouse Gas Emissions of Walnut Orchards; a Case Study in Ilam Region, *Iranian Journal of Applied Ecology*, 10(36), 33-50.
4. Azizpanah, A., Fathi, R. & Taki, M. 2023. Eco-energy and environmental evaluation of cantaloupe production by life cycle assessment method. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 1854–1870.
5. Babaeian, M., Kheirkhah, M., Ghorbanzadeh, M., Jafarian, M. 2021. Environmental hazards and energy flow in rapeseed agroecosystem Case study: North Khorasan. *Journal of Agricultural Sciences and Sustainable Production*, 31(4), 325-339.
6. Banaeian, N. Zangeneh, M. and Clark, S. 2020. Trends and future directions in crop energy analyses: A Focus on iran. *Sustainability*, 12 (23),10002.
7. Banaeian, N, & Namdari, M. 2011. Effect of ownership on energy use efficiency in watermelon farms–a data envelopment analysis approach. *International Journal of Renewable Energy Research*, *1*(3), 75–82.
8. Bartzas, G., and Komnitsas, K. 2017. Life cycle analysis of pistachio production in Greece. *Science of the Total Environment* 595, 13-24.
9. Bolinder, MA, Janzen HH, Gregorich EG, Angers DA and Vanden Bygaart AJ. 2007. An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118(1), 29–42.
10. Dagistan, E., Akcaoz, H., Demirtas, B., Yilmaz, Y. 200En9, Energy usage and benefit-cost analysis of cotton production in Turkey. *African Journal Agricultural Research*, 4(7): 599-604.
11. Erdal G, Esengun K, Erdal H, Gunduz O. 2007. Energy use and economic analysis of wheat production in Tokat province of Turkey. *Energy.* 13(9), 35-41.
12. Ghasemi Mobtaker. H, Keyhani A, Mohammadi A, Rafiee S, Akram A. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs of barley production in Hamedan Province of Iran. *Agr Ecosyst Environ*. 137(3), 367-372.
13. Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M., Sanjani, S., Anvarkhah, S., Aghel, H. 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. *Applied Energy*, 88(1), 283-288.
14. Hajkova, J. 2007. Cobb- Douglas production function: The case of a converging economy. *Czech Economics and Finance*, 57(9-10), 465-476.
15. Hatirli, VP., Ozkan, B., Fert, C. 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production, *Renewable Energy*, 31(4), 427– 438.
16. Houshyar, E., Mahmoodi-Eshkaftaki, M., and Azadi, H. 2017. Impacts of technological change on energy use efficiency and GHG mitigation of pomegranate: Application of dynamic data envelopment analysis models. *Journal*

of Cleaner Production 162(20), 1180-1191.
17. Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A., and Chau, K. (2019). Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production. *Science of the Total Environment*, 664(10), 1005–1019.
18. Khodaei Joghan, A., Taki, M., Matoorian, H. 2022. Evaluating energy productivity, greenhouse gas emission, global warming potential and sustainability index of wheat and rapeseed agroecosystems in Khorramshahr. *Journal of Agricultural Sciences and Sustainable Production*, 32(1),309-324. (In Persian)
19. Khorramdel, S., Shabahang, J., Ahmadzadeh Ghavidel, R. and Mollafilabi, A. 2018. evaluation of carbon sequestration and global warming potential of wheat in khorasan razavi province. *Agritech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM* ,38(3): 330-336.
20. Külekçi M, Aksoy A. 2013; Inpout-Output energy analysis in pistachio production of turkey. *Environ Prog Sustain Energy*. 32(1), 128-133.
21. Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change, *Geoderma*. 123, 1-22.
22. Mohammadi, A., Tabatabaeefar, A., Shahin, S., Rafiee, S., Keyhani, A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran, a case study: Ardabil province. Energy Conversation and Managegment, 49(12), 3566-3570.
23. Mohammadi, A. Omid, M . 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Appl. Energy*, 87(1), 191–196.
24. Mostashari-Rad, F., Nabavi-Pelesaraei, A., Soheilifard, F., Hosseini-Fashami, F., & Chau, K. (2019). Energy optimization and greenhouse gas emissions mitigation for agricultural and horticultural systems in Northern Iran. *Energy*, 186(1), 115845.
25. Mousavi Avval, S. H., Rafiee, S. Jafari, A, Mohammadi A. 2011. Improving energy productivity of sunflower production using data envelopment analysis (DEA) approach. Journal of the Science of Food and Agriculture. 91(10):1885-92.
26. Omid, M, Ghojabeige, F, Delshad, M., and Ahmadi, H. 2011. Energy use pattern and benchmarking of selected greenhouses in Iran using data envelopment analysis. *Energy Conversion and Management*, *52*(1), 153–162.
27. Omidmehr, Z. 2019. 'Comparison of Energy Productivity and Global Warming Potential in Rain-fed Sunflower (Helianthus annuus L.) Production Systems', *Journal Of Agroecology*, 11(2), 739-755.
28. Pishgar-Komleh, S. H., P. Sefeedpari, and Rafiee. S. 2011. Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. *Energy* 36, 5824-5831.
29. Raheli, H.; Rezaei, R.M.; Jadidi, M.R.; Mobtaker. 2017. H.G. A two-stage DEA model to evaluate sustainability and energy efficiency of tomato production. *Inf. Process. Agriculture*. 4, 342–350.
30. Rajabi, M. H., Zeinali and E., Soltani, E. 2012. Evaluation of energy use in wheat production in Gorgan. *Journal of Plant Production Research*, 19(3),143-171.
31. Shahhoseini, H. and kazemi, H. 2021 Economic analysis and evaluating the sustainability of potato production based on greenhouse gas emissions (case study: golestan province). *Journal of Agricultural Sciences and Sustainable Production*, 31(3), 295-311 (in Fars).
32. Snyder, C, Bruulsema, T, Jensen, T, and Fixen, P. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133, 247-266.
33. Soltanali H, Nikkhah, A, and Rohani, A.2017. Energy audit of Iranian kiwifruit production using intelligent systems. *Energy*,139,646–54.
34. Soltanali, H., Emadi., B., Rohani. A., Khojastehpour, M. and Nikkhah, A. 2016. Optimization of energy consumption in milk production units through integration of data envelopment analysis approach and sensitivity analysis. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 6(1), 15-23. (in Persian).
35. Taki, M, Abdi, R., Akbarpour, M., Mobtaker, HG. 2013. Energy inputs-yield relationship and sensitivity analysis for tomato greenhouse production in Iran, *CIGR Journal*, 15(1), 59 – 67.
36. Troujeni, M.E. Khojastehpour, M. Vahedi and A. Emadi, B. 2018 .Sensitivity analysis of energy inputs and economic evaluation of pomegranate production in Iran. *Inf. Process. Agriculture*, 5(1), 114–123.
37. Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., and Jaggard, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in wheat(Beta vulgaris) production in the UK. *Agriculture System* 85(2), 101-119.
38. Unakitan, G. Hurma, H. Yilmaz, F., 2010. An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey, *Energy*, 35(9): 3623-3627.
39. Unakıtan, G., & Aydın, B. 2018. A comparison of energy use efficiency and economic analysis of wheat and sunflower production in Turkey: A case study in Thrace Region. *Energy*, *149*, 279–285.
40. Yilmaz, I., Akcaoz, H., Ozkan, B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. *Renewable Energy*, 30(2), 145-155.

41. Yousefi, M., Khoramivafa, M,. Khoramivafa, M. and Mondani, F. 2014a. Integrated evaluation of energy use, greenhouse gas emissions and global warming potential for wheat (*Beta vulgaris*) agroecosystems in Iran. *Atmospheric environment, 92*, 501-505.
42. Yousefi, M. Damghani, A.M. and Khoramivafa, M. 2014b. Energy consumption, greenhouse gas emissions and assessment of sustainability index in corn agroecosystems of Iran. *Science of the total environment*, 493, 330–335.
43. Zangeneh. M, Omid M, and Akram A. 2010. A comparative study on energy use and cost analysis of potato3. production under different technologies in Hamadan province of Iran. *Energy*. 35(7), 2927-2933
44. Ziaei, S.M.; Mazloumzadeh, S.M., and Jabbary, M. A.2015. Comparison of energy use and productivity of wheat and barley (case study). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 14(1): 19–25.

Energy Analysis and Global Warming Potential in Wheat Production Systems in South of Ilam

A. Azizpanah[1*] and H. R. Shirkhani[2]

(Received: April 16-2022; Accepted: September 02-2023)

Abstract

This study aimed the investigating the structure of energy production and the global warming potential of wheat production in Mehran and Dehloran regions. Information about the consumption of inputs and outputs was collected through questionnaires and interviews with local farmers. The results of the research showed that the total energy consumptions in these areas were equal to 6715.3and 68988.4 MJ/ha, and the energy outputs were calculated as 81820 and 94390 MJ/ha, respectively. Economic analysis showed that the profit-to-cost ratios in Mehran and Dehloran regions were equal to 1.42 and 1.58, and the economic productivity of productions were 3.17 and 3.52 kg /Rial, respectively. Based on the Cobb-Douglas function, the coefficients of determination (R^2) in Mehran and Dehloran regions were 0.93 and 0.96 respectively. The amount of total emissions of carbon dioxide, nitrogen oxide and methane from wheat cultivation in Mehran was 1328.73, 8228.67 and 33.35 kg/ha, respectively, and in Dehloran was equal to 1431.26, 8503.67 and 36.08 kg/ha, respectively. The global warming potential value of production in Mehran region was at about 9590.75 and in Dehloran region equaled to 9971.01 kg equivalent of carbon dioxide per hectare.

Keywords: Wheat, energy efficiency, global warming, cost.

1. Assistant Professor, Department of Biosystem Mechanics, Faculty of Agriculture, Ilam University,Ilam, Iran.
2. Master's degree in Biosystem Mechanics Department, Faculty of Agriculture, Ilam University,Ilam, Iran.
*: Corresponding Author, Email: a.azizpanah@ilam.ac.ir