ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران (کرج)
۲۴ و ۲۵ شهریور ۱۳۸۹

تعیین روابط بین انرژی های ورودی و عملکرد تولید خربزه در شهرستان دلیجان

فاطمه میرشکاری
دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، گروه ماشین های کشاورزی.

چکیده

با افزایش جمعیت، کاهش زمین های قابل کشت و بالا رفتن سطح استانداردهای زندگی، اهمیت مباحث مربوط به انرژی مصرفی در بخش کشاورزی بیش از پیش نمود یافته است. محصول خربزه به عنوان یکی از مهمترین صیفی جات در سطح شهرستان دلیجان، واقع در استان مرکزی، به حساب می آید که هم اکنون ۲۵۰ کشاورز به کشت این محصول مشغول اند. در این پژوهش به بررسی مصرف انرژی و رابطه بین انرژی های ورودی و عملکرد، در هر هکتار از مزارع تولید خربزه در این شهرستان، پرداخته شده است. به این منظور داده های لازم از ۵۱ مزرعه کشت خربزه در شهرستان دلیجان جمع آوری شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند. مجموع انرژی های ورودی در کلیه ی مراحل تولید خربزه ۱۰۶۹۳۳۲/۲۵۸ مگاژول بر هکتار تخمین زده شده است که بیشترین مصرف انرژی ورودی در تولید خربزه، مربوط به سوخت(۸۱/۷۹٪) می باشد. نسبت انرژی و بازدهی انرژی در تولید خربزه، به ترتیب ۰/۱۸، ۰/۲۳کیلوگرم بر مگاژول به دست آمده است. انرژی تجدیدپذیر و انرژی تجدیدناپذیر به ترتیب سهم ۱۵/۰۵٪ و ۸۴/۹۵٪ از انرژی ورودی را به خود اختصاص داده اند. با استفاده از رابطه ی کاب-داگلاس در بررسی رابطه ی انرژی های ورودی و عملکرد، مشخص شده است که سوخت با ضریب ۰/۹۰۵ بیشترین تاثیر را بر میزان عملکرد محصول در مزارع کشت خربزه دارد.

۱. مقدمه

خربزه (*Cucumis melo L.*) از خانواده کدوییان (*Cucurbitaceae*) و یکی از محصولات با ارزش در اکثر کشورهای جهان می باشد. خربزه گیاهی پیچک دار و دارای گلهای زرد رنگ و ظاهری شبیه خیار بوده و میوه آن گوشتدار، متورم و بیضی شکل است (۱). خربزه بهترین نتیجه را در آب و هوای گرم و خشک می دهد. این گیاه بر اساس منشأ خود طالب گرما و به ویژه نور است. هوای ابری و بارانی در موقع رسیدن میوه باعث می شود که خربزه طعم مطبوع و کیفیت لازم را پیدا نکند. دوره رویش این گیاه طولانی تر از دوره رویش خیار بوده و بین ۸۰ تا ۱۰۰ روز متفاوت است. هرچند که خربزه در طیف وسیعی از انواع خاک ها کشت می شود ولی تنها در خاک های حاصلخیز که دارای مواد غذایی آلی و معدنی کافی باشند، بهترین نتیجه را می دهد. مناسب ترین Ph

برای کاشت خربزه بین ٦ تا ٧ می باشد. در خاک های اسیدی رشد آن کاهش یافته و برگ ها به رنگ زرد مایل به سبز در می آیند.

طبق آخرین آمارنامه منتشره در سال ٨٣، سطح زیر کشت خربزه در ایران ٧٩٩٩٢ هکتار و بیشترین سطح زیر کشت متعلق به استان خراسان با ٤٥٥٥٣ هکتار می باشد که حدود ٥٧٪ از سطح کل کشور را شامل می شود. طبق آمار فائو در سال ٢٠٠٥ ، ایران حدود ٦/١٪ از سطح زیر کشت جهان را به خود اختصاص داده است. متوسط عملکرد خربزه در ایران ١٥/٤ تن در هکتار و بیشترین عملکرد را استان تهران با حدود ٣٢ تن در هکتار داشته است. در ایران استان خراسان به عنوان مهترین تولید کننده خربزه در ایران دارای عملکرد متوسط ١٤ تن در هکتار می باشد. کل تولید خربزه در کشور ١٢٢١٦٣١ تن حدود ٤/٤٪ از تولید جهانی را در اختیار داشته و استان های مهم تولید کننده آن ، خراسان با ٦٣٦٤٥٩ تن ، سمنان با ١١٩٠٧٨ تن و خوزستان با ١٣٨٧٠٩ تن می باشند. استان خراسان ٥٧٪ از تولید کشور را در به خود اختصاص داده است (٢).

کشاورزی و انرژی، رابطه ی بسیار نزدیکی با یکدیگر داشته و در این میان، بخش کشاورزی به عنوان مصرف کننده و تولید کننده ی انرژی مطرح است(٣). میزان انرژی مصرف شده در تولید، فرآیند و توزیع بخش کشاورزی، بسیار قابل توجه بوده و از این نظر، تولید انرژی به میزان کافی و استفاده ی صحیح از آن، از اهمیت زیادی برخوردار است. از طرفی، عملکرد محصول و تولیدات غذایی نیز به طور مستقیم به انرژی وابسته اند(٤). انرژی مصرفی در بخش کشاورزی، با افزایش جمعیت، کاهش زمین های قابل کشت و بالا رفتن سطح استانداردهای زندگی رو به افزایش است. که در تمامی جوامع، این عوامل سبب افزایش انرژی های ورودی، با حداکثر کردن عملکرد یا حداقل کردن نیروی کارگری و یا هر دو می شود(٥). در کشورهای پیشرفته، افزایش عملکرد محصول در اثر افزایش ورودی های انرژی، در کنار استفاده از واریته های برتر، امکان پذیر می شود(٦). محاسبه ی ورودی های انرژی در تولیدات کشاورزی به دلیل تعداد زیاد فاکتورهای اثرگذار بر تولید، بسیار مشکل تر از انجام این محاسبات در بخش صنعت است(٧). تولید در کشاورزی با هدف اصلی افزایش عملکرد و کاهش هزینه ها همراه است(٨). در واقع، افزایش تولیدات کشاورزی در حداقل امکانات و با هزینه های رقابتی، برای ارتقاء سطح اقتصادی کشاورز، ضروری است(٩). پیش از این نیز، بسیاری از محققان برای به دست آوردن بازده انرژی تولیدات گیاهی، به تحلیل های انرژی و اقتصادی پرداخته اند، از جمله: نیشکر در موروکو(١٠)، کندم، درت دانه ای، چغندرقند، آفتابگردان، انگور، زیتون، بادام، جو، یولاف، چاودار، پرتقال، لیمو، سیب، گلابی، هلو، زردآلو و آلو در ایتالیا(١١)، برنج در مالزی(١٢)، گیلاس، مرکبات، زردآلو، گوجه گیلاسی، پنبه، چغندرقند، سبزیجات گلخانه ای و برخی از محصولات و سبزیجات زراعی در ترکیه(١٩-١٣)، گندم در ایران(٢٠)، سویا، ذرت دانه ای و گندم در ایتالیا(٢١)، سویا، سیب زمینی در هند(٢٢و٢٣)، ذرت وسورگوم در ایلات متحده آمریکا(٢٤) و پنبه و آفتابگردان در یونان(٢٥و٢٦).

هدف از این پژوهش، مشخص کردن انرژی موثر مصرف شده در هر هکتار برای تولید خربزه و مقایسه ی انرژی ورودی و هزینه های مربوط به آن هاست. این پژوهش به منظور تعیین کردن رابطه ی بین ورودی های انرژی و عملکرد با استفاده از مدل های ریاضی در مزارع کشت خربزه در شهرستان دلیجان انجام شده است.

۲. مواد و روش ها

داده های مورد بررسی از ۵۱ مزرعه کشت خربزه در شهرستان دلیجان واقع در استان مرکزی و به شیوه ی مصاحبه ی حضوری در پاییز سال های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸، جمع آوری شده اند. شهرستان دلیجان در طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۱٦ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ٤۲ دقیقه تا ۳٤ درجه و ۱۸ دقیقه واقع شده است. این شهرستان با مساحت ۲۱۷۰ کیلومتر مربع ، ۷/٤ ٪ از مساحت استان را به خود اختصاص داده است(۲۷و۲۸).

در این بررسی، کشاورزان به طور تصادفی در منطقه انتخاب شده و ورودی های انرژی شامل، نیروی کارگری، ماشین ها، سوخت های فسیلی، کودهای شیمیایی، کودهای دامی(FYM)، مواد شیمیایی و سموم، آبیاری و خروجی میزان عملکرد محصول برای تخمین نسبت انرژی، مورد استفاده قرار گرفته اند. هم ارزهای انرژی در جدول ۱ برای تخمین انرژی های ورودی و خروجی استفاده شده اند و هم ارزهای انرژی مربوط به ماشین ها از طریق رابطه ی زیر به دست می آیند(۳۰):

$$ME = E\frac{G}{T} \qquad (۲)$$

که در اینجا ME انرژی ماشین (MJ/h)، E(= ٦۲/۷ MJ/kg) انرژی تولیدی ماشین، G وزن ماشین (kg) و T عمر اقتصادی ماشین (h) می باشند.

اطلاعات اولیه ی مربوط به ورودی های انرژی و عملکرد محصول خربزه در نرم افزارهای صفحه گسترده ی اکسل (Excel) و SPSS11 وارد شده و بر اساس معادل های انرژی های ورودی و خروجی (جدول ۱)، نسبت انرژی (انرژی مصرفی موثر)، بازدهی انرژی، انرژی ویژه، انرژی خالص و شدت انرژی مورد محاسبه قرار گرفته اند (۱۳و۲۱و۳۱و۲۲):

$$\text{نسبت انرژی} = \frac{\text{(مگاژول بر هکتار) انرژی خروجی}}{\text{(مگاژول بر هکتار) انرژی ورودی}} \qquad (۳)$$

$$\text{بهره وری انرژی} = \frac{\text{(کیلوگرم بر هکتار) عملکرد محصول}}{\text{(مگاژول بر هکتار) انرژی ورودی}} \qquad (۴)$$

$$\text{انرژی ویژه} = \frac{\text{(مگاژول بر هکتار) انرژی خروجی}}{\text{(کیلوگرم بر هکتار) عملکرد محصول}} \qquad (۵)$$

$$\text{انرژی خالص} = \text{(مگاژول بر هکتار) انرژی خروجی} - \text{(مگاژول بر هکتار) انرژی ورودی} \qquad (۶)$$

$$\text{شدت انرژی} = \frac{\text{(مگاژول بر هکتار) انرژی خروجی}}{\text{(ریال بر هکتار) هزینه کشت و کار}} \quad (۷)$$

می توان تقاضای انرژی در کشاورزی را به دو نوع انرژی های مستقیم و غیر مستقیم یا انـرژی هـای تجدیدپـذیر و تجدیدناپذیر تقسیم کرد(۳۲). انرژی غیر مستقیم (IDE) شامل انرژی درونی بذر، کودهای شیمیایی، کودهای دامـی، مواد شیمیایی و سموم و ماشین هاست در حالیکه انرژی مستقیم (DE) ، انرژی های نیروی کارگری، سوخت هـای فسیلی، آبیاری و انرژی الکتریکی را شامل می شود. انرژی تجدیدناپذیر(NRE) شامل انرژی های مربوط بـه ماشـین ها، سوخت، کودهای شیمیایی و سموم شیمیایی است و انرژی تجدیدپذیر (RE) انـرژی نیروهـای کـارگری، بـذر، کودهای حیوانی و آبیاری را در بر می گیرد.

جدول ۱- هم ارزهای انرژی های ورودی و خروجی در تولید کشاورزی

خصوصیات	واحد	هم ارزهای انرژی (مگاژول بر واحد)	منبع
آ. نهاده			
۱. نیروی کارگری	ساعت	۱/۹٦	(۱٤و۱٦و۳۳)
۲. ماشین	ساعت	٦۲/۷	(۱۷و۳۳و۳٤)
۳. سوخت	لیتر	٥٦/۳۱	(۱۷و۳۳و۳٤)
٤. کودهای شیمیایی	کیلوگرم		
(ا) نیتراته (N)		٦٦/۱٤	(٥و۱٦و۳٥)
(ب) فسفاته (P_2O_5)		۱۲/٤٤	(٥و۱٦و۳٥)
(پ) پتاسه (K_2O)		۱۱/۱٥	(٥و۱٦و۳٥)
٥. کود حیوانی	کیلوگرم	۰/۳۰	(۱۳و۱٤و۳٦)
٦. سموم شیمیایی	کیلوگرم	۱۲۰	(۱۹و۲۲و۳٤)
۷. آبیاری	مترمکعب	۱/۰۲	(۳۷و۳۸)
۸. بذر (خربزه)	کیلوگرم	۱	(۳۹)
ب. ستانده			

۱. خربزه	کیلوگرم	۰/۸	(۳۹)

از آنجایی که توابع تولید بر تعیین تخصیص کارای منابع مرکزیت دارند، برای به دست آوردن رابطه ی بین ورودی ها و عملکرد به یک تابع ریاضی ویژه نیاز است. به همین منظور توابع مختلفی مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به به علامت های مورد انتظار و معناداری آماری پارامترها، روی هم رفته، تابع تولید کاب–داگلاس تخمین های بهتری را نتیجه داد. تابع کاب–داگلاس به صورت زیر تعریف شده است:

$$Y = f(x)\exp(u) \qquad (۸)$$

پیش از این نیز، چندین نفر از این تابع برای بررسی رابطه ی بین انرژی ورودی و عملکرد استفاده کرده اند (۴۰و۴۱و۴۲). رابطه ی ۸ را می توان به صورت رابطه ی خطی زیر بازنویسی کرد:

$$\ln Y_i = a + \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \ln(X_{ij}) + e_i \qquad i = 1,2,...,n \qquad (۹)$$

در اینجا Y_i عملکرد مزرعه i ام، X_{ij} نهاده های مورد استفاده در فرآیند تولید، a مقداری ثابت، α_j ضرایب ورودی ها که از مدل تخمین زده می شوند و e_i مقدار خطا را نشان می دهند.

در صورتی که فرض کنیم، با صفر شدن انرژی ورودی، انرژی خروجی نیز صفر می شود، رابطه ی ۹ به صورت خلاصه شده ی زیر در می آید (۴۱و۴۳):

$$\ln Y_i - \sum_{j=1}^{n} \beta_j \ln(X_{ij}) + c_i \qquad (۱۰)$$

رابطه ی ۱۰ را می توان طبق فرض آنکه عملکرد تابعی از ورودی های انرژی است، به صورت زیر نشان داد:

$$\ln Y_i = \alpha_1 \ln X_1 + \alpha_2 \ln X_2 + \alpha_3 \ln X_3 + \alpha_4 \ln X_4 + \alpha_5 \ln X_5 + \alpha_6 \ln X_6 + \alpha_7 \ln X_7 + \alpha_8 \ln X_8 + e_i \qquad (۱۱)$$

در اینجا $X_i (i = 1,2,...,9)$ به ترتیب نهاده های نیروی کارگری (X_1)، ماشین (X_2)، سوخت (X_3)، کودهای شیمیایی (X_4)، کود حیوانی (X_5)، سموم شیمیایی (X_6)، آبیاری (X_7)و بذر (X_8) را شامل می شوند.

با استفاده از این رابطه، میزان تاثیر انرژی هر یک از نهاده ها بر انرژی خروجی، مورد مطالعه قرار گرفته است. سپس اثر انرژی های مستقیم و غیر مستقیم و انرژی های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر انرژی خروجی بررسی شد. در همین راستا، تابع کاب–داگلاس به دو شکل زیر در خواهد آمد:

$$\ln Y_i = \beta_1 \ln DE + \beta_2 \ln IDE + e_i \qquad (۱۲)$$

$$\ln Y_i = \gamma_1 \ln RE + \gamma_2 \ln NRE + e_i \qquad (۱۳)$$

در اینجا Y_i عملکرد مزرعه i ام و β_i و γ_i ضرایب متغیرهای مستقل اند.

۳. نتایج و بحث

در این پژوهش، داده های مورد بررسی از ۵۱ مزرعه کشت خربزه در شهرستان دلیجان واقع در استان مرکزی جمع آوری شده اند که نظام بهره برداری از ماشین در ٤٠٪ از این مزارع بـه صـورت خصوصـی و در ٦٠٪ باقیمانـده بـه صورت خدماتی است. ٤٣٪ از مزارع مورد بررسی با مالکیت خصوصی بوده و ٥٧٪ دیگر به صـورت اجـاره ای در اختیار کشاورز قرار دارد. اندازه ی میانگین قطعات کشت خربزه ۳/۱ هکتار بوده است.

۳.۱ تحلیل بهره گیری از انرژی ورودی-خروجی در تولید خربزه

جدول ۲، نهاده های مورد استفاده در تولید محصول خربزه و معادل های انرژی آنها را به همراه محصول تولیدی در واحد سطح و معادل انرژی مربوط به آن، نشان می دهد. نتایج به دست آمده، نمایانگر آنست که در هر هکتار مزرعه ی تولید خربزه، ۱۰۸۱/٤ ساعت نیروی کارگری و ۸٤۱/۱ ساعت توان ماشینی موردنیاز است. علاوه بـر آن، در هـر هکتار، ۱۵۵۳۱/۵ لیتر سوخت برای کارهای ماشینی لازم است. مقدار کودهای شیمیایی مصرفی و سموم شیمیایی در پرورش خربزه، به ترتیب ۳٦٤/٤ و ۵/۱ کیلوگرم در هکتار به دست آمده است. به این ترتیب، مقادیر بقیـه ی نهـاده ها در جدول ۲ آمده اند. ستون آخر جدول ۲، سهم هر یک از نهاده ها را در کل انرژی ورودی تعیـین کـرده اسـت. در اینجا مجموع انرژی های ورودی در کلیه ی مراحل تولید خربزه ۱۰٦۹۳۳۲/۲۵۸ مگا ژول بر هکتـار تخمـین زده شده است. در یک بررسی مشابه (٤٤) مجموع انرژی های ورودی در تولید طالبی ۳۵۳۲۱ مگاژول بر هکتـار تعیـین شده است. نتایج نشان می دهند که بیشترین مصرف انرژی ورودی در تولید خربـزه، مربـوط بـه سـوخت(۸۱/۷۹٪) بوده است. پیش از این نیز، در چندین مقاله ی دیگر، سوخت به عنوان انرژی برترین نهاده در تولید محصول عنوان شده است (۵و۱۵و٤۵و٤٦). انرژی معادل کود حیوانی مصرفی (۱٤۲٦۰۳/۲۹ مگاژول بـر هکتـار) بعـد از سـوخت، بیشترین انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده است. میانگین عملکرد سالیانه ی محصول ۲٤۲۸٤٦/۱ کیلوگرم در هکتار بوده و مجموع انرژی معادل خروجی مربوط به آن ۱۹٤۲۷٦/۸۸ مگاژول در هکتار به دست می آید. با توجـه به جدول ۲، بذر با ۳ مگاژول بر هکتار انرژی معادل و کود پتاسـه بـا ٤۳/٤۸۵ مگـاژول بـر هکتـار انـرژی معـادل، کمترین سهم انرژی مصرفی را در تولید محصول دارند.

جدول ۲- مقادیر ورودی ها، خروجی ها و انرژی های ورودی و خروجی در تولید خربزه

نهاده (واحد)	مقدار در واحد هکتار	انـرژی معـادل (مگـاژول بـر هکتار)	درصد (٪)
آ. نهاده ها			
نیروی کارگری (ساعت)	۱۰۸۱/٤	۲۱۱۹/۵٤٤	۰/۲۰
ماشین (ساعت)	۸٤۱/۱	۱۰۹۸٤/۷٦٦	۱/۰۲

سوخت (لیتر)	۱۵۵۳۱/۵	۸۷٤٥۷۸/۷٦٥	۸۱/۷۹
کودهای شیمیایی (کیلوگرم)	۳٦٤/٥	۱٦٤۹۹/۰۸	۱/٥٤
(ا) نیتراته (N) (کیلوگرم)	۲۲۲/۹	۱٤۷٤۲/٦۰٦	۱/۳۸
(ب) فسفاته (P_2O_5) (کیلوگرم)	۱۳۷/۷	۱۷۱۲/۹۸۸	۰/۱٦
(پ) پتاسه (K_2O) (کیلوگرم)	۳/۹	٤۳/٤۸٥	۰/۰۰
کود حیوانی (کیلوگرم)	٤۷٥۳٤٤/۳	۱٤۲٦۰۳/۲۹	۱۳/۳٤
سموم شیمیایی (کیلوگرم)	٥/۱	٦۱۲	۰/۰٦
آبیاری (مترمکعب)	٥۳۲٦/۲۱	٥٤۳۲/۷۳٤۲	۰/٥۱
بذر (خربزه) (کیلوگرم)	۳	۳	۰/۰۰
مجموع انرژی های ورودی (مگاژول)		۱۰٦۹۳۳۲/۲٥۸	
ب. ستانده			
خربزه (کیلوگرم)	۲٤۲۸٤٦/۱	۱۹٤۲۷٦/۸۸	
مجموع انرژی های خروجی (مگاژول)		۱۹٤۲۷٦/۸۸	

نسبت انرژی (انرژی مصرفی موثر)، بازدهی انرژی، انرژی ویژه، انرژی خالص و شدت انرژی در تولید خربزه، در جدول ۳ آورده شده اند. نسبت انرژی ۰/۱۸ محاسبه شده است و نشان دهنده ی مصرف ناکارای انرژی در مزارع کشت خربزه است. دو راه حل ممکن برای افزایش نسبت انرژی، افزایش عملکرد محصول و یا کاهش مصرف انرژی ورودی به شمار می رود. پیش از این نیز در تحقیقاتی دیگر، نتایج مشابهی برای محصولات مختلف به دست آمده است. برای مثال نسبت انرژی ۰/۷٤ برای پنبه(۱٦)، ۰/۷٦ برای خیار، ۰/٦۱ برای بادمجان، ۰/۹۹ برای فلفل(۱۸) و ۰/۹۹ برای گوجه فرنگی (٤۷). بازدهی انرژی ۰/۲۲ محاسبه شده و به معنای آن است که به ازای هر واحد انرژی، ۰/۲۲ واحد عملکرد خواهیم داشت. محاسبه ی درجه ی بازدهی انرژی در بسیاری از تحقیقات موردنظر قرار گرفته است مانند، سویا ۰/۱۸ (۹)، سیب زمینی ۰/۳٥ (۳٤) و گیلاس ۰/٥۱ (۳۲). انرژی ویژه، انرژی خالص و شدت انرژی در تولید خربزه به ترتیب ٤/٤۰ مگاژول کیلوگرم، ۸۷٥۰٥٥- مگاژول بر هکتار و ۰/۰٥ مگاژول بر ریال محاسبه شده اند. منفی بودن مقدار انرژی خالص نمایانگر وجود تلافات انرژی در تولید خربزه است.

مجموع انرژي ورودي به شكل هاي مستقيم، غير مستقيم، تجديدپذير و تجديدناپذير در جدول ۳ آورده شده است. مجموع انرژي ورودي را مي توان به شكل هاي انرژي مستقيم (۸۳/۰۳%)، انرژي غير مستقيم (۱۶/۹۷%) و انرژي تجديدپذير (۱۵/۰۵%) و انرژي تجديدناپذير(۸۴/۹۵%) تقسيم بندي نمود. محققين دريافته اند

که در سیستم هاي زراعي، سهم انرژي مستقيم بيشتر از انرژي غيرمستقيم و سهم انرژي غيرتجديدپذير بيشتر از انرژي تجديدپذير است (۵و۳۰و۳۲).

جدول ۳

نسبت ورودی–خروجی انرژی در تولید خربزه

موارد	واحد	خربزه
نسبت انرژی	–	۰/۱۸
بازدهی انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۲۳
انرژی ویژه	مگاژول کیلوگرم	٤/٤۰
انرژی خالص	مگاژول بر هکتار	–۸۷۵۰۵۵
شدت انرژی	مگاژول بر ریال	۰/۰۵
انرژی مستقیم	مگاژول بر هکتار	۸۸۲۱۳۱/۰٤ (٪۸۳/۰۳)
انرژی غیرمستقیم	مگاژول بر هکتار	۱۷۰۷۰۲/۱٤ (٪۱٦/۹۷)
انرژی تجدیدپذیر	مگاژول بر هکتار	۱۵۰۱۵۸/۵۷ (٪۱۵/۰۵)
انرژی تجدیدناپذیر	مگاژول بر هکتار	۹۰۲٦۷٤/٦۱ (٪۸٤/۹۵)
مجموع انرژی ورودی	مگاژول بر هکتار	۱۰٦۹۳۳۲/۲۵۸(٪۱۰۰)

۳.۲ تخمین مدل اقتصادی–آماری تولید خربزه

در بررسی تولید محصول خربزه، رابطه ی بین انرژی های ورودی و عملکرد با استفاده از تابع کاب–داگلاس تخمین زده می شود. عملکرد (متغیر وابسته)، تابعی از انرژی های مربوط به نیروی کارگری، ماشین، سوخت، کودهای شیمیایی، کود حیوانی، مواد شیمیایی و سموم، آبیاری و بذر (متغیرهای مستقل) در نظر گرفته شده است. با به دست آوردن مدل های ۱و۲و۳ (به ترتیب روابط ۱۱ تا ۱۳)، وجود خودهمبستگی با استفاده از آزمون Durbin–Watson مورد بررسی قرار گرفت. در مدل ۱ (رابطه ی ۱۱) مقدار Durbin–Watson ، ۱/۷۰۸ بوده که نشان دهنده ی عدم وجود خود همبستگی در سطح ۵٪ در مدل تخمینی می باشد و به این ترتیب از بابت استقلال داده ها هیچگونه نگرانی ای وجود ندارد. ضریب تشخیص (R^2) در این مدل ۰/۹۹۹ می باشد.

تاثیر ورودی های انرژی بر عملکرد با استفاده از رابطه ی ۱۱ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج رگرسیون در جدول ٤ نشان داده شده است. با توجه به جدول ٤، تاثیر متغیرهای مستقل ماشین، کودهای شیمیایی، کود حیوانی و آبیاری بر عملکرد خربزه، در سطح ۱٪ معنادار است. این بدان معنا است که با افزایش یک درصدی مقدار هر یک از این متغیرها، به ترتیب به میزان ۰/۱۱۹، ۰/۳۸۳، ۰/۱۳۰ و ۰/۷۳۱ به عملکرد افزوده می شود. بر همین اساس، تاثیر متغیرهای مستقل سوخت و سموم شیمیایی با ضرایب ۰/۹۰۵ و ۰/۱۹۳ در سطح ۵٪، بر میزان

عملکرد خربزه معنی دار است. اما میزان عملکرد متاثر از نیروی کارگری و بذر نبوده و می توان ایـن دو متغیـر را از مدل حذف کرد.

جدول ٤

نتایج تخمین اقتصادی-آماری ورودی ها

متغیر وابسته عملکرد و متغیرهای مستقل	ضرایب استاندارد نشده (α_i)	t
مدل ۱: $\ln Y_i = \alpha_1 \ln X_1 + \alpha_2 \ln X_2 + \alpha_3 \ln X_3 + \alpha_4 \ln X_4 + \alpha_5 \ln X_5 + \alpha_6 \ln X_6 + \alpha_7 \ln X_7 + \alpha_8 \ln X_8 + e_i$		
۱. نیروی کارگری	۰/۲۱	۰/٤٤۱ ^{ns}
۲. ماشین	۰/۱۱۹	۲/۸۵۵ **
۳. سوخت	۰/۹۰۵	۲/۵۵۲ *
٤. کودهای شیمیایی	۰/۳۸۳	۳/۷۵۷ **
۵. کود حیوانی	۰/۱۳۰	۳/۱٤۵ **
٦. سموم شیمیایی	۰/۱۹۳	۲/۵۷٦ *
۷. آبیاری	۰/۷۳۱	۱۰/۳٦۱ **
۸. بذر	-۰/۰۷۹	-۰/۳٤۲ ^{ns}
Durbin-Watson	۱/۷۰۸	
R^2	۰/۹۹۹	

*معنی دار در ۵٪

** معنی دار در سطح ۱٪

ضـرایب رگرسـیونی انـرژی هـای مسـتقیم و غیـر مسـتقیم(مـدل ۲) و همچنـین انـرژی هـای تجدیدپـذیر و تجدیدناپذیر(مدل ۳) در ارتباط با عملکرد، طبق روابط ۱۲ و ۱۳، در جدول ۵ آمده است. آنچنان کـه از جـدول بـر می آید کلیه ی ضرایب رگرسیونی انرژی های مستقیم، غیر مستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در سـطح ۱٪ معنـی دار بوده و میزان تاثیر هر یک از آنها بر عملکـرد، بـه ترتیـب ۰/۵۲۹، ۰/۵۳۱، ۰/۵۸۷ و ۰/۵۰٤ مـی باشـد. بنـابراین انرژی های غیرمستقیم بیشتر از انرژی های مستقیم بر عملکرد اثرگـذار بـوده و انـرژی هـای تجدیدپـذیر بیشـتر از انرژی های تجدیدناپذیر بر عملکرد تاثیر می گذارند. مقدار Durbin-Watson در روابط ۱۲ و ۱۳، به ترتیـب، ۱/۰۰۱ و ۰/۹۸٦ محاسبه شده است و مقدار R^2 در این مدل ها به ترتیب ۰/۹۹۷ و ۰/۹۹٦ می باشد.

جدول ۵- تخمین اقتصادی-آماری انرژی های مستقیم، غیر مستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر

متغیر وابسته عملکرد و متغیرهای مستقل	ضرایب استاندارد نشده (β_i)	t
مدل ۲: $\ln Y_i = \beta_1 \ln DE + \beta_2 \ln IDE + e_i$		
انرژی مستقیم	۰/۵۲۹	۵/۸۱۵**
انرژی غیر مستقیم	۰/۵۳۱	٤/٤٥٢**
Durbin-Watson	۱/۰۰۱	
R^2	۰/۹۹۷	
مدل ۳: $\ln Y_i = \gamma_1 \ln RE + \gamma_2 \ln NRE + e_i$		
انرژی تجدیدپذیر	۰/۵۸۷	۷/۰۸۹**
انرژی تجدیدناپذیر	۰/۵۰٤	۸/۳۰۸**
Durbin-Watson	۰/۹۸٦	
R^2	۰/۹۹٦	

*معنی دار در ۵٪

** معنی دار در سطح ۱٪

٤. نتیجه گیری

در نتیجه ی این پژوهش، مجموع انرژی های ورودی در کلیه ی مراحل تولید خربزه ۱۰٦۹۳۳۲/۲۵۸ مگاژول بر هکتار تخمین زده شده است که بیشترین مصرف انرژی ورودی در تولید خربزه، مربوط به سوخت(۸۱/۷۹٪) می باشد. انرژی معادل کود حیوانی مصرفی (۱٤۲٦۰۳/۲۹ مگاژول بر هکتار) بعد از سوخت، بیشترین انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده است. مجموع انرژی معادل خروجی مربوط به تولید خربزه ۱۹٤۲۷٦/۸۸ مگاژول در هکتار به دست می آید. نسبت انرژی، بازدهی انرژی، انرژی ویژه، انرژی خالص و شدت انرژی در تولید خربزه به ترتیب ۰/۱۸، ۰/۲۳کیلوگرم بر مگاژول ، ٤/٤۰ مگاژول کیلوگرم، ۸۷۵۰۵۵- مگاژول بر هکتار و ۰/۰۵ مگاژول بر ریال محاسبه شده اند. انرژی ورودی را می توان به شکل های انرژی مستقیم (۸۳/۰۳٪)، انرژی غیر مستقیم (۱٦/۹۷٪) و انرژی تجدیدپذیر (۱۵/۰۵٪) و انرژی تجدیدناپذیر(۸٤/۹۵٪) تقسیم بندی نمود.

سوخت و آبیاری با ضرایب ۰/۹۰۵و ۰/۷۳۱ و پس از آنها، نیروی کارگری با ضریب ۰/۲۱ بیشترین تاثیر را بر میزان عملکرد محصول در مزارع کشت خربزه دارند. میزان تاثیر انرژی های مستقیم، غیر مستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، بر عملکرد، به ترتیب ۰/۵۲۹، ۰/۵۳۱، ۰/۵۸۷ و ۰/۵۰٤ می باشد.

منابع

(۱) دانشنامه آزاد ویکی پدیا (http://fa.wikipedia.org)

(۲) پایگاه اینترنتی معاونت امور تولیدات گیاهی وزارت جهاد کشاورزی (http://agron.agri-jahad.ir)

(3) Alam M.S., Alam M.R., Islam K.K. Energy flow in agriculture: Bangladesh. Am J Environ Sci 2005; 1(3):213-20

(4) Stout B.A. Handbook of energy for world agriculture. London: Elsevier Applied Science, 1990.

(5) Esengun K., Gunduz O., Erdal G. Input-output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Convers Manage 2007; 48:592-8.

(6) Faidley LW. Energy and agriculture. In: Fluck RC, editor. Energy in farm production. Amsterdam: Elsevier; 1992. p. 1-12.

(7) Yaldiz O, Ozturk HH, Zeren Y, Bascetomcelik A. Energy usage in production of field crops in Turkey. In: 5th International congress on mechanization and energy use in agriculture; 11-14 October, 1993, Kusadasi, Turkey.

(8) Gezer I, Acaroglu M, Haciseferogullari H. Use of energy and labour in apricot in Turkey. Biomass Bioenergy 2003;24(3):215-9.

(9) De D, Singh RS, Chandra H. Technological impact on energy consumption in rainfed soybean cultivation in Madhya Pradesh. Appl Energy 2001;70:193-213.

(10) Mrini M, Senhaji F, Pimentel D. Energy analysis of sugarcane production in Morocco. Environ, Dev Sustainability 2001;3:109-26.

(11) Triolo L. Unmole H, Mariant A, Tomarchio L. Energy analyses of agriculture: the Italian case study and general situation in developing countries. In: Third international symposium on mechanization and energy in agriculture, Izmir, Turkey, October 26-29; 1987. p. 172-84.

(12) Bokari-Gevao SM, Wan Ishak WI, Azmi Y, Chan CW. Analysis of energy consumption in lowland rice-based cropping system of Malaysia. Sci Technol 2005; 27(4):819-26.

(13) Demircan V, Ekinci K, Keener HM, Akbolat D, Ekinci C. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turket: a case study from Isparta province. Energy Convers Manage 2006;47:1761-9.

(14) Ozkan B, Akcaoz H, Karadeniz F. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. Energy Convers Manage 2004;45:1821-30.

(15) Esengun K, Erdal G, Gunduz O, Erdal H. An economic analysis and energy use in stake-tomato production in Tokat province of Turkey. Renew Energy 2007;32:1873-81.

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

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

(18) Ozkan B, Kurklu A, Akcaoz H. An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. Biomass Bioenergy 2004;26:189-95.

(19) Canakci M, Topakci M, Akinci I, Ozmerzi A. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey. Energy Convers Manage 2005;46:655-66.

(20) Safa M, Tabatabaeefar A. Energy consumption in wheat production in irrigated and dry land farming. In: Proc. Intl. Agric. Eng. Conf., Wuxi, China, November 28-30;2002.

(21) Sartori L, Basso B, Bertocco M, Oliviero G. Energy use and economic evaluation of a three year crop rotation for conservation and organic farming in NE Italy. Biosyst Eng 2005;91(2):245-56.

(22) Mandal KG, Saha KP, Ghosh PK, Hati KM, Bandyopadhyay KK. Bioenergy and economic analysis of soyboea-based crop production systems in central India. Biomass Bioenergy 2002;23(5):337-45.

(23) Yadav RN, Singh RKP< Prasad S. An economic analysis of energy requirements in the production of potato crop in bihar sharif block of nalanda districh (Bihar). Econ Affair Kalkatta 1991;36:112-9.

(24) Franzluebbers Aj, Francis CA. Energy output-input ratio of maize sorghum management systems in Eastern Nebraska. Agric Ecosyst Environ 1995;53(3):271-8.

(25) Tsatsarelis CA. Energy requirements for cotton production in central Greece. J Agric Eng Res 1991;50:239-46.

(26) Kallivroussis L, Natsis A, Papadakis G. The energy balance of sunflower production for biodiesel in Greece. Biosyst Eng 2002;81(3):347-54.

(۲۷) اطلس گیتاشناسی استان‌های ایران، تهران: ۱۳۸۳ خ.

(۲۸) پایگاه اینترنتی مرکز آمار ایران (http://www.amar.org.ir)

(29) Yamane T. Elementary sampling theory. USA: Prentice-Hall Inc; 1967.

(30) Ozkan B, Fert C, Karadeniz CF. Energy and cost analysis for greenhouse and open-field grape production. Energy 2007;32:1500-4.
(31) Mohammadi A, Tabatabaeefar A, Shahin S, Rafiee S, Keyhani A. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. Energy Convers Manage 2008;49:3566-70.
(32) Kizilaslan H. Input-output energy analysis of cherries production in Tokat province of Turkey. Appl Energy 2009;86(7-8):1354-8.
(33) Singh H, Mishra D, Nahar NM. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in Arid Zone India-Part I. Energy Convers Manage 2002;43(16):2275-86.
(34) Singh JM. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Master of Science. Germany: International Institute of Management, University of Flensburg; 2002.
(35) Shrestha DS. Energy use efficiency imdicator for agriculture, 1998. Available from:<http://www.usaskca/agriculture/caedac/PDF/mcrae>. PDF,10/10/2002.
(36) Nagy CN. Energy coefficients for agriculture inputs in western Canada; May 31, 1999, Available from: <http://www.csale.usask.ca/ PDF. Documents/energy CoefficientsAg.pdf>.
(37) Acaroglu M. Energy from biomass, and applications. University of Selc-uk, Graduate School of Natural and Applied Science. Textbook (unpublished Turkish); 1998.
(38) Acaroglu M, Aksoy AS. The cultivation and energy balance of Miscanthus-giganteus production in Turkey. Biomass Bioenergy 2005;29:42-8.
(39) Mohammadi M, Omid M. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran, Applied Energy 2010;87:191-196.
(40) Singh G, Singh J, Singh J. Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. Energy Convers Manage 2004;45:453-65.
(41) Hatirli SA, Ozkan B, Fert C. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. Renew Energy 2006;31:427-38.
(42) Hatirli SA, Ozkan B, Fert C. An econometric analysis of energy input-output in Turkish agriculture. Renew Sust Energy Rev 2005;9:608-23.
(43) Singh H, Mishra D, Nahar NM, Rabjan M. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone India: Part II. Energy Convers Manage 2003;44(7):1053-67.
(44) Alexandrou A, Vyralas P, Adhikari D, Goorahoo D, Energy Inputs for Cautaloupe Production in San Joaquin Valley, California. Agricultural Engineering International: the CIGR Enjournal. Manuscript 1150-2220-1. Vol. IX. Jne, 2009.
(45) Anonymous. Annual Agriculture Statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran; 2005.<www.maj.ir>
(46) Piringer GJ, Steinberg L. Reevaluation of energy use in wheat production in the United States. J Ind Ecol 2006;10:149-67.
(47) Pashaee F, Rahmati MH, Pashaee P. Study and determination of energy consumption to produce tomato in the greenhouse. In: The 5th national conference on agriculture machinery engineering and mechanization; 27-28 August, 2008, Mashhad, Iran.