مدل‌سازی نهاده‌های انرژی و بررسی نشر کربن دی اکسید برای تولید هندوانه در استان گیلان

اشکان نبوی پله سرائی[۱*]، رضا عبدی[۲] و شاهین رفیعی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی ، دانشگاه تبریز،
ashkan.nabavi91@ms.tabrizu.ac.ir
۲- استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران

چکیده

به‌منظور تعیین الگوی مصرف، مدل‌سازی انرژی مصرفی و بررسی نشر کربن دی اکسید برای تولید هندوانه، پژوهشی در سال ۱۳۹۲ در شهرستان لنگرود استان گیلان، انجام پذیرفت. میزان کل انرژی مصرفی و عملکرد هندوانه به ترتیب ۴۰۲۲۸/۹۸ مگاژول و ۲۷۳۴۸/۷۵ کیلوگرم بر هکتار به‌دست آمد. همچنین نتایج نشان دادند که نیتروژن، سوخت و الکتریسیته بالاترین سهم در مصرف انرژی برای تولید هندوانه در منطقه را دربر داشتند. در این پژوهش مدل‌سازی انرژی مصرفی با استفاده از تابع کاب- داگلاس انجام شد و نتایج آن نشان داد که از میان نهاده‌های انرژی، اثر تمامی آن‌ها بر عملکرد به جزء ماشین‌آلات و کود دامی در سطح ۱٪ معنی‌دار گردید. علاوه بر این با استفاده از روش بهره‌وری فیزیکی نهایی (MPP)، تحلیل حساسیت نهاده‌های انرژی بر عملکرد هندوانه محاسبه شد. نتایج تحلیل حساسیت حاکی بر آن بود که انرژی‌های نیروی کارگری و بذر به ترتیب بالاترین تأثیر در عملکرد هندوانه را در برداشتند. در نهایت میزان نشر گازهای گلخانه‌ای بر اساس انتشار کربن دی اکسید در هکتار یافت شد و نتایج آن نشان داد میزان کل نشر کربن دی اکسید برای تولید هندوانه ۱۰۱۴/۹۶ کیلوگرم کربن دی اکسید بر هکتار بوده که نیتروژن (۵۴/۲۳٪)، سوخت (۱۶/۷۳٪) و الکتریسیته (۱۵/۴۵٪) در میان کل نهاده‌ها بالاترین سهم نشر را به خود اختصاص دادند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل حساسیت، کربن دی اکسید، مدل‌سازی انرژی و هندوانه

مقدمه

استفاده کارآمد از انرژی نهاده‌ها باعث دستیابی به افزایش بهره‌وری، کمک به اقتصاد، سودآوری و رقابت پایدار جوامع روستایی می‌شود (Canakci *et al.*, 2006). انرژی مصرفی در واحد سطح در کشاورزی مستقیماً وابسته به بهبود تکنولوژی در مزارع و سطح تولید است. ورودی‌هایی از قبیل سوخت، الکتریسیته، ماشین، بذر، کود و سموم سهم معنی‌داری از منابع انرژی در سیستم تولید کشاورزی مدرن دارند. استفاده بی‌رویه از نهاده‌ها در کشاورزی و دسترسی به انرژی فسیلی فراوان به علت بالا رفتن تولید غذا و استانداردهای زندگی ایجاد شده است. به‌هرحال بسیاری از مشکلات در تولیدات کشاورزی عمدتاً در نتیجه سطح بالای وابستگی به انرژی فسیلی است. در قرن اخیر افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی و به تبع آن افزایش اثرات مضر آنها بر

محیط‌زیست، مشکلات عدیده‌ای را برای بشر ایجاد نموده، که از جمله آن‌ها می‌توان به نشر گازهای گلخانه‌ای، پدیده گرمایش جهانی زمین و اتمام منابع فسیلی اشاره نمود. علل اصلی افزایش گرمای زمین نشر کربن دی اکسید بوده که محصول سوخت‌های آلی و سایر مواد شیمیایی است (Houghton, 1989). کشاورزی نیز از این موضوع مستثنا نبوده، زیرا مواد شیمیایی و سوخت‌های فسیلی در سنوات اخیر نقش به سزایی را در انجام عملیات زراعی دربر گرفته‌اند. ایجاد یک مدل بین نهاده‌های انرژی و خروجی اطلاعات مفیدی از تأثیر هر یک از نهاده‌ها بر عملکرد محصولات در اختیار ما قرار خواهد داد (Mousavi-Avval *et al.*, 2011).

یکی از پرکاربردترین روش‌های آماری در علوم مختلف، اجرای روش مدل رگرسیونی برای تعیین رابطه‌ی بین یک متغیر وابسته (خروجی) با یک یا چند متغیر مستقل (ورودی‌ها) می‌باشد. متغیر وابسته، پاسخ و متغیرهای مستقل، متغیرهای توضیحی نیز نامیده می‌شوند. به عبارتی بین ورودی‌ها و خروجی نوعی تابع تولید برقرار می‌شود، شکل ریاضی تابع تولید به‌صورت زیر است:

$$Y = f(X_1, X_2, ...) \quad (۱)$$

که رابطه‌ی (۱)، Y میزان انرژی خروجی و $(X_1, X_2, \ldots)$ میزان منابع و عوامل تولید را نشان می‌دهند (Mobtaker *et al.*, 2012).

گرچه در زمینه‌های نشر گازهای گلخانه‌ای در کشت محصولات، پژوهش‌های صورت گرفته چندان گسترده نبوده، اما مطالعات بسیاری بر روی بررسی روند مصرف انرژی و مدل‌سازی آن برای محصولات متنوع باغی و زراعی در ایران و نقاط مختلف دنیا صورت پذیرفته است. که در ذیل به برخی از آن‌ها اشاره خواهیم کرد:

محققان در ایالت پنجاب هندوستان به مدل‌سازی و تحلیل حساسیت انرژی‌های ورودی برای تولید گندم پرداختند، بدین منظور از تابع کاب- داگلاس و روش MPP[۱] استفاده شد. که نتایج آن‌ها نشان داد کودهای شیمیایی، سوخت دیزل و سموم شیمیایی موثرترین و حساس‌ترین نهاده‌ها برای تولید گندم معرفی شدند (Singh *et al.*, 2004).

در پژوهشی انرژی مصرفی نهاده‌ها برای تولید هندوانه در استان همدان مورد بررسی قرار داده‌شده و سپس اثر مالکیت بر روی بهره‌وری انرژی مصرفی در آن مورد ارزیابی قرار گرفت (Banaeian and Namdari, 2011).

در مطالعه‌ای مدل‌سازی نهاده‌های انرژی و نشر کربن دی اکسید برای تولید سیب‌زمینی استان اصفهان صورت پذیرفت. نتایج برازش تابع رگرسیونی کاب داگلاس نشان داد که اثر انرژی‌های مربوط به نهاده‌های سوخت دیزل و کود شیمیایی در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده و مقدار آزمون دوربین واتسون نیز برای مدل رگرسیونی برابر با ۲/۱۸ برآورد شد، همچنین میزان کل نشر کربن دی اکسید برابر با ۹۹۲/۸۸ کیلوگرم کربن دی اکسید بر هکتار محاسبه شد که کودهای شیمیایی با ۳۷/۲۷ درصد بالاترین سهم را در این نشر به خود اختصاص دادند (Pishgar-Komleh *et al.*, 2012).

[۱] Marginal Physical Productivity

همچنین پژوهشگران با استفاده از مدل رگرسیون خطی به مدل‌سازی و تحلیل حساسیت نهاده‌های انرژی و بررسی نشر کربن دی اکسید در تولید گندم استان اصفهان پرداختند. نتایج مدل رگرسیونی بیانگر آن بود که اثر انرژی‌های ماشین‌آلات و آب آبیاری در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده و میزان نشر کربن دی اکسید در حدود ۷۵۶/۱۱ کیلوگرم کربن دی اکسید بر هکتار تخمین زده شد (Ghahderijani *et al.*, 2013).

مهم‌ترین اهداف این تحقیق تعیین الگوی انرژی مصرفی برای تولید هندوانه، ارائه یک مدل پارامتری و تحلیل حساسیت برای بیان ارتباط بین نهاده‌های انرژی و میزان عملکرد هندوانه و نهایتاً بررسی میزان انتشار کربن دی اکسید برای این فرآیند تولید در استان گیلان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

استان گیلان با سطح کشت ۱۵۵۴ هکتار یکی از مراکز عمده تولید هندوانه در شمال کشور محسوب شده، به همین دلیل اطلاعات مورد نیاز این تحقیق از طریق مراجعه حضوری و تکمیل ۱۲۰ پرسشنامه از هندوانه‌کاران مختلف شهرستان لنگرود در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ جمع‌آوری شده است. لازم به ذکر است شهرستان لنگرود در استان گیلان بیش از ۹۰ درصد تولیدات هندوانه استان را در بر دارد. (Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran, 2012). قبل، حین و بعد از تکمیل پرسشنامه نیز در مورد کیفیت سؤالات و پاسخ‌دهی کشاورزان با صاحب‌نظران منطقه در اداره جهاد کشاورزی، مراکز خدمات کشاورزی و همچنین تعاونی‌های خدمات کشاورزی مشاوره‌هایی انجام شد و دیدگاه‌ها و نظرات آنان در مورد وضعیت و مسائل کشت گیاهان، شیوه ارائه خدمات، بازار و سایر مسائل مورد پرسش قرار گرفت. لازم به ذکر است پایایی پرسشنامه با استفاده از روش کرون باخ تعیین و برابر ۹۱ درصد بود.

در این مطالعه از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده دو مرحله‌ای استفاده شده است. باغداران به طور تصادفی از بین روستاهای منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند. برای پیدا کردن حجم نمونه از روش کوکران استفاده شده است. کوکران برای محاسبه تعداد نمونه لازم در روش نمونه‌گیری تصادفی فرمول زیر را ارائه کرده است:

$$n=\frac{N(s\times t)^2}{(N-1)d^2+(s\times t)^2} \qquad (۲)$$

که در آن N، اندازه جامعه آماری یا تعداد کشاورزان (هنداونه‌کاران)، t ضریب اطمینان قابل‌قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t استیودنت به‌دست میاید. S^2، برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه که در اینجا واریانس شاخص‌های انرژی در منطقه مورد مطالعه است، d دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان) و n حجم نمونه می‌باشد که در این پژوهش ۱۱۲ برآورد شد، اما برای اینکه نمونه بتواند به طور موثرتر و با اطمینان بیشتری بیانگر ویژگی‌های جامعه باشد از ۱۲۰ کشاورز در مورد نهاده‌های مصرفی و مسائل اقتصادی تولید هندوانه، پرسش‌هایی به عمل آمد.

نهاده‌های انرژی برای تولید هندوانه در منطقه شامل نیروی کارگری، ماشین‌آلات، سوخت، کودهای شیمیایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم)، کود دامی، سموم، الکتریسیته و بذر بوده و تنها ستانده انرژی محصول هندوانه می‌باشد. برای دستیابی به انرژی نهاده‌ها و ستانده از ضرایب استاندارد انرژی استفاده‌شده که در جدول ۱ به معرض نمایش قرار دارند، محاسبات بدین ترتیب صورت گرفته که ابتدا مقدار مصرف هر نهاده در واحد هکتار برآورد شده و سپس در معادل انرژی آن که برحسب واحد نهاده است، ضرب شده‌اند.

جدول ۱. ضرایب انرژی نهاده‌های مصرفی برای تولید هندوانه در شهرستان لنگرود استان گیلان.

بخش	واحد	هم‌ارز انرژی (MJ/unit)	مرجع
الف – نهاده			
۱- نیروی کارگری	h	۱/۹۶	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2012)
۲- ماشین‌آلات	h	۶۲/۷۰	(Banaeian and Namdari, 2011)
۳- سوخت	l	۵۶/۳۱	(Mobtaker *et al.*, 2012)
۴- کودهای شیمیایی	kg		
نیتروژن		۶۶/۱۴	(Mousavi-Avval *et al.*, 2011)
فسفر		۱۲/۴۴	(Mobtaker *et al.*, 2012)
پتاسیم		۱۱/۱۵	(Mousavi-Avval *et al.*, 2011)
۵- کود دامی	kg	۰/۳	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2012)
۶- سموم	kg	۱۲۰	(Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2013a)
۷- الکتریسیته	kg	۱۱/۹۳	(Banaeian and Namdari, 2011)
۸- بذر	kg	۱/۹	(Kitani, 1999)
ب – ستانده			
۱- هندوانه	kg	۱/۹	(Kitani, 1999)

همچنین اشکال انرژی در قالب انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدید پذیر و تجدید ناپذیر تقسیم‌بندی و محاسبه شدند. لازم به ذکر است انرژی مستقیم در تولید هندوانه شامل انرژی‌های نیروی کارگری، سوخت و الکتریسیته بوده درحالی‌که انرژی غیرمستقیم شامل انرژی‌های ماشین‌آلات، کودهای شیمیایی، کود دامی، سموم و بذر می‌باشند. همچنین انرژی تجدید پذیر شامل انرژی‌های نیروی کارگری، کود دامی و بذر بوده درحالی‌که انرژی تجدید ناپذیر مشتمل بر انرژی‌های ماشین‌آلات، سوخت، کودهای شیمیایی، سموم و الکتریسیته بودند.

گام بعدی این مطالعه یافتن مدلی مناسب برای بیان ارتباط بین ورودی‌ها (انرژی نهاده‌ها) و خروجی (انرژی خروجی هندوانه) بود، به همین منظور توابع تولید مختلف بین متغیرها برازش داده و با توجه به نتایج آزمون‌های داخلی (تخمین منحنی) و مقدار ضرایب تبیین مشخص شد تابع تولید کاب–داگلاس می‌تواند بهترین تخمین را برای داده‌های موجود داشته باشد. شکل تابع کاب داگلاس به‌صورت زیر است:

$$Y = f(X)\exp(u) \qquad (۳)$$

تابع خطی کاب- داگلاس می‌تواند به شکل زیر نیز بیان شود:

$$\ln Y_i = a + \sum_{j=1}^{n} \alpha_i \ln(X_{ij}) + e_i \qquad i = 1,2,\ldots,n \qquad (۴)$$

در رابطه‌ی (۴)، Y_i مقدار خروجی تابع (انرژی خروجی) X_{ij} و بردار نهاده‌ها در فرآیند تولید، a مقدار ثابت، α_i ضرایب نهاده‌ها که به‌وسیله مدل تخمین زده‌شده و e_i مقدار خطای مدل می‌باشد. همچنین در این مطالعه این فرض شده است که در صورت عدم ورودی، خروجی نیز صفر است، که در پیش به‌وسیله‌ی افراد دیگری نیز مطرح‌شده بودند (Mobtaker *et al.*, 2012). بنابراین با در نظر گرفتن اینکه محصول هندوانه، تابعی از انرژی‌های ورودی هستند، می‌توان توابع کاب داگلاس را برای اطلاعات این تحقیق به‌صورت زیر نشان داد:

$$\ln Y_i = \alpha_1 \ln X_1 + \alpha_2 \ln X_2 + \alpha_3 \ln X_3 + \alpha_4 \ln X_4 + \alpha_5 \ln X_5 + \alpha_6 \ln X_6 + \alpha_7 \ln X_7 + \alpha_8 \ln X_8 + e_i \qquad (۵)$$

در رابطه‌ی (۵)، مقادیر X_i (i=1, 2, … , n) نشان‌دهنده‌ی نیروی کارگری (X_1)، ماشین‌آلات (X_2)، سوخت (X_3)، کودهای شیمیایی (X_4)، کود دامی (X_5)، سموم (X_6)، الکتریسیته (X_7) و بذر (X_8) بوده که بر حسب مگاژول بر هکتار می‌باشد. همچنین برای بررسی تغییرات نسبی در خروجی حاصل از تغییرات نسبی در ورودی‌ها (هنگامی که تمام ورودی‌ها با یک عامل ثابت افزایش پیدا می‌کنند) از شاخص بازگشت به مقیاس[۲] استفاده شد. که با استفاده از بنابراین مجموع ضرایب رگرسیونی تابع تولید کاب داگلاس به‌دست آمد. در تحلیل این شاخص بایستی ذکر نمود اگر مقدار این شاخص بیشتر از یک، مساوی یا کمتر از یک باشد، به ترتیب نشان‌دهنده بازگشت به مقیاس افزایشی، ثابت یا کاهشی است. بازگشت به مقیاس افزایشی و کاهشی به ترتیب نشان‌دهنده این است که با افزایش پارامتر مقدار انرژی‌های ورودی، خروجی بیشتر یا کمتر از مقدار آن پارامتر افزایش می‌یابد. (Mobtaker *et al.*, 2010)

تحلیل حساسیت مطالعه تأثیرپذیری متغیرهای خروجی از متغیرهای ورودی یک مدل آماری می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر روشی برای تغییر دادن در ورودی‌های یک مدل آماری به‌صورت سازمان‌یافته است که بتوان تأثیرات این تغییرها را در خروجی مدل پیش‌بینی کرد. از روش‌های مختلفی برای تحلیل حساسیت استفاده می‌شود، که در این مطالعه از روش بهره‌وری فیزیکی نهایی (MPP) به‌منظور تحلیل حساسیت نهاده‌های انرژی بر عملکرد هندوانه استفاده شد. در این روش ضرایب به‌دست آمده از مدل رگرسیونی پایه‌ی محاسبات تحلیل حساسیت قرار گرفت.. مقادیر مثبت MPP برای هر ورودی نشان می‌دهد مقدار کل خروجی با افزایش آن نهاده افزایش می‌یابد، بنابراین افزایش مقدار آن نهاده باید ادامه پیدا کند. مقادیر MPP برای نهاده‌های مختلف، به‌وسیله رابطه زیر محاسبه می‌شود (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2013a):

[2] Return To Scale

$$MPP_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(X_j)} \times \alpha_j \quad (۶)$$

در رابطه‌ی (۶)، MPP_{xj} مقدار بهره‌وری فیزیکی نهایی به ازای نهاده زام، α_j ضریب رگرسیون نهاده زام، $GM(Y)$ میانگین هندسی خروجی و $GM(X_j)$ میانگین هندسی هر نهاده انرژی در تولید هندوانه بر واحد هکتار می‌باشد.

در آخرین قسمت از این مطالعه میزان نشر کربن دی اکسید در تولید هندوانه مورد بررسی قرار گرفت، بدین منظور از ضرایب استاندارد برای یافتن میزان نشر کربن دی اکسید برای هر نهاده استفاده شد (جدول ۲). اصول محاسبات بدین نحو بود که مقدار هر نهاده (در واحد تعریف‌شده) به معادل استاندارد آن که در جدول ۲ آمده، ضرب می‌شوند. البته لازم به ذکر است که فقط برخی از نهاده‌ها در نشر کربن دی اکسید برای تولید هند.وانه موثر است که عبارت‌اند از ماشین‌آلات، سوخت، کودهای شیمیایی، سموم و الکتریسیته.

جدول ۲. ضرایب استاندارد نشر کربن دی اکسید برای نهاده‌های کشاورزی.

بخش	واحد	هم‌ارز انرژی ($kgCO_{2eq}.ha^{-1}$)	مرجع
۱- ماشین آلات	MJ	۰/۰۷۱	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2012)
۲- سوخت	l	۲/۷۶	(Ghahderijani *et al.*, 2013)
۳- کودهای شیمیایی	kg		
نیتروژن		۱/۳	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2012)
فسفر		۰/۲	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2012)
پتاسیم		۰/۲	(Ghahderijani *et al.*, 2013)
۴- سموم	kg	۵/۱	(Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2013b)
۵- الکتریسیته	kWh	۰/۶۰۸	(Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2013b)

تمام محاسبات این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار صفحه گسترده Excel نسخه ۲۰۱۰ و SPSS نسخه ۲۰ انجام گردید.

نتایج و بحث

تحلیل انرژی ورودی خروجی در تولید هندوانه

بر اساس نتایج، در هر هکتار زمین زراعی هندوانه در حدود ۷۱۲ ساعت نیروی کارگری و ۱۸ ساعت توان ماشینی مورد نیاز است. بیشترین استفاده از نیروی کارگری مربوط به عملیات برداشت و بیشترین عملیات ماشینی مربوط به خاک‌ورزی بود، همچنین در هر هکتار ۶۱/۵۱ لیتر سوخت برای عملیات مختلف مصرف شدند. مقدار کل انرژی ورودی در حدود ۴۰۲۲۹ مگاژول بر هکتار محاسبه شد، همچنین عملکرد هندوانه در واحد هکتار ۲۷۳۴۸/۷۵ کیلوگرم برآورد شده، که انرژی خروجی به‌دست آمده از آن در حدود ۵۱۹۶۳ مگاژول بر هکتار می‌باشد. بالاترین مقدار انحراف معیار در انرژی مصرفی مربوط به کود نیتروژن (۱۳۵۳۸/۸۹

مگاژول بر هکتار) بود، که نشانگر تنوع وسیع مصرف این کود در منطقه می‌باشد، یکی از مهم‌ترین دلایل این موضوع، عدم توزیع منصفانه نهاده در بین زارعین و افتراق توان مالی زارعین برای تهیه کود در منطقه بود. در آخرین ستون از جدول ۳، سهم هر یک از نهاده‌ها در کل انرژی ورودی به‌صورت درصد بیان شده است. بر همین اساس به ترتیب نیتروژن با ۶۹/۶۱٪، سوخت با ۸/۶۱٪ و الکتریسیته با ۷/۶۵٪ موثرترین نهاده‌ها در انرژی ورودی تولید هندوانه در استان گیلان بودند.

در مطالعه‌ای دیگر بر روی انرژی هندوانه در شهرستان همدان، میانگین کل انرژی ورودی و عملکرد هندوانه به ترتیب در حدود ۴۶۳۴۹ مگاژول بر هکتار و ۴۹۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار تعیین شد (Banaeian and Namdari, 2011).

جدول ۳. میزان نهاده و ستانده، انرژی‌های ورودی، خروجی، مستقیم، غیرمستقیم، تجدید پذیر و تجدید ناپذیر در تولید هندوانه.

بخش	واحد	میانگین میزان مصرف (Unit)	میزان انرژی مصرفی (MJ/ha)	انحراف معیار (MJ/ha)	درصد انرژی مصرفی
الف – نهاده					
۱– نیروی کار	h	۷۱۲/۰۵	۱۳۹۵/۶۲	۳۹۶/۳۷	۳/۴۷
۲– ماشین‌آلات	h	۱۷/۶۸	۱۱۰۸/۳۷	۴۷۲/۷۸	۲/۷۶
۳– سوخت	l	۶۱/۵۱	۳۴۶۳/۴۰	۱۷۵۴/۱۳	۸/۶۱
۴– کودهای شیمیایی	kg				
نیتروژن		۴۲۳/۴۰	۲۸۰۳/۷۰	۱۳۵۳۸/۸۹	۶۹/۶۱
فسفر		۱۲۳/۶۹	۱۵۳۸/۶۶	۵۹۵/۱۲	۳/۸۲
پتاسیم		۱۱۰/۴۰	۱۲۳۰/۹۳	۷۴۳/۸۹	۳/۰۶
۵– کود دامی	kg	۳۸۴/۵۳	۱۱۵/۳۶	۹۱/۱۸	۰/۲۹
۶– سموم	kg	۲/۴۴	۲۹۲/۶۱	۱۶۹/۵۳	۰/۷۳
۷– الکتریسیته	kWh	۲۵۷/۹۵	۳۰۷۷/۳۳	۱۴۸۷/۷۹	۷/۶۵
۸– بذر	kg	۱/۵۸	۳/۰۱	۰/۶۹	۰/۰۱
ب– ستانده					
۱– هندوانه	kg	۲۷۳۴۸/۷۵	۵۱۹۶۲/۶۳	۱۳۷۲۴/۲۰	–
کل انرژی ورودی	MJ	–	۴۰۲۲۸/۹۸	۱۶۹۱۲/۴۸	۱۰۰
کل انرژی خروجی	MJ	–	۵۱۹۶۲/۶۳	۱۳۷۲۴/۲۰	-
انرژی مستقیم	MJ	–	۷۹۳۶/۳۴	۲۷۴۷/۵۲	۱۹/۷۳
انرژی غیرمستقیم	MJ	–	۳۲۲۹۲/۶۴	۱۴۹۷۰/۹۶	۸۰/۲۷
انرژی تجدید پذیر	MJ	–	۱۵۱۳/۹۸	۳۹۲/۸۵	۳/۷۶
انرژی تجدید ناپذیر	MJ	–	۳۸۷۱۵/۰۰	۱۶۸۷۵/۰۳	۹۶/۲۴

علاوه بر این محاسبات اشکال مختلف انرژی در جدول ۳ نیز نشان داده‌شده‌اند. بر اساس نتایج، انرژی مستقیم ۷۹۳۶/۳۴ مگاژول بر هکتار (۱۹/۷۳٪) ، انرژی غیرمستقیم ۳۲۲۹۲/۶۴ مگاژول بر هکتار (۸۰/۲۷٪)، انرژی تجدید پذیر ۱۵۱۳/۹۸ مگاژول بر هکتار (۳/۷۶٪) و انرژی تجدید ناپذیر ۳۸۷۱۵/۰۰ مگاژول بر هکتار (۹۶/۲۴٪) به‌دست آمدند. استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و سوخت باعث افزایش فراوان استفاده از منابع تجدید ناپذیر نسبت به منابع تجدید پذیر شده‌اند.

مدل‌سازی نهاده‌های انرژی برای تولید هندوانه

تابع تولید کاب– داگلاس به‌منظور مدل‌سازی بین ورودی‌های انرژی و خروجی (عملکرد هندوانه) به‌کار گرفته شد. در این مدل عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته و نهاده‌های انرژی به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. نتایج مدل بر آن بود که اثر تمامی نهاده‌ها به جزء کود دامی، ماشین‌آلات و سموم در سطح ۱٪ معنی‌دار شدند، همچنین مقدار خودهمبستگی با استفاده از آزمون دوربین واتسون مورد بررسی قرار گرفت و مقدار این آزمون ۲/۱۹۳ محاسبه شد. این مقدار نشان‌دهنده آن است که خود-همبستگی در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست. نرخ R^2 نیز در مدل تخمینی ۰/۹۹ برآورد شد. برای تعیین اثر نهاده‌ها بر روی تولید هندوانه از نرخ بازگشت به مقیاس بهره برده شد که مقدار آن در مدل ۱/۷۳۷ تعیین شد. این مقدار بیانگر نشان‌دهنده‌ی اثر مثبت افزایش نهاده‌ها بر تولید هندوانه می‌باشد.

تحلیل حساسیت نهاده‌های انرژی

نتایج تحلیل حساسیت انرژی‌های ورودی در ستون آخر جدول ۴، نشان داده شده است. نتایج روش MPP برای تحلیل حساسیت نشان داد نیروی کارگری (۳۶/۲۱) و بذر (۳۵/۲۴) حائز بالاترین میزان حساسیت از میان تمامی نهاده‌ها بر روی عملکرد هندوانه در استان گیلان هستند. نتایج مذکور بیانگر آن هستند که با ۱ مگاژول افزایش انرژی در نهاده‌های نیروی کارگری و بذر به‌ترتیب شاهد ۳۶/۲۱ کیلوگرم و ۳۵/۲۴ کیلوگرم افزایش عملکرد هندوانه در واحد هکتار برای منطقه هستیم.

جدول ٤. نتایج مدل پارامتری و تحلیل حساسیت انرژی مصرفی برای تولید هندوانه در استان گیلان.

متغیرهای بیرونی	ضرایب	نسبت t	MPP
$\ln Y_i = a_0+\alpha_1 \ln X_1+\alpha_2 \ln X_2+\alpha_3 \ln X_3+\alpha_4 \ln X_4+\alpha_5 \ln X_5+\alpha_6 \ln X_6+\alpha_7 \ln X_7+e_i$			
۱– نیروی کارگری	۱/۸۴۵	۱۶/۳۷۸ *	۳۶/۲۱
۲– ماشین‌آلات	۰/۰۵۷	۰/۶۹۹ ns	۱/۶۰
۳– سوخت	–۰/۵۹۱	–۵/۸۹۵ *	–۵/۲۲
۴– کودهای شیمیایی	–۰/۱۸۶	–۹/۴۸۱ *	–۰/۱۹
۵– کود دامی	۰/۰۴۷	۱/۶۶۹ ns	۱۶/۶۰
۶– سموم	۰/۰۴۸	۰/۹۸۶ ns	۶/۴۴
۷– الکتریسیته	۰/۱۲۶	۳/۱۲۸ *	۱/۲۸
۸– بذر	۰/۳۹۱	۳/۱۱۹ *	۳۵/۲۴
آزمون دوربین واتسون	۲/۱۹۳		
R^2	۰/۹۹		
بازگشت به مقیاس	۱/۷۳۷		
ns عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد		* معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد	

تحلیل نشر کربن دی اکسید در تولید هندوانه

نتایج نشر کربن دی اکسید برای تولید هندوانه در جدول ۵ بیان‌شده‌اند. این نتایج بر مبنای یک سال زراعی و نشر کربن دی اکسید حاصل از اعمال نهاده‌ها هستند. بر همین اساس، میزان کل نشر کربن دی اکسید در تولید هندوانه برابر با ۱۰۱۴/۹۶ کیلوگرم کربن دی اکسید بر هکتار می‌باشد. کود نیتروژن با ۵۴/۲۳٪، سوخت دیزل با ۱۶/۷۳٪ و الکتریسیته با ۱۵/۴۵٪ به ترتیب سهیم‌ترین نهاده‌ها در انتشار کربن دی اکسید برای کشت هندوانه در منطقه هستند. کمینه و بیشینه انتشار به‌ترتیب ۴۲۴/۰۲ و ۱۷۹۱/۴۶ کیلوگرم کربن دی اکسید بر هکتار بود، این مقادیر همانند انحراف معیار بالا در مقادیر انرژی به دلیل تفاوت‌های چشمگیر الگوی مصرف در بین زارعین منطقه بود، بیشترین اختلاف در مصرف نهاده مربوط به کود نیتروژن بود در واقع یکی از اصلی‌ترین معضلات منطقه عدم رعایت الگوی یکنواخت و البته استاندارد برای مصرف نهاده در زراعت هندوانه بود، که باعث افزایش بی‌رویه نشر کربن دی اکسید در منطقه شده است.

در مطالعه‌ای با روش محاسبه مشابه برای نشر کربن دی اکسید ، مقدار کل انتشار برای تولید گندم در استان اصفهان ۲۷۱۱/۵۸ کیلوگرم کربن دی اکسید بر هکتار برآورد شد، که با الکتریسیته با ۷۴ درصد بالاترین سهم در انتشار کربن دی اکسید در تولید را در برداشت (Khoshnevisan *et al.*, 2013).

جدول ۵. میزان نشر کربن دی اکسید برای تولید هندوانه در شهرستان لنگرود استان گیلان.

بخش	میزان نشر کربن دی اکسید ($kgCO_{2eq}.ha^{-1}$)	انحراف معیار	کمینه انتشار	بیشینه انتشار
۱- ماشین‌آلات	۷۸/۶۹	۳۳/۵۷	۱۱/۳۷	۱۳۸/۸۹
۲- سوخت	۱۶۹/۷۶	۸۵/۹۸	۳۲/۰۷	۵۴۴/۸۲
۳- کودهای شیمیایی				
نیتروژن	۵۵۰/۴۲	۲۶۶/۱۱	۱۰۲/۹۰	۱۱۳۹/۸۴
فسفر	۲۴/۷۴	۱۱/۹۶	۴/۶۲	۵۱/۲۳
پتاسیم	۲۲/۰۸	۱۰/۶۷	۴/۱۳	۴۵/۷۲
۴- سموم	۱۲/۴۴	۷/۲۱	۰/۴۴	۳۰/۰۲
۵- الکتریسیته	۱۵۶/۸۳	۷۵/۸۲	۲۹/۳۲	۳۲۴/۷۸
کل نشر کربن دی اکسید	۱۰۱۴/۹۶	۳۹۹/۴۷	۴۲۴/۰۲	۱۷۹۱/۴۶

نتیجه‌گیری

در این پژوهش کل انرژی نهاده‌های ورودی و خروجی برای تولید هندوانه در استان گیلان به‌ترتیب در حدود ۴۰۲۲۹ و ۵۱۹۶۳ مگاژول بر هکتار تعیین شد، که نیتروژن با ۶۹/۶۱٪ بالاترین سهم در مصرف انرژی را از میان نهاده‌ها به خود اختصاص داد. تابع کاب داگلاس به‌عنوان بهترین تابع برای مدل‌سازی انرژی ورودی بر اساس خروجی عملکرد انتخاب و استفاده شد، به جزء ماشین‌آلات، کود دامی و سموم اثر تمامی نهاده‌ها در سطح ۱٪ بر عملکرد معنی‌دار بوده، مقدار R^2، ۰/۹۹ و مقدار خودهمبستگی توسط آزمون دوربین واتسون برابر ۲/۱۹۳ برآورد شد، مقدار کل نشر کربن دی اکسید ۱۰۱۴/۹۶ کیلوگرم کربن دی اکسید بر هکتار

محاسبه شد و نیتروژن، سوخت دیزل و الکتریسیته به ترتیب بزرگ‌ترین عوامل نشر کربن دی اکسید در کشت هندوانه محسوب شدند. کاهش استفاده از کود نیتروژن توسط جایگزین کردن کودهای دامی و زیستی و بهره بردن از روش‌های ارگانیک ازیک‌طرف و کاهش سوخت دیزل و الکتریسیته مصرفی با به‌گزینی پمپ‌های مناسب استحصال آب، استفاده از ماشین‌آلات استاندارد و مطابق با شرایط زمین در منطقه، روش‌های بی خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حفاظتی، آزمون بافت خاک و استفاده از الگوی مصرفی صحیح و یکنواخت از طرفی دیگر می‌تواند صرفه‌جویی چشمگیری در انرژی مصرفی و نشر کربن دی اکسید برای تولید هندوانه که محصولی پراستفاده برای مصرف‌کنندگان و درآمدزا برای تولیدکنندگان محسوب می‌شود، را به همراه داشته باشد و باعث حفظ بیش‌ازپیش منابع تجدید پذیر شود.

منابع

1- Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I., and A. Ozmerzi. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya Region, Turkey. Energy Conversion and Management 46: 655-666.

2- Houghton, RA. 1989. Global Circulation of Carbon. Biomass Hand Book: 56-61.

3- Mousavi-Avval, SH., Rafiee, S., Jafari, A., and A. Mohammadi. 2011. Energy flow modeling and sensitivity analysis of inputs for canola production in Iran. Journal of Cleaner Production 16: 1464-1470.

4- Mobtaker, HG., Akram, A., and A. Keyhani. 2012. Energy use and sensitivity analysis of energy inputs for alfalfa production in Iran. Energy for Sustainable Development 16: 84-89.

5- Singh, G., Singh, S., and J. Singh. 2004. Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. Energy Conversation Management 45: 453-465.

6- Banaeian, N., and M. Namdari. 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.

7- Pishgar-Komleh, S.H., Ghahderijani, M., and P. Sefeedpari. 2012. Energy consumption and CO_2 emissions analysis of potato production based on different farm size levels in Iran. Journal of Cleaner Production 33: 183-191.

8- Ghahderijani, M., Pishgar-Komleh, SH., Keyhani., A, and P. Sefeedpari. 2013. Energy analysis and life cycle assessment of wheat production in Iran. African Journal of Agricultural Research 8(18): 1929-1939.

9- Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. 2012. Annual Agricultural Statistics Available from: www.maj.ir (in Persian).

10- Nabavi-Pelesaraei, A., Abdi, R., and S. Rafiee. 2013a. Energy use pattern and sensitivity analysis of energy inputs and economical models for peanut production in Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 5(19): 2193-2202.

11- Kitani, O. 1999. Energy and biomass engineering. In: CIGR handbook of agricultural engineering. St. Joseph, MI: ASAE.

12- Nabavi-Pelesaraei, A., Abdi, R., Rafiee, S., and HG. Mobtaker. 2013b. Optimization of energy required and greenhouse gas emissions analysis for orange producers using data envelopment

analysis approach. Journal of Cleaner Production. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.019.

Modeling of energy inputs and survey of carbon dioxide emission for watermelon production in Guilan province

Ashkan Nabavi-Pelesaraei[1*] Reza Abdi[2] and Shahin Rafiee[3]

1- MSc Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, University of Tabriz
ashkan.nabavi91@ms.tabrizu.ac.ac.ir
2- Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, University of Tabriz
3- Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, University of Tehran

Abstract

A research was carried out in Langroud city of Guilan province in 2013. In order to, determine the pattern and modeling of energy consumption and also investigation of carbon dioxide emission for watermelon production. Total amount of energy consumption and watermelon yield was 40228.98 MJ and 27348.75 kg per hectare respectively. The results also revealed that nitrogen, diesel fuel and electricity had the highest share of energy consumption for watermelon production in the region. In this research, energy consumption modeling was carried out by Cobb–Douglas function and the results indicated that the effect of all the energy inputs except machinery and manure on yield were significant at 01% level. In addition, the amount of R^2 was estimated at 0.99. Moreover, sensitivity analysis of energy inputs on watermelon yield was calculated using MPP. The results of sensitivity analysis illustrated that the highest sensitivity was belonged to human labor and seed in watermelon yield, respectively. Finally, the amount of greenhouse gas emissions was found on the base of CO_2 emission and the results showed that the total amount of carbon dioxide emission for watermelon production was computed as 1014.96. The share of nitrogen (with 54.23%), diesel fuel (with 16.73%) and electricity (with 15.45%) had the highest share in carbon dioxide emission, respectively.

Keywords: Energy modeling, Carbon dioxide, Sensitivity analysis and Watermelon.