بررسی و تعیین شاخص های انرژی برای تولید سیب درختی در استان آذربایجان غربی، مطالعه موردی: شهرستان ارومیه

راحله فدوی[۱]، علیرضا کیهانی[۲]، سید سعید محتسبی[۲]

۱ و ۲ – به ترتیب کارشناس ارشد مکانیزاسیون کشاورزی و استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و فناوری دانشگاه تهران

fadavi.raheleh@gmail.com

چکیده

این تحقیق در سال زراعی ۸٦–۸۷ در استان آذربایجان غربی (شهرستان ارومیه) انجام شده و میزان بازده (نسبت) انرژی، بهره وری انرژی و افزوده خالص انرژی برای سیب درختی (رقم های رد و گلدن دلیشز) محاسبه گردید. در این مطالعه از روش نمونه‌گیری تصادفی مختلط استفاده شده و در نهایت تعداد ۸۰ پرسش نامه از طریق عملیات میدانی و مصاحبه با باغداران سیب تکمیل گردید. نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین سهم انرژی مصرفی مربوط به انرژی بسته بندی (۵۷ درصد) و آبیاری (۱٦ درصد) و کمترین مربوط به انرژی غیرمستقیم ماشین، کود حیوانی و حمل و نقل (جمعاً یک درصد) است. کارایی، بهره وری و افزوده خالص کل انرژی به ترتیب ۰/۵۱، ۰/۳ کیلوگرم بر مگاژول، ٤۹۲۹۱- مگاژول بر هکتار به دست آمد. بیشترین انرژی مصرفی مربوط به عملیات پس از برداشت (٤۱ درصد) بوده و سهم انرژی های مستقیم و غیرمستقیم به ترتیب ۱۹ و ۸۱ درصد محاسبه شد. تابع انرژی کاب داگلاس تخمین زده شد و نتایج رگرسیون نشان داد که نهاده های انرژی غیر مستقیم ماشین، کود شیمیایی، کود حیوانی و بسته بندی تأثیر معنی داری بر عملکرد سیب داشته اند.

واژه های کلیدی: بازده انرژی، بهره وری انرژی، سیب درختی، بسته بندی، تابع انرژی کاب داگلاس.

مقدمه

عرضه و تقاضای انرژی در جوامع بشری به طور مداوم افزایش یافته و زندگی روزمره انسان، چه در سطح جهانی و چه در سطح ملی، همواره مشروط به تولید و مصرف انرژی بوده است. استفاده روز افزون از منابع انرژی، افزایش قیمت آن ها، کاهش ذخایر موجود به ویژه فسیلی و از طرفی رشد جمعیت، جهان را در جهت یافتن راهکارهای جدید ترغیب نموده است. از دهه ۱۹۷۰ که بحران انرژی در دنیا اتفاق افتاد تحقیقات در زمینه مصرف انرژی آغاز شد، چرا که انرژی عامل تعیین کننده‌ای در توسعه صنعتی و اقتصادی بوده و خواهد بود. کشاورزی یکی از فعالیت های جهت دار انسان است که از حدود ۱۲ هزار سال پیش آغاز شده و از بخش های تولید کننده و مصرف کننده انرژی و هم چنین یکی از پایه های تمدن محسوب می شود. در گذشته چنان چه زمین تخریب می

شد انسان برای تولید غذا به مناطق دیگری نقل مکان می کرد ولی امروزه با افزایش جمعیت این امر امکان پذیر نیست (کوچکی نژاد و همکاران، ۱۳۷٦). بنابراین امروزه بحث پایداری در کشاورزی و حفظ محیط زیست یکی از مباحث مهم در دنیا می باشد که با به کارگیری استراتژی های جهانی می توان به این هدف نایل شد.

کشاورزی گذشته که انسان اولیه به آن می پرداخت عمدتاً وابسته به محیط طبیعی و هم چنین انرژی انسان و دام بوده است لیکن کشاورزی کنونی به جای این که خود را با محیط اطراف سازگار نماید سعی کرده بر گونه های دیگر غلبه کند و از طرق مختلف آنها را منهدم سازد (Hill, 1991). امروزه با به کارگیری بیشتر نهاده ها، مصرف انرژی و محدودیت های سیستم اکولوژیک افزایش یافته و اگر این روند ادامه یابد به یک سیستم ناپایدار خواهیم رسید که نسل های آینده را دچار مشکل خواهد کرد.

سیب یکی از محصولات منتخب و استراتژیک در دنیا و ایران بوده که اهمیتی فراوان از لحاظ اقتصادی، غذایی و صادراتی دارد. فلات ایران یکی از مراکز طبیعی رشد درختان سردسیری محسوب شده و در غرب و شمال آن در دامنه کوهستان های زاگرس و البرز رشد و پرورش میوه های سردسیری و نیمه سردسیری امکان پذیر است (منیعی، ۱۳۷٦). استان آذربایجان غربی ۲۷/۰۹ درصد کل سطح زیر کشت بارور سیب و ۲۹/۷۹ درصد کل تولید سیب کشور را (مقام اول) به خود اختصاص داده است (بی نام، ۱۳۸۵). تقریباً نیمی از سطح زیرکشت و تولیدات استان آذربایجان غربی متعلق به شهرستان ارومیه است (بی نام، ۱۳۸٤).

در تحقیقی در مورد مطالعه جریان انرژی در باغات سیب استان آذربایجان‌غربی بازده انرژی ۰/۹۷ به دست آمد که قسمت اعظم انرژی‌های مصرفی را به ترتیب آب آبیاری، کود شیمیایی نیتراته و سموم حشره کش و قارچ‌کش‌ها تشکیل می دادند (انرژی های برداشت و پس از برداشت لحاظ نشده بودند) (حسن زاده و رهبر، ۱۳۸٤).

تحقیق دیگری در باغات سیب یونان نشان داد که بیشترین انرژی مصرفی مربوط به نهاده های سوخت (۳۳ درصد)، ماشین ها (۲۵ درصد) و کودها به ویژه ازته (۱۵ درصد) بوده و برای عملیات باغداری بیشترین انرژی مربوط به کنترل آفات (٤۰ درصد)، برداشت و حمل ونقل (۲۱/٦ درصد) و کوددهی (۱٦/۸ درصد) گزارش گردید. با وجودی که هم ارز انرژی کارگری ۲/۲ مگاژول بر ساعت در نظر گرفته شده بود سهم کارگر فقط ۲/۷ درصد محاسبه شد و بازده انرژی (بدون محاسبه محصول فرعی) و شدت انرژی به ترتیب یک و ۲/۵ مگاژول بر کیلوگرم به دست آمدند (باغات سیب در سال یک یا دو بار آبیاری می شدند) (Strapatsa et al., 2006).

در ایتالیا در باغات سیب بیشترین انرژی مصرفی مربوط به سوخت (٤٦/٤ درصد) و سپس کود به ویژه ازته (۲۰/۹ درصد) گزارش شده است (Baldini et al., 1982).

در شرق آمریکا در باغات سیب بیشترین انرژی مصرفی مربوط به سوخت و ماشین ها (۷۰ درصد)، کودها (۱۰/۳ درصد) و حشره کش ها و قارچ کش ها (۱٤/۷ درصد) به دست آمده است (Funt, 1980). برای سایر محصولات باغی از جمله آلبالو (ترکیه)، زردآلو (ترکیه) و پرتقال (ترکیه) نیز تحقیقاتی در زمینه انرژی انجام شده است.

یکی از راه حل ها جهت رسیدن به سود حداکثر و استفاده صحیح از نهاده های مصرفی در یک موسسه تولیدی، انتخاب بهترین تابع تولید است، یعنی نهاده ها را چگونه باید مصرف کرد که به صرفه باشد. تابع تولید علاوه براین که به کشاورز کمک می کند که نهاده ها را به طور اقتصادی به کار گیرد در برنامه ریزی و سیاست

گذاری دولت نیز نقش به سزایی دارد. در کشاورزی توابع تولید متعددی وجود دارد که بسته به عوامل موثر در انتخاب تابع تولید و اهداف تولیدکننده با هم فرق دارند، یکی از این توابع تولید، تابع تولید کاب داگلاس[1] (لگاریتمی) است که آن را با اسامی دیگری مثل تابع نمایی، لگاریتمی، لگاریتمی خطی و....هم می نامند. تابع کاب داگلاس هنگامی که میزان مصرف نهاده های مختلف در سیستم تولید با هم اختلاف داشته باشند به کار گرفته می شود. در تحقیقی تابع انرژی کاب داگلاس برای گلخانه‌های گوجه فرنگی در ترکیه تخمین زده شد که معادله ای شامل متغیرهای مستقل کود شیمیایی، ماشین، انسان، آب و بذر بود که همه متغیرها به جز انرژی بذر معنی دار بوده و در عملکرد نقش داشتند (Hatirli et al., 2006).

هدف از اجرای این پژوهش، تعیین سهم هریک از نهاده های مصرفی از نظر مصرف انرژی در تولید سیب، تعیین شاخص های انرژی (بازده یا نسبت، بهره وری و افزوده خالص انرژی) در منطقه و مقایسه با مناطق دیگر (داخل و خارج کشور)، سهم انرژی های مستقیم و غیرمستقیم برای محصول مورد مطالعه و برآورد تابع انرژی با استفاده از مدل کاب داگلاس است.

مواد و روش ها

زمان پر کردن پرسش نامه ها و جمع‌آوری اطلاعات اوائل مهر ماه لغایت اواخر بهمن ماه سال ۱۳۸۷ و محدوده انجام پژوهش شهرستان ارومیه بوده و قبلاً ذکر شد که تقریباً نیمی از سطح زیرکشت و تولیدات استان آذربایجان غربی متعلق به این شهرستان است. ارتفاع از سطح دریا برای ارومیه ۱۳۱۳ متر و میانگین حداکثر دما ۱۹/٤ و میانگین حداقل دما ٦/۷ درجه سلسیوس است (سیب در زمره درختان سردسیری و نیمه سردسیری قرار دارد) (آریان پور و همکاران، ۱۳۸٦). اکثر باغات سیب در شهرستان آبی و الگوی کشت به صورت ٦×٦ یا ۷×۷ بوده (باغات پا بلند و سنتی) که نمونه های مورد بررسی به صورت ٦×٦ بودند (۲۷۷ درخت در یک هکتار)، در منطقه مورد مطالعه یک تا دو مورد ارقام پاکوتاه مشاهده شد ولی به دلیل کم بودن نمونه ها از آنها صرفنظر شد. ارقام رد و گلدن (Red & Golden Delicious) که سیب های سردخانه ای می باشند مورد نظر بود.

در مرحله اول مساحت باغات هر دهستان، تعداد بهره برداران و درصد سهم هر دهستان جهت نمونه گیری تعیین شد. از بین ۱۱ دهستان ارومیه هفت دهستان به صورت تصادفی انتخاب گردید طوری که ۸۰ درصد مساحت باغات شهرستان را پوشش دهد. در مرحله بعدی روستاهای موجود و تعداد بهره برداران هر دهستان لیست گردید و روستاهای مورد مطالعه به طور تصادفی انتخاب شدند و با استفاده از نمونه گیری تصادفی و به صورت وزنی (نمونه گیری مختلط) پرسش نامه ها تکمیل شد.

تعداد بهره برداران در این تحقیق حدوداً نزدیک به ۲۱۰۰۰ نفر بود (بی نام، ۱۳۸٤) که شامل باغداران شهرستان ارومیه (مرکز استان آذربایجان غربی) می باشد. در ابتدا ۸۰ پرسش نامه تکمیل و واریانس محاسبه شد (۰/۰۷). برای پیدا کردن حجم نمونه از فرمول کوکران استفاده گردید (منصورفر، ۱۳۸۷):

[1]- Cobb Douglas Production Function

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

که در آن N، اندازه جامعه آماری یا تعداد باغداران سیب، t ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t استیودنت به دست می آید. S^2 برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه که در این جا واریانس بازده انرژی در مناطق مورد مطالعه است، d دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان) و n حجم نمونه است. حجم نمونه از طریق فرمول کوکران محاسبه و برابر ۷۷ نفر تخمین زده شد و جهت دقت بیشتر به ۸۰ نفر افزایش یافت.

ابزار جمع آوری اطلاعات در این تحقیق پرسش نامه و مصاحبه رو در رو با باغداران در نظر گرفته شد، پرسش‌نامه نهایی پس از ارزیابی نمونه مقدماتی و انجام اصلاحات، شامل مطالبی از قبیل مشخصات عمومی باغدار، نوع و مشخصات تراکتور و ادوات، میزان مصرف نهاده ها (کود، سم، نیروی انسانی، سوخت، آبیاری، حمل ونقل، بسته بندی، سردخانه و غیره)، عملیات های مختلف باغداری (از احداث باغ، کوددهی، سمپاشی، هرس، کرت بندی، برداشت و پس از برداشت) و عملکرد محصول اصلی (سیب) و فرعی (سیب زیر درختی و علف های هرز داخل باغ) می شد. قسمت آخر پرسش نامه حاوی اطلاعاتی در مورد احداث باغ بود که این قسمت برای همه باغداران تکمیل نشد به این دلیل که برای همه باغات تقریباً یکسان بود.

استراپاتسا و همکاران (۲۰۰۶)، در بررسی انرژی مصرفی باغات سیب یونان، شاخه های زائد را به عنوان محصول فرعی در نظر گرفته و از انرژی برگ ها صرف نظر شده بود (Strapatsa et al., 2006)، لیکن باغداران منطقه مورد مطالعه شاخه های زائد و برگ ها را در نظر نمی گرفتند و آن ها را آتش می زنند. در این پژوهش شاخص های ذیل محاسبه گردید:

نسبت انرژی[۱] یا بازده انرژی، نسبت بین انرژی محصولات خروجی (E_{out}) و کل انرژی صرف شده در عوامل تولید (E_{in}) بوده، فاقد واحد می باشد و تاثیر واحد انرژی نهاده در دست یابی به اهداف مصرف کننده را نشان می دهد. (Ju et al., 2006).

$$ER = \frac{E_{out}}{E_{in}} \qquad (۲)$$

بهره‌وری انرژی[۲]، شاخصی از مقدار محصول استحصالی در واحد انرژی ورودی است. بهره وری انرژی بسته به نوع محصول کشاورزی، موقعیت و زمان، متفاوت است و می تواند به عنوان شاخصی برای ارزیابی آن که انرژی در سیستم های مختلف تولید آن محصول خاص، با چه کارآیی به کار رفته است، باشد. برای بهبود بهره وری انرژی در یک فرآیند هم می توان انرژی مصرفی در تولید نهاده را کاهش داد و هم عملکرد محصول را بهبود بخشید و یا از ضایعات کاست (Ju et al., 2006).

$$EP = \frac{Y}{E_{in}} \qquad (۳)$$

۱- Energy Ratio

1- Energy Productivity

EP : بهره وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)

Y : عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)

انرژی خالص به دست آمده یا افزوده خالص انرژی[1]، تفاضل انرژی خروجی و ورودی را انرژی خالص می نامند (Ozkan et al., 2003). در فرآیند کشاورزی واحد NEG وابسته به واحد تولید است (مثلاً مگا ژول در هکتار).

$$NEG = E_{ou} - E_{in} \qquad (٤)$$

NEG : بازده خالص انرژی (مگاژول بر هکتار)

انرژی ورودی از نظر نحوه مصرف در مزرعه به دو صورت مستقیم[2] و غیر مستقیم[3] تقسیم بندی می شود : انرژی مستقیم منابعی هستند که انرژی را به صورت مستقیم آزاد می کنند و بی واسطه کار انجام می دهند مانند انرژی خورشید، باد، کار انسان (هم به صورت مستقیم و هم به صورت غیرمستقیم در نظر می گیرند)، کار حیوان، محتوای انرژی سوخت‌ها و الکتریسته جزء منابع انرژی مستقیم به شمار می‌روند (Ozkan et al., 2003). برای تولید انرژی غیرمستقیم، به عنوان نهاده انرژی مصرف می شود مانند : کودها، سم ها، ماشین ها، آبیاری و.....

در این پژوهش از انرژی خورشید صرف نظر شده است و انرژی ورودی برابر با آن چه که توسط بهره بردار وارد سیستم شده، می باشد. انرژی خروجی مجموع محتوای انرژی محصول تولید شده (بیوماس[4]) است، در سیستم های مختلف زراعی بستگی به اهداف پژوهشگر دارد که خروجی را محصول اصلی یا فرعی یا هر دو در نظر بگیرد.

محاسبه انرژی مصرفی

در این تحقیق از هم ارزها (معادل) در جداول تراز انرژی (جدول ۱) و فرمول های انرژی برای محاسبه انرژی موجود در نهاده ها و عملیات مختلف استفاده شده است. به عنوان مثال انرژی سوخت (کود یا سم) بر حسب مگاژول بر هکتار از حاصل ضرب مقدار سوخت (کود یا سم) مصرف شده (لیتر یا کیلوگرم بر هکتار) در انرژی معادل هر واحد سوخت (کود یا سم) (مگاژول بر لیتر یا کیلوگرم) محاسبه می شود. همچنین انرژی تراکتور و ماشین ها با توجه به وزن (کیلوگرم)، شدت انرژی (مگاژول بر کیلوگرم)، عمر مفید (ساعت یا سال) و ظرفیت واقعی (هکتار بر ساعت) آن ها تخمین زده می شود. برای محاسبه مقدار انرژی تراکتور و ادوات فرض بر این است که مقدار انرژی صرف شده برای تولید ماشین طی عمر مفید آن مستهلک می‌شود.

جدول ۱. مقایسه هم ارز انرژی نهاده های مختلف

منبع انرژی	محتوای انرژی	منبع

2- Net Energy Gain

3- Direct Energy

4- Indirect Energy

5- Biomass

ازت (N)	۷۸/۱ مگاژول بر کیلوگرم	Kitani, 1999
فسفات (P2O5)	۱۷/٤ مگاژول بر کیلوگرم	Kitani, 1999
پتاسیم (K2O)	۱۳/۷ مگاژول بر کیلوگرم	Kitani, 1999
ریزمغذی ها	۱۲۰ مگاژول بر کیلوگرم	Singh and Mittal, 1992
کودحیوانی (ماده خشک)	۰/۰۳۰۳ مگاژول بر کیلوگرم	Singh and Mittal, 1992
کنه کش	۱۰۰ مگاژول بر لیتر	Nieuwkoop et al., 1998
حشره کش	۱۹۹ مگاژول بر لیتر	Helsel, 1992
قارچ کش	۹۲ مگاژول بر لیتر	Nieuwkoop et al., 1998
گازوییل	٤۷/۸ مگاژول بر لیتر	Kitani, 1999
چوب (بسته بندی)	۱۸ مگاژول بر کیلوگرم	Singh and Mittal, 1992
حمل و نقل	۲/٦ مگاژول بر تن در کیلومتر	Kitani, 1999
تراکتور	۱۳۸ مگاژول بر کیلوگرم	Kitani, 1999
سمپاش	۱۲۹ مگاژول بر کیلوگرم	Kitani, 1999
رتیواتور	۱٤۹ مگاژول بر کیلوگرم	Kitani, 1999
کارگری	۰/۲۷ مگاژول بر ساعت	Kitani, 1999
سیب (بر پایه وزن تر)	۱/۹ مگاژول بر کیلوگرم	Singh and Mittal, 1992
علف هرز (بر پایه وزن خشک)	۱۲/۵ مگاژول بر کیلوگرم	Singh and Mittal, 1992
سردخانه	۱۱۵۱ کیلوژول بر تن در روز	بی نام، ۱۳۸۷

انرژی لازم برای آبیاری

انرژی مورد نیاز آبیاری شامل انرژی صرف شده برای حفر چاه (برای تمام سال‌های عمر مفید آن چاه) به اضافه انرژی تولید تجهیزات پمپاژ و انتقال و انرژی سوخت یا الکتریسیته مصرفی می باشد. به عبارت دیگر انرژی مصرفی در عملیات آبیاری را به حالت مستقیم (DE) و غیر مستقیم (IE) در نظر می گیرند. انرژی مستقیم انرژی لازم برای پمپاژ کردن و تحت فشار قرار دادن آب مورد نیاز در هکتار می باشد (Ju et al., 2006)، انرژی مستقیم آبیاری با توجه به رابطه (۵) محاسبه می شود:

$$DE = \frac{\gamma g H Q}{\varepsilon_p \varepsilon_q} \qquad (۵)$$

DE: انرژی مستقیم (ژول بر هکتار)

γ: چگالی (جرم حجمی) آب (کیلوگرم بر مترمکعب)

g : شتاب گرانش (متر بر مجذور ثانیه)

Q : میزان کل آب مورد نیاز جهت محصول در یک فصل زراعی (مترمکعب بر هکتار)

H : هد دینامیکی چاه (متر)

ε_p: بازدهی پمپ (تابع ارتفاع عمودی بالابر، سرعت و جریان آب) معمولاً برابر ۷۰ –۹۰ درصد

ε_q: بازدهی کل تبدیل انرژی و توان (برای پمپ های برقی معمولا برابر ۱۸ –۲۰ درصد در نظر گرفته می شود (Ercolia et al., 1999). اکثر پمپ‌های چاه در منطقه از نوع دیزلی و برقی (الکترو پمپ) بودند که مشخصات آن ها در پرسش نامه از کشاورزان پرسیده شده است.

انرژی غیر مستقیم شامل مواد اولیه، ساخت و حمل و نقل کلیه عواملی که درتأسیسات و احداث سیستم آبیاری دخالت دارند نظیر پمپ، موتور، لوله و..... (با توجه به عمر سیستم) است که محاسبه این مقدار مشکل می باشد بنابراین معمولاً درصدی از انرژی مستقیم را برای محاسبه آن در نظر می گیرند (در این تحقیق ۳۰ درصد در تظر گرفته شد).

آب خالص مورد نیاز و نیاز خالص آب آبیاری (بدون احتساب بازده) برای سیب درختی در شهرستان ارومیه ۷۱۲۰ متر مکعب در هکتار می باشد که از این مقدار ۱۱۷۰ مترمکعب آن از بارندگی و مابقی توسط کشاورز از طریق آبیاری تامین می گردد (فرشی و همکاران، ۱۳۷٦). در سال زراعی ۸٦–۸۷ آب موردنیاز تأمینی از طریق چاه تقریباً به طور متوسط ٦۰۰۰ مترمکعب در هکتار برآورد شد (بدون احتساب بارندگی).

سیب ها در جعبه های چوبی با ظرفیت ۱۷ کیلوگرم بسته بندی می شدند، این جعبه ها توسط کارگر در حین برداشت ساخته می شد و وزن خود بسته ها تقریباً سه کیلوگرم بود. از انرژی برش چوب و میخ ها و هم چنین کاغذ و پوشالی که بر روی جعبه ها قرار می دادند، صرف نظر شد. به طور تقریبی انرژی احداث باغ محاسبه گردید و با توجه به ناچیز بودن آن (۰/۵ درصد از کل) در محاسبات از آن صرف نظر شد.

انتخاب تابع تولید

تابع تولید مورد نظر تابع کاب داگلاس است که به صورت زیر بیان می شود:

$$Y = f(x)\exp(u) \qquad (٦)$$

رابطه فوق رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته را نشان می دهد. همان طور که گفته شد اگر از طرفین تابع فوق ln گرفته شود به صورت خطی درآمده و می توان به صورت زیر آن را نشان داد:

$$\ln Y_i = a + \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \ln(x_{ij}) + e_i \qquad i=1,2,3,\ldots\ldots..80 \qquad (۷)$$

Y_i برابر است با انرژی سیب i امین باغدار، X_{ij} برابراست با انرژی نهاده های مصرفی، α_j برابر است با ضریب های نهاده هایی که در مدل تخمین زده می شوند و e_i برابر است با خطا.

در معادله فوق دیده می شود چنان چه نهاده ها صفر باشند انرژی خروجی نیز بایستی برابر با صفر باشد، بنابراین با صفر قرار دادن a معادله فوق به صورت زیر نوشته می شود:

$$\ln Y_i = \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \ln(x_{ij}) + e_i \qquad (۸)$$

برای به دست آوردن پارامترهای معادله فوق، ابتدا متغیرهای مستقل و وابسته مشخص شده، سپس ln

متغیرها به دست آمده و ضرایب تابع تولید کاب داگلاس با استفاده از نرم افزار Eviews 3.0 بـرای سـیب تخمـین زده می شود. بعد از انجام مصاحبه با کشاورزان و پرنمودن پرسش نامه ها، داده‌های خام بعداز ویرایش و کدگذاری به رایانه وارد شده، با استفاده از برنامه Excel و نرم افزار Spss16 مورد پـردازش قـرار گرفتنـد. از آزمـون تحلیـل واریانس (F)، مقایسه میانگین‌ها (تی ـ استیو دنت و دانکن) جهت تحلیل داده‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

در جدول ۲ نشان داده شده که بسته بندی بیشترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است. غالب بسته ها به صورت چوبی بوده و از بسته های پلاستیکی استفاده نمی شد چون باغداران معتقد بودند که بسته های پلاستیکی قدرت نگهداری کمتری نسبت به بسته های چوبی دارند (در سال های گذشته نیز بسته بندی چوبی مرسوم بوده اند).

جدول ۲. درصد سهم هریک از نهاده های مصرفی در میزان مصرف انرژی

بسته بندی	آبیاری	سوخت	کود شیمیایی	کارگری	سم	سردخانه	ماشین، کود حیوانی و حمل ونقل
۵۷	۱۶	۱۰	۹	۳	۲	۲	۱

بعداز بسته بندی، آبیاری بیشترین انرژی را به خود اختصاص داده است. بهره برداران از چاه های عمیق، نیمه عمیق و نهر جهت آبیاری باغات سیب استفاده می کردند. بهره بردارانی که از نهرها استفاده می کردند انرژی آبیاری آن ها صفر بود. باغات در سال هشت الی ۱۰ بار آبیاری می شدند که تعداد دفعات آبیاری و ساعات آن به عوامل متعددی از جمله نوع خاک، شرایط زمین، توپوگرافی، شکل هندسی باغ و..... بستگی دارد.

بعداز آبیاری سوخت با متوسط ۱۰ درصد از کل مصرف انرژی قرار دارد، نکته قابل توجه این که در باغـات منطقه مورد مطالعه بیشتر عملیات باغی با بهره گیری از انـرژی کـارگری انجـام مـی شـد، همـه باغـداران عملیـات سمپاشی و تعدادی از باغداران عملیات کرت بندی و کوددهی را توسط ماشین انجـام مـی دادنـد، بـا وجـودی کـه باغات منطقه مکانیزه نبودند ولی سهم انرژی کارگری تنها سه درصد از کل انرژی را به خـود اختصـاص داده بـود. تراکتورهای مورد استفاده در شهرستان مسی فرگوسن و باغی بودند که از لحاظ مصرف سوخت و انرژی (عمر مفید و وزن این دو تراکتور متفاوت است) فـرق دارنـد و انـرژی مـورد نیـاز در تراکتورهـای بـاغی بـه نسـبت کمتـر از تراکتورهای مسی فرگوسن ۲۸۵ است، بنابراین در باغات استفاده از تراکتور باغی از لحاظ مصرف انرژی بـه صـرفه تر است و از طرفی فشردگی خاک را نسبتاً کاهش می دهد. عمده کودهای مورد استفاده در منطقه برای باغات سیب عبارت بودند از: ازته (اوره)، فسفاته، پتاسه، کامل و کود دامی. کود ازته نسبت به سایر کودها سـهم بیشـتری را بـه خود اختصاص داده است (هفت درصد انرژی کود مربوط به کود ازته و دو درصد به کودهـای دیگـر تعلـق داشـته است). در باغات سیب مصرف کود حیوانی بر شیمیایی غالب بود حتی بعضی از باغداران به علت حفـظ سـاختمان خاک، بازارپسندی و کیفیت سیب به مصرف کود شیمیایی در باغات معتقد نبودند، با این وجود سـهم انـرژی کـود

حیوانی در کل انرژی مصرفی ناچیز محاسبه شد (۰/۰۳٪). در تحقیقی در مورد مطالعه جریان انرژی در باغات سیب استان آذربایجان‌غربی بازده انرژی ۰/۹۷ به دست آمد که قسمت اعظم انرژی‌های مصرفی را به ترتیب آب آبیاری، کود شیمیایی نیتراته و سموم حشره کش و قارچ‌کش‌ها تشکیل می دادند (حسن زاده و رهبر، ۱۳۸٤).

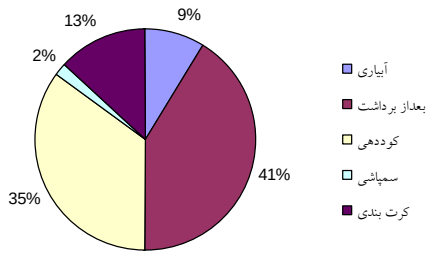
در تحقیق دیگری برای انرژی مصرفی در باغات سیب یونان برای نهاده ها به ترتیب سوخت (۳۳ درصد)، ماشین ها (۲۵ درصد) و کودها به ویژه ازته (۱۵ درصد) گزارش گردید. با وجودی که هم ارز انرژی کارگری ۲/۲ مگاژول بر ساعت در نظر گرفته شده بود سهم کارگر فقط ۲/۷ درصد به دست آمد. بازده انرژی یک (بدون محاسبه محصول فرعی) و شدت انرژی ۲/۵ مگاژول بر کیلوگرم به دست آمد (Strapatsa et al., 2006).

در ایتالیا در باغات سیب بیشترین انرژی مصرفی مربوط به سوخت (٤٦/٤ درصد) و سپس کود به ویژه ازته (۲۰/۹ درصد) گزارش شده است (Baldini et al., 1982). (در پژوهش های پیشین انرژی های برداشت و پس از برداشت لحاظ نشده است).

جدول ۳. برآورد نسبت، بهره وری و افزوده خالص انرژی

شاخص های انرژی	مقدار
انرژی ورودی مگاژول بر هکتار (کل)	۱۰۱۵۰۵
انرژی خروجی مگاژول بر هکتار (کل)	٥۲۲۱٤
بازده انرژی (کل)	۰/٥۱
بهره وری انرژی کیلوگرم بر مگاژول (کل)	۰/۳
افزوده خالص انرژی مگاژول بر هکتار (کل)	-٤۹۲۹۱
بازده انرژی (بدون محصول فرعی)	۰/۳٦
بهره وری انرژی کیلوگرم بر مگاژول (بدون محصولات فرعی)	۰/۱۹
افزوده خالص انرژی مگاژول بر هکتار (بدون محصولات فرعی)	-٦٤٥۰۰
بازده انرژی (بدون علوفه)	۰/٤٤
بهره وری انرژی کیلوگرم بر مگاژول (بدون علوفه)	۰/۲۳
افزوده خالص انرژی مگاژول بر هکتار (بدون علوفه)	-٥٦۳۰٥

در جدول ۳ مشاهده می شود که بازده انرژی در سیستم های مورد مطالعه کمتر از یک به دست آمده و این بدین معناست که برای تولید محصول سیب انرژی از دست داده شده است (دامنه نسبت انرژی بین ۰/۲ – ۰/٥۲ محاسبه شد)، اگر این روند ادامه یابد ناپایداری در محیط زیست به مرور زمان تشدید خواهد شد. برای افزایش این شاخص بایستی انرژی نهاده های ورودی را کاهش داد بنابراین بر روی صنعت بسته بندی، روش آبیاری و جایگزینی نهاده هایی که از لحاظ مصرف انرژی به صرفه ترند (مثل جایگزینی سایر تراکتورها با تراکتور باغی در باغات) تمرکز ویژه ای باید داشت و یا عملکرد را بهبود بخشید. بهره وری انرژی بدون علوفه ۰/۲۳ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شده یعنی به ازا هر واحد مگاژول انرژی ورودی ۰/۲۳ کیلوگرم محصول تولید شده است.



شکل ۱. سهم عملیات مختلف باغداری در مصرف انرژی

در شکل ۱ مشاهده می شود عملیاتی که با استفاده از انرژی کارگر انجام شده سهم آن در کل انرژی صفر به دست آمده است. سهم انرژی کودها (به خصوص ازته) در کل انرژی قابل توجه بوده و از طرفی بعضی از بهره برداران کود را با بهره گیری از انرژی ماشین (سوخت) با خاک مخلوط می کردند، به این دلایل سهم عملیات کوددهی (۳۵ درصد) به نسبت افزایش یافته است و هم چنین اکثر باغداران عملیات کرت بندی را با بهره گیری از انرژی ماشین انجام می دادند. در تحقیقی برای انرژی مصرفی در باغات سیب یونان در عملیات باغداری بیشترین انرژی مربوط به کنترل آفات (٤٠ درصد)، برداشت و حمل ونقل (٢١/٦ درصد) و کوددهی(١٦/٨ درصد) به دست آمد (Strapatsa et al., 2006)

سهم انرژی مستقیم و غیرمستقیم ۱۹ و ۸۱ درصد محاسبه شد (انرژی بسته بندی در زمره انرژی های غیرمستقیم قرار گرفته است). ایسنگون و همکاران (۲۰۰۷)، تحقیقی در خصوص تولید زردآلو خشک انجام دادند، سهم انرژی های مستقیم و غیرمستقیم را در دو سطح مختلف کشت به ترتیب ٢١/٧٢–٢٤/٧٣ و ٧٤/٢٦–٨٧/٥٦ به دست آوردند (Esengun et al., 2007).

جدول ٤. درصد سهم انرژی کارگری در عملیات مختلف باغداری

آبیاری	برداشت	هرس	کودپاشی	چیدن علف ها	راننده رتیواتور	سمپاشی	کرت بندی
٦٤	١٩	٨	٤	٢	١	١	١

روش آبیاری در بیشتر باغات سیب به روش سنتی و یا نیمه مکانیزه بود، در جدول ٤ مشاهده می شود که سهم انرژی کارگر در این عملیات افزایش یافته است، عملیات برداشت (١٩ درصد) بعداز عملیات آبیاری (٦٤ درصد) قرار گرفته است، قبلاً ذکر شد که باغات مورد مطالعه پابلند بوده، باغات پابلند انرژی بیشتری نسبت به باغات پاکوتاه جهت عملیات برداشت می طلبند.

برآورد تابع کاب داگلاس انرژی

تابع انرژی که تخمین زده شده به صورت زیر است:

$$\ln Y=0.61\ln a+ 0.1071\ln b + 0.59\ln c+3.23\ln d$$

ضریب تعیین (R^2) مدل فوق ۰/۸۰ محاسبه شد و این بدین معناست که ۸۰ درصد تغییرات Y مربوط به متغیرهای مستقل a، b، c و d می باشد. ضمناً سایر متغیرها (انرژی های ورودی) در مدل فوق وارد شده ولی معنی دار نشدند. بایستی توجه داشت که ضرایب متغیرهای مستقل نشان دهنده اهمیت آنها در مدل نیستند بلکه مقدارβ در مورد سهم و نقش هریک از متغیرها قضاوت می کند، به عنوان مثال در جدول ۵ متغیر a ، β آن برابر است با ۰/۳۶ و این بدان معناست که یک واحد تغییر در انحراف معیار a باعث می شود تا انحراف معیار Y به اندازه ۰/۳۶ تغییر کند. ضمناً آماره Durbin-Watson نیز ۱/۸۳ به دست آمد و این نشانگر این است که همبستگی بین خطاها حداقل است.

جدول ۵. ضرایب مدل رگرسیون انرژی

متغیر مستقل	ضرایب	β	Sig
a (انرژی غیر مستقیم ماشین)	۰/۶۱	۰/۳۶	۰/۰۰**
b (انرژی کود شیمیایی)	۰/۱۰۷	۰/۲۳	۰/۰۱۳*
c (انرژی کود حیوانی)	۰/۵۹	۰/۳۷	۰/۰۰۱**
d (انرژی بسته بندی)	۳/۲۳	۰/۷۱	۰/۰۰**

نتیجه گیری

در ذیل به طور اجمال به خلاصه نتایج مهمی که در این تحقیق به دست آمده است اشاره می شود:

– بسته بندی بیشترین سهم مصرف انرژی (۵۷ درصد) را داشته و بعد از آن انرژی آبیاری (۱۶ درصد) قرار دارد. کمترین سهم انرژی مربوط به انرژی ماشین، کود حیوانی و حمل و نقل (جمعاً یک درصد) بود.

– سهم انرژی مستقیم ۱۹ درصد و سهم انرژی‌های غیرمستقیم ۸۱ درصد به دست آمد.

– نسبت انرژی کل، بدون محصول فرعی و بدون علوفه به ترتیب برابر با ۰/۵۱، ۰/۳۶ و ۰/۴۴ به دست آمد و اگر این روند ادامه داشته باشد ما را به سمت ناپایداری در کشاورزی سوق می دهد.

– عملیاتی که صرفاً توسط کارگر انجام می شود (مثل برداشت و هرس) سهم آن در کل انرژی ورودی ناچیز به دست آمد، عملیات بعداز برداشت بیشترین سهم انرژی مصرفی (۴۱ درصد) را به خود اختصاص داده بود.

– سهم انرژی کارگری در عملیات آبیاری از سایر عملیات بیشتر شده، چون روش آبیاری در باغات مورد مطالعه، سنتی یا نیمه مکانیزه بود.

مراجع:

۱- آریان پور، ج. سبزی پرور، پ. سیدمحمدزاده، ی. قسمتی، ب. درستکار، ج. ۱۳۸٦. جغرافیای استان آذربایجان غربی. شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران.
۲- بی نام .۱۳۸٤. نتایج تفصیلی سرشماری عمومی کشاورزی ۱۳۸۲ استان آذربایجان غربی. مرکز آمار ایران. دفتر انتشار و اطلاع رسانی.
۳- بی نام .۱۳۸۵. آمارنامه کشاورزی- محصولات زراعی و باغی. دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. جلد اول سال زراعی ۸٤-۱۳۸۳: ۹۸-۱۰۱.
۴- بی نام .۱۳۸۷. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. فهرست های ملی. <www.isiri.org>.
۵- حسن زاده، ع. رهبر، س. ۱۳۸٤. مطالعه جریان انرژی در باغات سیب استان آذربایجان غربی. چهارمین کنگره علوم باغبانی ایران. ۱۷-۱۹ آبان. دانشگاه فردوسی مشهد.
۶- فرشی، ع. ا. شریعتی، م. ر. جاراللهی، ر. قائمی، م.ر. شهابی فر، م. تولایی، م. م. ۱۳۷٦. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور جلد دوم گیاهان باغی. نشر آموزش کشاورزی وابسته به معاونت آموزشی و تجهیز نیروی انسانی.
۷- کوچکی نژاد؛ ع. حسینی، م. خزاعی، ح.ر. ۱۳۷٦. نظام های کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۸- منصورفر، ک. ۱۳۸۷. روش های آماری. انتشارات دانشگاه تهران.
۹- منیعی، ع. ۱۳۷٦. مبانی علمی و پرورش درختان میوه. انتشارات فنی ایران.
10. Baldini, E. Alberghina, O. Bargioni, G. Cobianchi, D. Iannini, B. Tribulato, E. & Zocca, A. 1982. Analisi energetiche di alcune colture arboree da frutto 34.Melo. Riv Ingegneria Agraria, 13: 119-130.
11. Ercolia, L. Mariottib, M. Masonib, A. & Bonaria, E. 1999. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on biomass yield and efficiency of energy use in crop production of Miscanthus. Field Crops Research, 63: 68-81.
12. Esengun, K. Gunduz, O. & Erdal, G. 2007. Input-output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Convers and Manage, 48:592-598.
13. Funt, R. C. 1980. Energy use in low, medium, and high density apple orchards—Eastern U.S. In: Pimentel, D. (Ed.), Handbook of Energy Utilization in Agriculture. CRC Press, Boca Raton, FL: 235–246.
14. Hatirli, S. A. Ozkan, B. & Fert, C. 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. Renewable Energy, 31:427-438.
15. Helsel ZR. 1992. In: Fluck RC, editor. Energy and alternatives for fertilizer and pesticide use in ‘‘Energy in world agriculture’’, Vol. 6. Amsterdam: Elsevier Science Publishing, 6:177–210.
16. Hill, D. J. 1991. Out of the Earth, Civilization and the Life of the Soil. The Free Press, New York.
17. Ju, X. T. Kou, C. L. Zhang, F. S. & Christie, P. 2006. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain. Environmental Pollution, 143(1): 117-125.
18. Kitani, O. 1999. CIGR, Handbook of Agricultural Engineering. Energy & biomass Engineering. ASAE publication, St Joseph, MI. 5(81): 347-354.

19. Nieuwkoop, P. Van, N. Van der Velden, A. Verhaegh, P. & Van Nieuwkoop, P. 1998. Energy consumption in greenhouses. Mededeling Landbouw Economisch Instituut, No. 624, 41 pp.
20. Ozkan, B. Akcaoz, H. & Karadcniz, F. 2003. Energy requiremcnt and economic analysis of citrus production in Turkey. Energy Conversion & Management, 44:46-56.
21. Singh, S. & Mittal, J. P. 1992. Energy in Production Agriculture. Mittal pub. New Delhi.
22. Strapatsa, A. V., Nanos, G. D. and Tsatsarelis, C. A. 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. Agriculture, Ecosystem & Environment, 116:176-180.

Abstract
This study was conducted in production year 2007-8 in West Azerbaijan province (Uromia Township). Energy ratio, energy productivity and net energy gain were estimated for apple (Red and Golden delicious varieties). In this study, data were collected by using random sampling method for 80 face to face questioners. Results showed that the highest share of energy consumption belongs to packaging (57%) followed by irrigation (16%). Lowest share of energy consumption was calculated to be almost 1% for machineries, manure and transportation as indirect energy inputs. Energy Ratio, Energy Productivity and Net Energy Gain were found 0.51, 0.3 kg/MJ and -49291 MJ/ha, respectively. Highest energy consumption was related to postharvest operations (41%) with direct and indirect energy shares of 19% and 81%, respectively. Labor energy share for irrigation operation (41%) was found to be the highest. Using Cobb-Douglas method, energy functions was estimated, The regression results revealed that all exogenous variables (for machinery, chemical fertilizers, farmyard manure and packaging energies) were found statistically significant and contributed to yield. The packaging energy had the highest impact (3.23) among the other inputs in apple orchard production.

Keywords: Energy ratio, Energy Productivity, Apple tree, Packaging, Cobb-Douglas function.