بهینه‌سازی مصرف انرژی در تولید فندق:مطالعه‌ی موردی شهرستان رودسر در استان گیلان

اشکان نبوی پله سرائی[۱*]،حسن قاسمی مبتکر[۲]ومیرحسین پیمان[۳]

۱–دانشجویکارشناسیارشدمکانیزاسیون،گروهمهندسیماشین‌های کشاورزی ،دانشگاهتبریز،
ashkan.nabavi91@ms.tabrizu.ac.ir
۲– دانشجویدکتریمکانیزاسیون،گروهمهندسیماشین‌های کشاورزی ،دانشگاهتبریز
۳– استادیار گروه مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه گیلان

چکیده

در این پژوهش از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)به‌منظور بررسی کارایی باغ‌ها، تفکیک باغ‌های کارا از باغ‌های ناکارا و تعیین میزان انرژی مصرفی مازاد برای تولید فندق در استان گیلان استفاده شد. در این مدل از محصول فندق به‌عنوان خروجی مدل و از شش نهاده انرژی شامل: نیروی انسانی، ماشین‌ها، سوخت، کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و کود حیوانی به‌عنوان ورودی مدل استفاده گردید و کارایی‌فنی، کاراییفنی مطلق و کارایی مقیاس برای باغات فندق بر اساس دو مدل بازگشت به مقیاس ثابت و متغیر محاسبه شدند. نتایج نشان داد متوسط کارایی‌فنی، کاراییفنی مطلق و کارایی مقیاس به ترتیب برابر با ۰/۷۶۹، ۰/۹۱۱ و ۰/۸۴۱ می‌باشد. مقدار صرفه‌جویی انرژی در تولید فندق حدود ۱۳٪ به‌دست آمد که نشان می‌دهد با توجه به توصیه‌های این مطالعه و بدون کاهش سطح فعلی عملکرد، می‌توان به طور متوسط حدود ۳۷۸ مگاژول در هر هکتار در انرژی مصرفی صرفه‌جویی کرد. همچنین با استفاده از این تکنیک، نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی و افزوده خالص انرژی به ترتیب ۱۵/۲۷٪، ۱۲/۵۰٪ و ۴/۵ ٪ افزایش نشان دادند.

واژه‌های کلیدی:بهینه‌سازی، تحلیل پوششی داده‌ها، فندق و کارایی انرژی

مقدمه

انرژی ظرفیت انجام کار است. اگر چه انرژی به اشکال مختلف یافت می‌شود، اما همه اشکال آن ظرفیت انجام کار را دارند. انرژی نورانی که از خورشید می‌آید مهم‌ترین شکل انرژی برای بقای همه موجودات روی زمین است (کوچکی، ۱۳۷۳).برای انجام کار کشاورزی نیاز به انرژی می‌باشد که این انرژی از منابع مختلف تأمین می‌شود. برای تولید محصولات کشاورزی که از نظر غذایی و صنعتی مورد نیاز انسان هستند مقادیر قابل‌توجهی از انرژی اعم از نیروی کار انسانی و دامی، شیمیایی و فسیلی مصرف می‌شود، ازاین‌جهت نقش انرژی در توسعه و کارایی کشاورزی بسیار بااهمیت است. نظر به اینکه بخش کشاورزی ازیک‌طرف با محدودیت منابع تولید روبرو بوده و از سوی دیگر تأمین‌کننده امنیت غذایی جمعیت در حال رشد می‌باشد، باید تعادل و توازنی بین جریان برداشت و بهره‌برداری از منابع تولید و تولید محصولات کشاورزی ایجاد شود. در واقع روند استفاده از منابع تولید باید به

گونه‌ای باشد که علاوه بر رفع نیازهای غذایی نسل کنونی، امنیت غذایی نسل آینده نیز تهدید نشود. این مسئله مبنای آنچه را که امروزه به آن کشاورزی پایدار گفته می‌شود، تشکیل می‌دهد.

ارزیابی جریان‌های مختلف انرژی دخیل در تولیدات کشاورزی اساس تحلیل انرژی را تشکیل می‌دهد. اهداف تحلیل‌های انرژی، کاهش نهاده‌های انرژی و جایگزینی منابع انرژی تجدید پذیر در فرآیند کشاورزی و حتی‌المقدور کاهش هزینه‌های تولید و روش‌های تولید دوستدار طبیعت به‌عنوان قسمتی از یک سیستم مدیریت بهینه می‌باشند (الماسی و همکاران، ۱۳۸۰).استفاده مؤثر از انرژی،یکی از نیازهای اساسی کشاورزی پایدار است. مصرف انرژی در کشاورزی، در پاسخ به افزایش جمعیت، محدودیت زمین-های قابل کاشت و تمایل به استانداردهای بهتر زندگی افزایشیافته است. افزایش تقاضا برای مواد غذایی باعث تشدید در مصرف کودهای شیمیایی،آفت‌کش‌ها، ماشین‌ها و سایر منابع طبیعی شده است. افزایش مصرف انرژی در سال‌های اخیر باعث ایجاد مشکلاتی در سلامتی افراد و مسائل زیست‌محیطی شده است. استفاده مؤثر از انرژی در کشاورزی مشکلات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد و از تخریب منابع طبیعی جلوگیری کرده و کشاورزی پایدار را به‌عنوان یک سامانه تولیدی اقتصادی توسعه می‌دهد (Erdal *et al.*, 2007).

تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه مصرف انرژی در تولیدات کشاورزی و بهینه‌سازی مصرف آن صورت گرفته است. مبتکر و همکاران در تحقیقی به بررسی روند مصرف انرژیبرای تولید جو در استان همدان پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که کودها بیشترین سهم مصرف انرژی را در بین نهاده‌ها دارند. نسبت انرژی برایمحصول جو برابر با ۲/۸۶ به‌دست آمد. نتایج تحلیل حساسیت نهاده‌ها نشان داد با افزایش یک مگاژول در مصرف انرژی نیروی انسانی، ماشین‌ها و الکتریسیته عملکرد به‌ترتیب به-میزان ۷/۳۷، ۱/۶۶ و ۰/۳۳ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد. آنها همچنین گزارش دادند که تولید نهایی برای نهاده آفت‌کش‌ها در منطقه منفی است. این به این معناست که مصرف این نهاده در منطقه بالاست که می‌تواند باعث مشکلات زیست‌محیطی شود (Mobtaker *et al.*, 2010).پهلوان و همکاران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA[1]) به بهینه‌سازی مصرف انرژی در تولید گل رز پرداختند. میزان انرژی ورودی، انرژی خروجی و نسبت انرژی در تولید رز به ترتیب ۶۹/۷ گیگاژول بر هکتار، ۱۱/۸ گیگاژول بر هکتار و ۰/۱۷ به‌دست آمد. نتایج به‌دست آمده از DEA نشان داد که میانگین کارایی مقیاس، کاراییفنی و کاراییفنی خالص کشاورزان ۰/۸۳، ۰/۶۸ و ۰/۷۹ بود. همچنین با بهینه‌سازی مصرف انرژی در تولید گل رز کارایی مصرف انرژی به ۰/۳۱ افزایش پیدا کرد و در حدود ۴۳/۵۹٪ از کل انرژی ورودی بدون کاهش محصول قابل ذخیره‌سازیاست (Pahlavan *et al.*, 2012).محمدی و همکاران در تحقیقی بر روی کیوی با استفاده از آنالیز تحلیلی پوششی داده‌ها، واحدهای کارا و ناکارا را مشخص نمودند و میزان انرژی غیرمفید را در تولید کیوی مشخص نمودند. در این تحقیق مشخص گردید که ۶۲/۷۹٪ واحدها کارا بودند. کاراییفنی، کاراییفنی خالص و کارایی مقیاساغات به ترتیب ۰/۹۴۲، ۰/۹۹۳ و ۰/۹۴۸ محاسبه گردید. کل انرژی مورد نیاز تولید

[1] Data Envelopment Analysis

۲۶۶۰۴/۱۱ مگاژول بر هکتار تعیین گردید. بیشترین سهم انرژی در نهاده‌های ورودی مربوط به کودهای شیمیایی با ۷۸٪ بود. بهینه‌سازی مصرف انرژی، کارایی مصرف انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص را به میزان ۱۳/۸۶٪، ۱۲/۱۷٪ و ۲۲/۵۶٪ به ترتیب بهبود می‌بخشد. نتایج آنالیز اقتصادی نشان داد که بهینه‌سازی انرژی کل هزینه‌های تولید را به میزان ۴/۹۱٪ کاهش می‌دهد و نسبت سود به هزینه و بهره‌وری به ترتیب ۵/۱۵٪ و ۵/۱۹٪ افزایش می‌یابد (Mohammadi *et al.*, 2011).

در این مطالعه به بررسی روند مصرف انرژی در تولیدفندق در استان گیلان پرداخته شده است. همچنین با استفاده از روش غیر پارامتری DEA به بررسی کارایی فنی باغات تولید این محصول پرداخته‌شده و نهایتاً با استفاده از این روش مقدار بهینه مصرف انرژی برای باغات پیشنهاد شده است.

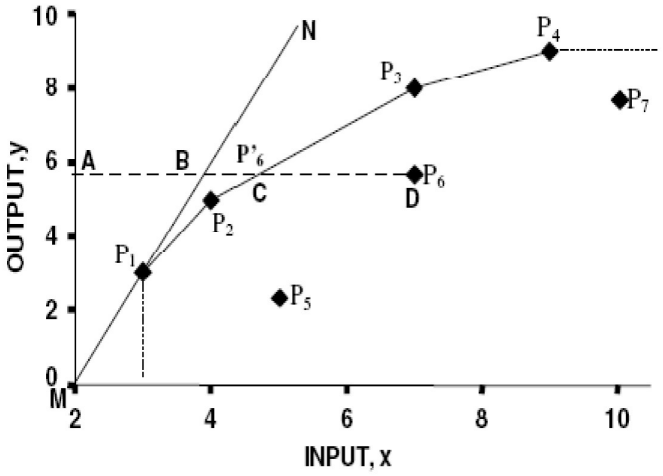
مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۳۹۲ در استان گیلان انجام شد. به طور کلی هدف از این مطالعه بررسی وضعیت انرژی مصرفی در تولیدفندق و ارائه راهکارهایی جهت بهبود وضعیت موجود بود. اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق از ۱۲۰باغ فندق در سطح منطقه و از طریق مصاحبه حضوری با باغداران به‌دست آمد. برای تعیین اندازه نمونه از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. پرسش‌نامه‌های مورد استفاده در این مطالعه حاوی اطلاعاتی در مورد نهاده‌های مصرفی ومیزانفندق تولیدی برای هر باغ در هر هکتار بود. برای محاسبه هم ارز انرژی نهاده‌ها و نهایتاً محاسبه انرژی مصرفی در عملیات مختلف از ضرایب و هم‌ارزهایی که در منابع موجود ذکرشده استفاده گردید.

به‌منظور اندازه‌گیری کارایی فنی واحدهای تولیدی روش‌های مختلفی وجود دارد که به دو گروه روش‌های پارامتری و غیر پارامتری تقسیم می‌شوند. در روش‌های پارامتری با استفاده از روش‌های مختلف آماری تابع تولید مشخصی تخمین زده می‌شود. سپس با به‌کارگیری این تابع، نسبت به تعیین کارایی اقدام می‌گردد. مهم‌ترین ویژگی روش‌های غیر پارامتری این است که نیاز به توزیعیا شکل خاص تابع ریاضی ندارند. تحلیل پوششی داده‌ها یکی از روش‌های غیر پارامتری است که به بررسی کارایی واحدهای تولیدی می‌پردازد (Charnes *et al.*, 1984).این روش نوعی مدل برنامه‌ریزی خطی است که کارایی نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری را اندازه‌گیری می‌کند. در روش DEA نیاز به هیچ‌گونه فرض یا شکل ریاضی خاص یا به عبارتی دیگر نیازی به شناخت تابع تولید نیست. کارایی به‌دست آمده در روش DEA، کارایی نسبی است و مرز کارایی را ترکیب همگرایی از واحدهای کارا ایجاد می‌کنند.

تحلیل پوششی، کارایی را در سه تعریف متفاوت ارائه می‌دهد که شامل کاراییفنی، کاراییفنی مطلق و کارایی مقیاس است. کاراییفنی اساساً به‌وسیله واحدهای ارزیابی‌شده برای عملکردشان که وابسته به دیگر واحدهاست، اندازه‌گیری می‌شود. کاراییفنی مطلق، نوعی کاراییفنی است که متأثر از جابجایی کارایی مقیاس می‌باشد. کارایی مقیاسنیز از تقسیم کاراییفنی بر کاراییفنی مطلق حاصل می‌شود. تفاوت این سه کارایی در شکل ۱ توضیح داده شده است. خط MN سیستم پوششی داده‌ها را با بازگشت به مقیاس

ثابت نشان می‌دهد. این خط از مبدأ تا نهایت نقاط داده‌شده، کشیده شده است. بنابراین کارایی مقیاس برای P_1 برابر واحد است، اگرچه برای دیگر واحدها کمتر از یک می‌باشد. واحد P_6 مقدار کم ورودی آن برابر AD و مقدار خروجی آن برابر AM است. نقاط B و C نقاطی هستند که خط AD با خط MN و خط پوششی داده‌ها برخورد کرده است. مقدار AB، ایده‌آل ورودی تفسیر می‌شود که برای تولید مقدار B از خروجی بر روی MN لازم است (چنانچه فرض بازگشت به مقیاس ثابت استوار باشد). اگر سیستم بازگشت به مقیاس کاهشی که یک پدیده واقعی‌تر است بررسی شود، در این حالت مقدار ورودی AC قادر به تولید خروجی B در روی MN می‌باشد (عجب شیرچی اسکوئی و همکاران، ۱۳۹۰).



شکل ۱. مرز کارایی برای واحدها با یک ورودی و یک خروجی

در مطالعه حاضر از روش نهاده محور استفاده گردید و کارایی فنی از فرمول زیر محاسبه شد (Mobtaker *et al.*, 2012):

(۱) (مجموع موزون ورودی‌ها)/(مجموع موزون خروجی‌ها)=کارایی

فرمول بالا می‌تواند در غالب مدل برنامه‌ریزی خطی به‌صورت زیر بیان شود.

$$Maximize \quad \theta = \sum_r u_r y_{rj} \tag{۲}$$

$$\sum_i v_i x_{ij} = 1 \tag{۳}$$

$$\sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \le 0 \quad \text{for j= 1, 2, 3,…n} \tag{۴}$$

$$u_r \ge 0, \quad \text{for j= 1, 2, 3,…s} \quad \text{and} \quad v_s \ge 0, \text{for j= 1, 2, 3,…m} \tag{۵}$$

که در آن θکارایی فنی، u وزن خروجی‌ها، y خروجی‌ها، V وزن ورودی‌ها، x ورودی‌ها، nتعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده، s تعداد خروجی‌ها و m تعداد نهاده‌ها می‌باشد. همچنین برای محاسبه کاراییفنی مطلق از مدل برنامه‌ریزی خطی زیر استفاده شد (Mousavi–Avval *et al.*, 2011):

$$Maximize \qquad z=uy_i - u_i \tag{۶}$$

$$Subjected\ to \quad vx_i=1 \tag{۷}$$

$$-vX+uY - u_o e \le 0 \tag{۸}$$

$$v \ge 0,\ u \ge 0 \ \ and \ \ u_o \ \ free\ in\ sing \tag{۹}$$

کارایی مقیاس از تقسیم این دو عامل به‌دست می‌آید و به‌صورت زیر تعریف می‌شود (Nassiri and Singh, 2008):

کارایی فنی مطلق / کارایی فنی = کارایی مقیاس (۱۰)

داده‌ها توسطنرم‌افزارFrontier Analyst 4تجزیه و تحلیل گردید و باغ‌ها از نظر مصرف انرژی و عملکرد تولید مورد ارزیابی قرار گرفتند، سپسواحدهای کارا و ناکارا مشخص‌شده و میزان مصرف نهاده‌ها در حالت بهینه محاسبه و بررسی شد.

نتایج و بحث

مقدار مصرف انرژی و منابع آن برای تولیدفندق در جدول ۱ آمده است. با توجه به نتایج که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میانگین عملکرد برای تولیدفندق در استان گیلان ۴۵۰/۲۰ کیلوگرم بر هکتار می‌باشد. همچنین بیشترین مصرف انرژی نهاده در تولیدفندق مربوط به کودهای شیمیایی (۵۲/۵۱٪) به‌ویژه نیتروژن (۳۴/۱۸٪) می‌باشد. در تحقیقی که بنائیان و زنگنه بر روی انرژی مصرفی برای تولیدگردو در همدان انجام دادند نیز کودهای شیمیایی با ۴۱٪ بیشترین مصرف انرژی را در بین نهاده‌ها داشت. آنها همچنین میزان مصرف انرژی در تولید گردو را ۱۵۱۹۶/۱ مگاژول بر هکتار اعلام کردند (Banaeian and Zangeneh, 2011). سهم انرژی آفت‌کش‌ها در انرژی ورودی تولیدفندق پایین بود و در واقع کمترین میزان مصرف انرژیدر بین نهاده‌ها متعلق به این نهاده بود (۲/۶۲٪).

جدول ۲، متوسط کاراییفنی، کاراییفنی مطلق و کارایی مقیاس را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که متوسط این شاخص‌ها به ترتیب برابر با ۰/۷۶۹، ۰/۹۱۱ و ۰/۸۴۱ می‌باشد. همچنین انحراف معیار این شاخص‌ها در این جدول نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود انحراف معیار شاخص کارایی فنی بیشتر از دو شاخص دیگر است که نشان می‌دهد باغداران به طور کامل از تکنیک‌های تولید آگاهی ندارند و یا از آن تکنیک‌ها به طور صحیح استفاده نمی‌کنند. محمدی و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی شاخص‌های کارایی در تولید کیوی در استان مازندران پرداختند. کاراییفنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاسباغات به ترتیب ۰/۹۴۲، ۰/۹۹۳ و ۰/۹۴۸ محاسبه گردید.

جدول ۱. مقادیرنهاده‌هاوستاندهدرتولید فندق.

نهاده‌ها	مقدار در هکتار	محتوای انرژی (MJ/ha)	درصد (٪)
نهاده‌های ورودی			
۱- نیروی انسانی (h)	۱۷۴/۸۲	۳۴۲/۶۵	۱۱/۹۷
۲- ماشین‌ها (h)	۴/۳۶	۲۹۰/۳۰	۱۰/۱۴
۳- سوخت (L)	۹/۵۲	۵۳۶/۱۶	۱۸/۳۷
۴- کودهای شیمیایی (kg)			
- نیتروژن (N)	۱۴/۷۹	۹۷۸/۴۴	۳۴/۱۸
- فسفات (P_2O_5)	۱۸/۹۴	۲۳۵/۵۹	۸/۲۳
- پتاسیم (K_2O)	۲۵/۹۳	۲۸۹/۱۲	۱۰/۱۰
۵- آفت‌کش (kg)	۰/۶	۷۵/۰۰	۲/۶۲
۶- کود حیوانی (kg)	۳۸۴/۵۳	۱۱۵/۳۶	۴/۰۳
کل انرژی ورودی		**۲۸۶۲/۶۲**	**۱۰۰/۰۰**
نهاده‌های خروجی			
۱- فندق (kg)	۴۵۰/۲۰	۱۱۲۵۵/۰۰	
کل انرژی خروجی		**۱۱۲۵۵/۰۰**	

جدول ۲. متوسط کاراییفنی، کاراییفنی مطلق و کارایی مقیاس در مزارع فندق.

شاخص	متوسط	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
کاراییفنی	۰/۷۶۹	۰/۱۸	۰/۲۱	۱
کاراییفنی مطلق	۰/۹۱۱	۰/۱۵	۰/۳۷	۱
کارایی مقیاس	۰/۸۴۱	۰/۱۳	۰/۵۰	۱

مقدار بهینه مصرف انرژی و میزان صرفه‌جویی هر کدام از نهاده‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. این مقادیر بر حسب مدل بازگشت به مقیاس متغیر محاسبه‌شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد مقدار متوسط مصرف انرژی در شرایط بهینه ۲۴۸۴/۸۲ مگاژول

در هکتار است که نسبت به شرایط کنونی ۳۷۷/۸۰ مگاژول کمتر است. این نتیجه نشان می‌دهد با توجه به توصیه‌های این مطالعه و بدون کاهش سطح فعلی عملکرد، می‌توان حدود ۱۳٪ در انرژی مصرفی صرفه‌جویی کرد.

بنائیان و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی کارایی گلخانه‌های توت‌فرنگی در شهر تهران با تکنیک تحلیل پوششی داده پرداختند. نتایج نشان داد که با به‌کارگیری این تکنیک می‌توان حدود ۲۷ درصد در نهاده‌ها صرفه‌جویی کرد (Banaeian *et al.*, 2011). در تحقیقی دیگر موسوی اول و همکاران به‌منظور تعیین میزان کارایی مزارع سویا در استان گلستان از تحلیل پوششی داده استفاده کردند. نتایج نشان داد که استفاده از این تکنیک می‌تواند باعث صرفه‌جویی ۲۰ درصدی در میزان نهاده‌ها شود بدون اینکه محصول خروجی کاهش یابد (Mousavi-Avval *et al.*, 2011).

در ستون آخر جدول ۳، درصد صرفه‌جویی هر یک از نهاده‌ها که در فندق استفاده می‌شود نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود انرژی ماشین‌ها با ۲۱/۵۲٪ بیشترین درصد ذخیره را به خودش اختصاص داده است. این مقدار بیانگر آن است که اختلاف زیادی در بین باغ‌های کارا و ناکارا از نظر استفاده از ماشین‌ها وجود دارد.

جدول۳. مقادیر بهینه و میزان صرفه‌جویی نهاده‌هادرتولید فندق.

نهاده‌ها	مقدار بهینه در هکتار (MJ/ha)	مقدار صرفه‌جویی (MJ/ha)	درصد ذخیره (٪)
۱- نیروی انسانی (h)	۳۲۷/۷۹	۱۴/۸۶	۴/۳۴
۲- ماشین‌ها (h)	۲۲۷/۸۳	۶۲/۴۷	۲۱/۵۲
۳- سوخت (L)	۴۶۱/۳۶	۷۴/۸۰	۱۳/۹۵
۴- کودهای شیمیایی (kg)	۱۳۰۳/۱۲	۲۰۰/۰۳	۱۳/۳۱
۵- آفت‌کش (kg)	۷۱/۲۰	۳/۸۰	۵/۰۷
۶- کود حیوانی (kg)	۹۳/۵۳	۲۱/۸۳	۱۸/۹۲
کل انرژی ورودی	**۲۴۸۴/۸۲**	**۳۷۷/۸۰**	**۱۳/۲۰**

استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها باعث بهینه‌سازی شاخص‌های انرژی در تولید فندق شد. همان طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود در شرایط بهینه نسبت انرژی ۴/۵۳ محاسبه شد. این در حالی است که در شرایط کنونی مقدار این شاخص ۳/۹۳ به‌دست آمد که تفاوت ۱۵/۲۷ درصدی مشاهده می‌شود. همچنین مقدار بهره‌وری انرژی در شرایط کنونی و بهینه به ترتیب ۰/۱۶ و ۰/۱۸ به‌دست آمد، که نشان می‌دهد با بهینه کردن مصرف انرژی، مقدار محصول تولیدی به ازای هر واحد انرژی مصرفی افزایش می‌یابد. سایر شاخص‌ها نیز به همین ترتیب در جدول ارائه‌شده‌اند.

شاخص‌ها	واحد	میانگین در شرایط موجود	میانگین در شرایط بهینه	تفاوت (٪)
نسبت انرژی	-	۳/۹۳	۴/۵۳	۱۵/۲۷
بهره‌وری انرژی	(kg/MJ)	۰/۱۶	۰/۱۸	۱۲/۵۰
شدت انرژی	(MJ/kg)	۶/۳۶	۵/۵۲	-۱۳/۲۱
افزوده خالص انرژی	(MJ/ha)	۸۳۹۲/۳۸	۸۷۷۰/۱۸	۴/۵۰
انرژی مستقیم	(MJ/ha)	۸۷۸/۸۱	۷۸۹/۱۵	-۱۰/۲۰
انرژی غیرمستقیم	(MJ/ha)	۱۹۸۳/۸۱	۱۶۹۵/۶۷	-۱۴/۵۲
انرژی تجدید پذیر	(MJ/ha)	۴۵۸/۰۱	۴۲۱/۳۲	-۸/۰۱
انرژی تجدید ناپذیر	(MJ/ha)	۲۴۰۴/۶۱	۲۰۶۳/۵۰	-۱۴/۱۹

محمدی و همکاران طی تحقیقی اعلام کردند بهینه‌سازی مصرف انرژی در تولید کیوی می‌تواند شاخص نسبت انرژی در تولید این محصول را به میزان ۱۳/۸۶٪ افزایش دهد (Mohammadi *et al.*, 2011). مبتکر و همکاران در تحقیقی به بهینه‌سازی مصرف انرژی در تولید یونجه پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص نسبت انرژی در حالت بهینه و کنونی به ترتیب برابر با ۲/۰۸ و ۱/۸۸ بوده و در شرایط بهینه ۱۰/۶٪ بیشتر از مقدار آن در شرایط کنونی است (Mobtaker *et al.*, 2012).

نتیجه‌گیری

این تحقیق در سال ۱۳۹۲ در شهرستان رودسر از توابع استان گیلان انجام شد. به طور کلی هدف از این مطالعه بررسی وضعیت انرژی مصرفی در تولیدفندق و ارائه راهکارهایی جهت بهبود وضعیت موجود بود. با توجه به نتایج این تحقیق نتیجه‌گیری زیر حاصل شد.

- بیشترین مصرف انرژی نهاده در تولیدفندق مربوط به کودهای شیمیایی (۵۲/۵۱٪) به‌ویژه نیتروژن (۳۴/۱۸٪) بود.
- متوسط کارایی‌فنی، کارایی‌فنی مطلق و کارایی مقیاس به ترتیب برابر با ۰/۷۶۹، ۰/۹۱۱ و ۰/۸۴۱ به‌دست آمد.

- نتایج نشان داد مقدار متوسط مصرف انرژی در شرایط بهینه ۲۴۸۴/۸۲ مگاژول در هکتار است که نسبت به شرایط کنونی ۳۷۷/۸۰ مگاژول کمتر است. این نشان می‌دهد با توجه به توصیه‌های این مطالعه و بدون کاهش سطح فعلی عملکرد، می‌توان حدود ۱۳٪ در انرژی مصرفی صرفه‌جویی کرد.
- استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها باعث بهینه‌سازی شاخص‌های انرژی در تولید فندق شد. به‌طوری که در شرایط بهینه نسبت انرژی ۴/۵۳ محاسبه شد که ۱۵/۲۷٪ بیشتر از شرایط کنونی بود.
- با مصرف نهاده‌ها به‌صورت الگوی پیشنهادی در این مطالعه، می‌توان انرژی مصرفی را به حداقل و عملکرد را به حداکثر مقدار رسانید، بدین منظور بایستی مصارف نهاده در واحدهای ناکارا را به واحدهای کارا نزدیک نمود، انجام آزمون بافت خاک و تعیین ساختار خاک و مقادیر صحیح اعمال کودهای شیمیایی، انتخاب ماشین‌های استاندارد و همچنین نگهداری و تعمیرات به هنگام آن‌ها، کمک‌های شایانی به بهینه‌سازی انرژی در منطقه خواهند نمود.

منابع

۱- الماسی،م.، کیانی‌َش.، ولویمی، ن. ۱۳۸۰،مبانیمکانیزاسیونکشاورزی. انتشاراتحضرتمعصومه.

۲- عجب شیرچی اسکوئی، ی.، تاکی، م.، عبدی، ر.، قبادی فر، ا.، و رنجبر، ا. ۱۳۹۰. بررسی کارایی انرژی مصرفی در کشت گندم دیم توسط تکنیک تحلیل پوششی داده (DEA) (مطالعه موردی: دشت سیلاخور). نشریه ماشین‌های کشاورزی جلد ۱، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۰، ص ۳۷- ۲۸.

۳- کوچکی، ع. ۱۳۷۳. کشاورزی و انرژی (نگرشی اکولوژیک). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

4- Banaeian, N., M. Omid and H. Ahmadi. 2011. Application of Data Envelopment Analysis to Evaluate Efficiency of Commercial Greenhouse Strawberry. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 3(3): 185-193.

5- Banaeian, N., and M. Zangeneh. 2011. Modeling Energy Flow and Economic Analysis for Walnut Production in Iran. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 3(3): 194-201.

6- Charnes, A.W., W. Copper, and E. Rhodes. 1984. Measuring the efficiency of decision marking units. European Journal of Operational Research 2(1): 429-444.

7- Erdal, G., K. Esengun, H. Erdal, and O. Gunduz. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32: 35–41.

8- Mobtaker, H.G., A. Keyhani, A. Mohammadi, Sh. Rafiee, A. Akram. 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agriculture, Ecosystems & Environment 137: 367–372.

9- Mobtaker, H.G., A. Akram, A. Keyhani, and A. Mohammadi. 2012. Optimization of energy required for alfalfa production using data envelopment analysis approach. Energy for Sustainable Development 16: 242–248.

10- Mohammadi, A., Sh. Rafiee, S.S. Mohtasebi, S.H. Mousavi-Avval, and H. Rafiee. 2011. Energy efficiency improvement and input cost saving in kiwifruit production using Data Envelopment Analysis approach. Renewable Energy 36: 2573–2579.

11- Mousavi–Avval, S.H., Sh. Rafiee, A. Jafari, and A. Mohammadi. 2011. Optimization of energy consumption for soybean production using Data Envelopment Analysis (DEA) approach. Applied Energy 35: 2156–2164.

12- Nassiri S.M., and S. Singh. 2009. Study on energy use efficiency for paddy crop using data envelopment analysis (DEA) technique. Applied Energy 86(7): 1320–1325.

13- Pahlavan, R., M. Omid, Sh. Rafiee, and S.H. Mousavi-Avval. 2012. Optimization of energy consumption for rose production in Iran. Energy for Sustainable Development 16: 236-241.

Optimization of energy use in hazelnut production: Case study in Roudsar city of Guilan province

Ashkan Nabavi-Pelesaraei[1*] HassanGhasemi Mobtaker[2] and Mir Hossein Payman[3]

1- MS Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, University of Tabriz
ashkan.nabavi91@ms.tabrizu.ac.ac.ir
2- PhD Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, University of Tabriz
3- Assistant Professor, Department of Agricultural Mechanization Engineering, University of Guilan

Abstract

The objective of this study was to apply a non-parametric method of data envelopment analysis (DEA) to analyze the efficiency of orchardists, discriminate efficient orchardists from inefficient ones and to identify wasteful uses of energy for hazelnut production in Guilan province of Iran. This method was used based on single output of hazelnut yield and six energy inputs including human labor, machinery, diesel fuel, chemical fertilizers, chemicals and farmyard manure. The technical, pure technical and scale efficiencies were calculated for hazelnut orchardists using CCR and BCC models. The results of DEA application showed, the average of technical, pure technical and scale efficiencies of orchardists were 0.769, 0.911 and 0.841, respectively. Energy saving target ratio for hazelnut production was calculated about 13%, indicating that by following the recommendations resulted from this study, about 378 MJ ha^{-1} of total input energy could be saved while holding the constant level of hazelnut yield. Moreover the energy use efficiency, energy productivity and net energy were improved by 15.27%, 12.50%, and 4.5% using optimization of energy, respectively.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Energy efficiency, Hazelnut and Optimization.