یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

# بررسی کارایی مصرف انرژی در تولید و عملکرد بادرنجبویه

**عبداله ایمان‌مهر**[۱]

[۱]استادیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه اراک؛
Email:a-imanmehr@araku.ac.ir

**چکیده**

اثر مصرف انرژی در تولید و پردازش محصولات کشاورزی بر میزان ارزش افزوده محصول نهایی بسیار حائز اهمیت است. گیاه بادرنجبویه (ملیس) یکی از محصولات مهمی است که در ایران و استان مرکزی کشت می‌شود. این بررسی به منظور ارزیابی و مقایسه کارایی انرژی تولید بادرنجبویه در شهرستان اراک انجام شد. داده‌های اولیه با استفاده از آمار و اطلاعات پرسشنامه‌ای زارعین استان بدست آمد. داده‌های مربوط به نهاده‌ها و ستاده به مقادیر معادل انرژی مصرفی و تولیدی تبدیل گردید و سپس راندمان انرژی محاسبه شد. میزان کل انرژی ورودی برابر با ۴۱۴۵۵/۵ مگاژول در هکتار (۵۶/۴۳٪ انرژی مستقیم، ۴۳/۵۷٪ انرژی غیرمستقیم، ۳۰٪ انرژی تجدیدپذیر، ۷۰٪ انرژی تجدیدناپذیر) و میزان انرژی خروجی ۷۵۰۰۰ مگاژول در هکتار بدست آمد. میزان کارایی انرژی، انرژی خالص، انرژی ویژه و بهره‌وری انرژی بادرنجبویه به ترتیب برابر با ۱/۸، ۳۳۵۴۴/۵ مگاژول بر هکتار، ۱۳/۸۱ مگاژول بر کیلوگرم و ۰/۰۷۲ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین انرژی مصرفی در کشت بادرنجبویه به کود شیمیایی (۲۲٪) و پس از آن به سوخت مصرفی (۲۱٪) تعلق دارد. به‌منظور بررسی اثر نهاده‌های مصرفی انرژی بر عملکرد محصول بادرنجبویه از تابع تولید کاب-داگلاس استفاده شد.

**کلمات کلیدی:** بادرنجبویه (ملیس)، راندمان انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی خالص، انرژی ویژه

# Investigation of Energy Efficiency in Production and Function of Melissa

**Abdollah Imanmehr**
Assistant Professor of Bio system Mechanics in Arak University
a-imanmehr@araku.ac.irl

**ABSTRACT**

The effect of energy consumption in the production and processing of agricultural products on the value of the final product is very important. Energy in agriculture is important in terms of crop production and agro-processing for value adding. Melissa is one of important crop that is tilled in Iran and Markazi province. This study was conducted to evaluate and compare the energy efficiency of Melissa production in Arak city. Primary data were obtained with using statistics and information of questionnaire from farmers in region. Data on inputs and output was converted to energy value and then energy efficiency was calculated. The amount of total input energy was 41455.5 (MJ/ha) (56.43% as direct energy, 43.57% as indirect energy, 30% renewable energy and 70% as non-renewable energy) and amount of output energy was 75000 (MJ/ha). The amounts of energy efficiency, net energy, specific energy and energy productivity of Melissa production were 1.8, 33544.5 (MJ/ha), 13.81 (MJ/kg) and 0.072 (kg/MJ), respectively. The results showed that the most of used energy in cultivation of Melissa is related to chemical fertilizers (22%) and used fuel (21%). In order to investigate the effect of energy inputs on Melissa yield, the Cobb-Douglas production function was used.

**Keywords:** Melissa Officinalis, energy efficiency, energy productivity, net energy, specific energy.

۱- عبداله ایمان‌مهر- استادیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه اراک

## ۱- مقدمه

امروزه همگام با فزونی جمعیت و استفاده از سموم و آفت‌کش‌ها و مواد شیمیایی در تولید مواد غذایی، سلامتی جوامع نقش پررنگ‌تری به خود گرفته و اثرات مخرب داروهای موجود جامعه را بیشتر به سمت مصرف داروهای گیاهی سوق و ترغیب نموده است. علاوه بر این مهم، نکته حائز اهمیت دیگر تعداد و تنوع گونه‌های گیاهی در کشور است که ذخایر گیاهان دارویی را مبدل به یکی از گنجینه‌های با ارزش منابع طبیعی کشور نموده است. بادرنجبویه گیاهی علفی و چند ساله پرشاخه و پرپشت که زیستگاه اصلی آن نواحی جنوبی و مرکزی اروپا در اسپانیا تا قفقاز است و در آسیای صغیر و ایران نیز می‌روید، اما بیشتر در جنوب انگلستان کشت می‌شود و ارتفاع آن بین ۳۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر می‌باشد. بادرنجوبه یا همان گیاه ملیس سرشار از خواص و فواید برای اعضای داخلی بدن است. پاک‌سازی کبد از سموم و بهبود جریان خون در مغز و در نهایت رفع کم حافظه‌گی بخشی از خواص بی‌شمار گیاه بادرنجوبه است. کشاورزی شامل فرآیندهای تبدیل انرژی است. در این فرآیندها انرژی نوری خورشید، فرآورده‌های سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته، به غذا و الیاف مورد نیاز انسان تبدیل می‌گردد. تأمین غذا و نیازهای جمعیت روزافزون جامعه بشری نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتری در زمینه انرژی به‌عنوان یک نهاده داشته است، به نحوی که طی قرن‌ها، نیروی حیوانات به خدمت گرفته شده و کمی بعد بشر با کنترل نیروی آب و باد، آنها را جایگزین نیروی حیوانات نمود. با این تغییرات ضمن آزاد شدن وقت و انرژی بیشتری از انسان، نیروی بیشتر و ارزان‌تری نسبت به گذشته در اختیار او قرار گرفت (Ayenehband, 2007). سینگ و همکاران در تحقیقی نشان دادند که استفاده از ارقام پرمحصول، سیستم‌های کشت فشرده، افزایش مصرف کودها و سموم شیمیایی و سطح بالای مکانیزاسیون کشاورزی، افزایش مصرف انرژی در کشاورزی مدرن را سبب شده است (Singh et al., 2004). ازکان و همکاران نیز اعلام کردند که میزان انرژی ورودی در کشت ۳۶ محصول عمده ترکیه، به ازای هر هکتار از ۱۷/۴ به ۴۷/۴ گیگاژول در هکتار افزایش یافته است. در حالی که میزان خروجی انرژی طی همین مدت با رشدی کمتر، از ۳۸/۸ به ۵۵/۸ گیگاژول در هکتار رسیده است. بدین ترتیب طی ۲۵ سال کارایی انرژی در ترکیه از ۲/۲۳ به ۱/۱۸ کاهش یافته است (Ozkan et al., 2004). اوهلین نیز وضعیت روند کاهش بهره‌وری انرژی در کشاورزی سوئد را نگران‌کننده توصیف می‌کند. البته در تمامی زیربخش‌های کشاورزی، میزان بهره‌وری انرژی خورشیدی افزایش یافته است که به افزایش عملکرد مربوط می‌شود. از بین منابع انرژی حمایتی، کودهای شیمیایی در راستای افزایش بهره‌وری انرژی خورشیدی بزرگترین نقش را ایفا کرده‌اند (Uhlin, 1998). صفا و طباطبایی‌فر انرژی لازم برای تولید گندم آبی و دیم را در منطقه ساوه به ترتیب ۱۰/۵ و ۱۰/۶ مگاژول بر کیلوگرم برآورد کردند که بیشترین منبع مصرفی انرژی سوخت تشخیص داده شد که برای اراضی آبی ۶۷٪ و برای اراضی دیم ۵۲٪ محاسبه شد (Safa and Tabatabaeefar, 2002). انرژی نقش مهم و محوری در توسعه و پیشرفت ملت‌ها بازی می‌کند به‌طوری که می‌توان گفت در صورت نبود آن شکل‌گیری تمدن‌ها به صورت امروزی محال به نظر می‌رسید. هدف از تولید در حال حاظر مسائل اقتصادی است در حالی‌که در سال‌های اخیر مساله حفظ محیط زیست و منابع طبیعی خیلی مورد توجه قرار گرفته است، لذا یکی دیگر از اهداف سیاست‌های کشاورزی حفظ محیط زیست و منابع طبیعی است تا جنگل‌ها، مراتع، خاک و آب کشور فرسوده نشده، از بین نرود و امکان تولید غذا برای نسل‌های آینده و توسعه پایدار باقی بماند. در زمینه انرژی، اطلاع از میزان انرژی مصرفی در تولید محصولات می‌تواند راهنمای مناسبی برای میزان کارایی الگوی کشت موجود بوده و راه را برای مصرف صحیح انرژی و سایر نهاده‌ها به ازای واحد تولید هموار سازد. کشاورزی امروز شدیداً به انرژی بویژه سوخت‌های فسیلی وابسته است. با توجه به محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی و آلایندگی آنها لزوم تحقیقات بیشتر جهت تعیین میزان مصرف انرژی و استفاده صحیح از منابع موجود را ضروری می‌نماید (Kochaki and Hosseini, 2003). در ایران ارزش تولیدات بخش کشاورزی که در ابتدای قرن حاضر در حدود ۷۰ درصد کل تولیدات کشور را تشکیل می‌داد امروزه به حدود ۲۵ درصد تنزل پیدا کرده است. با وجود این، بخش کشاورزی هنوز بزرگترین فعالیت اقتصادی غیر دولتی را تشکیل می‌دهد. در کشور ما هر تولید کننده برای ۱۵ الی ۲۰ نفر می‌تواند غذا تهیه می‌کند در حالی‌که در کشورهای پیشرفته یک کشاورز می‌تواند غذای ۱۰۰ تا ۱۵۰ نفر را مهیا کند (Kopahi, 2004). به‌طور کلی تحلیل و بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی تعیین‌کننده بازده انرژی یا مصرف انرژی مؤثر در طبیعت می باشند. مطالعات انجام‌شده بازده انرژی مصرفی محصولات مختلف کشاورزی اعم از سیب زمینی، ذرت، گندم، و گل آفتابگردان را تعیین کرده است (Unakitan, et al., 2010). بدلیل اهمیت تولید بادرنجبویه در بین گیاهان دارویی از نظر تولید داروهای گیاهی و پتانسیل تولید آن در استان مرکزی و شهرستان اراک، و عدم انجام مطالعات قبلی در این شهرستان، هدف از این تحقیق، محاسبه بهره‌وری انرژی تولید بادرنجبویه می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

مواد اولیه مورد استفاده، محل تهیه، نام شرکت سازنده، مدل دستگاه‌ها و همچنین مراحل انجام پژوهش در این قسمت ذکر گردد.

این تحقیق در سال زراعی ۹۵-۹۴ در شهرستان اراک (با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه، طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ارتفاع از سطح دریا ۱۷۰۸ متر) انجام گرفت. برای انجام این تحقیق نیاز به جمع‌آوری داده‌ها از منطقه مورد مطالعه بود که این داده‌ها برحسب نوع خود از طرق مختلف از جمله؛ مطالعات کتابخانه‌ای، استفاده از آمارنامه‌ها و نتایج تحقیقات انجام شد. در یک عملیات میدانی آمارگیری، تعداد ۳۶ پرسشنامه توسط کشاورزان

شهرستان اراک تکمیل و جمع‌آوری گردید. سپس مقادیر متوسط مصرف انرژی هر یک از نهاده‌های ورودی در هکتار و کل محصول برداشت‌شده استخراج گردید. منابع مصرف انرژی عبارتند از؛ انرژی سوخت دیزل و بنزین، انرژی آبیاری، انرژی نیروی انسانی، انرژی تهیه نشاء، انرژی کود، انرژی سموم شیمیایی و انرژی ماشین‌ها و ادوات کشاورزی. برای برآورد انرژی مصرف‌شده در تولید بادرنجبویه، مقدار مصرف هر یک از نهاده‌ها در معادل انرژی مخصوص هر یک از نهاده‌ها ضرب گردید (جدول ۱) و با اثر دادن این ضرایب، مقادیر نهاده‌ها برحسب انرژی ارائه شد. همچنین برای تحلیل و ارزیابی صحیح سیستم تولید با دید انرژی، شاخص‌هایی نظیر: راندمان انرژی (ER)، بهره‌وری انرژی (EP)، انرژی خالص (NEG) و انرژی ویژه (SE) لحاظ گردید که به کمک آنها می‌توان مصرف انرژی در قسمت‌های گوناگون یک سیستم را با یکدیگر مقایسه نمود و علاوه‌برآن امکان مقایسه چند سیستم تولیدی با یکدیگر میسر می‌گردد. با کمک این شاخص‌ها دلایل احتمالی مصرف بالای انرژی در قسمت و یا بخش خاصی براحتی تشخیص داده شده و به محقق در رفع اشکالات و مصرف صحیح انرژی یاری می‌رساند (Hatirli et al., 2005).

جدول ۱- معادل‌های انرژی نهاده‌ها و ستانده تولید بادرنجبویه

Table 1: Energy Equivalents of Inputs and Output of Melissa Production

| مشخصه | واحد | معادل انرژی (MJ/unit) |
|---|---|---|
| الف. ورودی‌ها | | |
| نیروی انسانی | ساعت | ۱/۹۶ |
| سوخت | | |
| بنزین | لیتر | ۴۶/۳ |
| دیزل | لیتر | ۵۶/۳ |
| ماشین‌ها و ادوات | ساعت | ۶۲/۷ |
| کودهای شیمیایی | | |
| کود NPK | کیلو گرم | ۲۹/۹۱ |
| ریزمغذی‌ها | کیلو گرم | ۱۲۰ |
| سموم شیمیایی | | |
| علف کش‌ها | کیلو گرم | ۲۳۸ |
| آب آبیاری | متر مکعب | ۱/۰۲ |
| برق مصرفی | کیلووات ساعت | ۱۱/۹۳ |
| تهیه نشاء | عدد | ۲۵ |
| ب . خروجی | | |
| بادرنجبویه خشک | کیلوگرم | ۲۵ |

**راندمان انرژی یا بازده انرژی**

این شاخص از تقسیم انرژی خروجی (تولیدی) حاصل از محصول اصلی و یا محصول اصلی و فرعی بر انرژی ورودی (مصرفی) بدست می‌آید و عددی بدون واحد است. طبق تعریف، این شاخص نشان می‌دهد که انرژی دریافتی از مزرعه چند برابر انرژی وارد شده به آن است و هر چه بالاتر باشد بهتر است. ضمناً در این پژوهش انرژی ورودی شامل انرژی خورشید و انرژی مواد موجود در خاک درنظر گرفته نشده و فقط شامل انرژی‌هایی می‌شود که به سیستم، بوسیله کشاورز داده یا اضافه می‌شود و از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$E.R = E_{out} / E_{in} \quad (۱)$$

که E.R نسبت بازدهی انرژی و Eout انرژی خروجی از سیستم (مگاژول بر هکتار) و Ein انرژی مصرفی در سیستم (مگاژول بر هکتار)

**انرژی خالص**

انرژی خالص یا خالص افزوده انرژی بیانگر میزان اختلاف بین انرژی‌های خروجی با انرژی‌های ورودی به مزرعه است. این شاخص نشان می‌دهد که در فرآیند تولید چه مقدار انرژی بدست آمده و یا از دست رفته است. محاسبه شاخص افزوده انرژی با استفاده از رابطه زیر انجام می‌شود:

$$NEG = E_{out} - E_{in} \quad (۲)$$

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

که NEG انرژی خالص یا افزوده خالص انرژی (مگاژول بر هکتار) است.

**بهره‌وری انرژی**

یکی از شاخص‌های مهمی است که بیانگر کیفیت فرآیند تولید می‌باشد، بهره‌وری انرژی نشان می‌دهد در مقابل یک مگاژول انرژی مصرفی چند کیلوگرم محصول تولید شده است، در واقع این شاخص به‌صورت یک ارزیاب چگونگی بهره‌وری انرژی در سیستم‌های مختلف تولیدی که محصول بخصوصی را به ما می‌دهند، کاربرد دارد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$EP = Y / E_{in} \quad (۳)$$

که EP بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول) و Y عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار) است.

**انرژی ویژه**

شاخص انرژی ویژه نشان می‌دهد که برای تولید یک کیلوگرم محصول چه مقدار انرژی مصرف شده است. واضح است که هرچه این شاخص کوچکتر باشد کارایی سیستم تولید بالاتر می‌باشد و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$SE = E_{in} / Y \quad (۴)$$

که SE انرژی ویژه (مگاژول بر کیلوگرم) است.

انرژی‌های مستقیم: سوخت، نیروی انسانی و آب آبیاری و انرژی‌های غیرمستقیم: ماشین‌آلات، سموم و کودهای شیمیایی و برق مصرفی و بذر می‌باشند (Hossein Panahi and Kafi, 2013). انرژی تجدیدپذیر: کودهای دامی، بذور، نیروی انسانی و آب آبیاری و انرژی‌های تجدیدناپذیر: سوخت، کودهای شیمیایی، سموم، الکتریسیته، و ماشین‌آلات می‌باشند. پس از برآورد انرژی مصرف‌شده در هر قسمت، انرژی کل مصرف‌شده و نیز انرژی تولیدشده محاسبه و ارزیابی گردید.

## ۳- نتایج و بحث

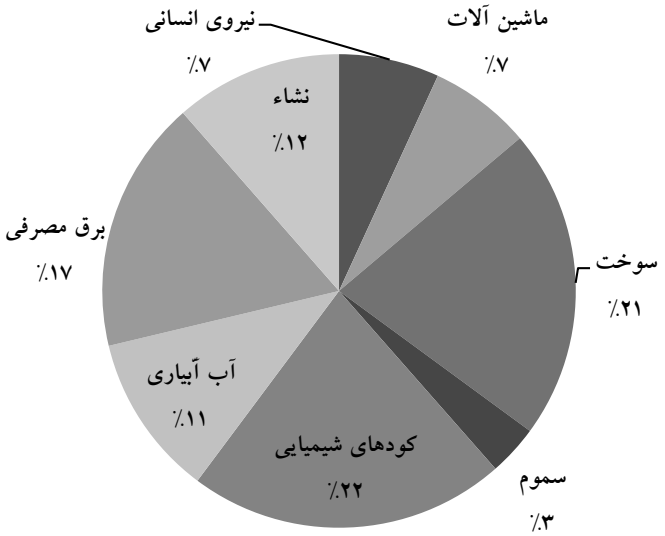
جدول (۲) نهاده‌ها و ستاده انرژی تولید بادرنجبویه و شکل (۱) درصد مصرف هر یک نهاده‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲- نهاده‌ها و ستانده‌های انرژی تولید بادرنجبویه

Table 2. Energy inputs and output of melissa production

| نهاده | مگاژول در هکتار |
|---|---|
| نیروی انسانی | ۲۸۴۲ |
| ماشین آلات | ۲۸۹۴ |
| سوخت | ۸۸۰۳/۵ |
| کود شیمیایی | ۸۹۹۱ |
| آب آبیاری | ۴۵۹۰ |
| نشاء | ۴۷۵۰ |
| برق مصرفی | ۷۱۵۸ |
| سموم | ۱۴۲۸ |
| کل انرژی مصرفی درهکتار | ۴۱۴۵۵/۵ |
| کل انرژی خروجی در هکتار | ۷۵۰۰۰ |

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران



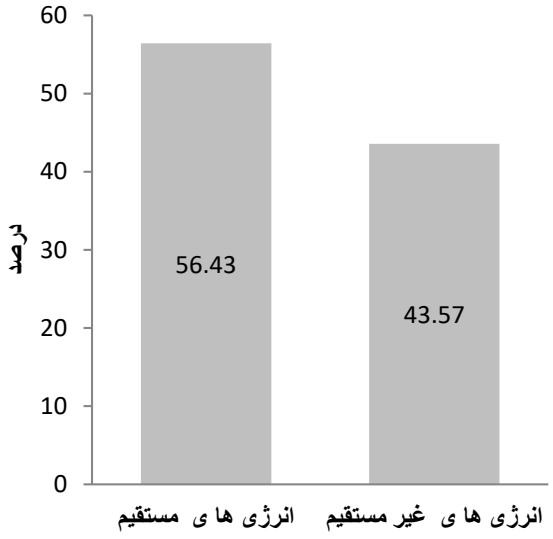

شکل ۱- درصد انرژی مصرفی نهاده‌های تولید بادرنجبویه
Figure 1. Percentage of energy consumption of melissa production inputs

همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود کود شیمیایی (٪۲۲) و سوخت مصرفی (٪۲۱) و برق (٪۱۷) بیشترین انرژی مصرفی را در تولید بادرنجبویه به خود اختصاص داده‌اند. در تحقیقی مشابه نهاده سوخت مصرفی و ماشین‌آلات کشاورزی به‌عنوان پرمصرف‌ترین نهاده در تولید سنتی سیب‌زمینی در مزارع استان کردستان معرفی گردید (Hossein Panahi and Kafi, 2013). بالا بودن مصرف کودهای شیمیایی در تولید بادرنجبویه علاوه‌بر مصرف بالای انرژی، خطرات زیست محیطی در منطقه را در پی دارد. لذا جایگزینی کودهای دامی علاوه‌بر کاهش هزینه و انرژی، از لحاظ سلامتی محیط زیست نیز حائز اهمیت است. همچنین با استفاده از روشهای بهینه کشاورزی می‌توان استفاده از ماشین‌آلات را کنترل نموده و در ادامه مصرف سوخت را مدیریت نموده و کاهش داد. جدول (۳) شاخص‌های بازده انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، انرژی خالص و همچنین عملکرد محصول بادرنجبویه را نشان می‌دهد. بازده انرژی در تولید بادرنجبویه ۱/۸ و مقدار بهره‌وری انرژی ۰/۰۷۲ کیلوگرم به ازای هر مگاژول انرژی مصرفی بدست آمد.

جدول ۳- شاخص‌های انرژی و عملکرد محصول بادرنجبویه
Table 3. Energy Indicators and Product Performance of Melissa

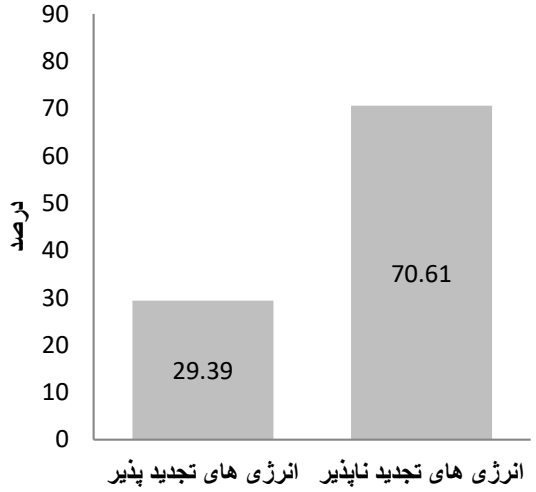
| شاخص | مقدار |
|---|---|
| راندمان انرژی | ۱/۸ |
| انرژی خالص | ۳۳۵۴۴/۵ مگاژول در هکتار |
| بهره‌وری انرژی | ۰/۰۷۲ کیلو گرم بر مگاژول |
| انرژی ویژه | ۱۳/۸۱ مگاژول بر کیلوگرم |
| عملکرد محصول | ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار |

در این تحقیق انرژی‌های ناشی از نیروی انسانی، سوخت‌ها و آب آبیاری جزء انرژی‌های مستقیم و انرژی‌های ناشی از ماشین‌آلات، سموم، کودهای شیمیایی، برق و تهیه نشاء جزء انرژی‌های غیرمستقیم درنظر گرفته شد. همچنین انرژی‌های نیروی انسانی، آب آبیاری و تهیه نشاء منابع انرژی تجدیدپذیر و سایر انرژی‌ها منابع تجدیدناپذیر به‌حساب آمدند. در شکل (۲) انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم مقایسه شده‌اند. مطابق شکل درصد مصرف انرژی‌های غیرمستقیم (٪۵۷/۴۳)، حدود ۱۳٪ کمتر از انرژی‌های مستقیم (٪۴۳/۵۶) است. انرژهای مصرفی کودهای شیمیایی و برق در انرژی‌های غیرمستقیم و انرژی سوخت در انرژی‌های مستقیم، بیشترین نقش را دارا می‌باشند.




شکل ۲- مقایسه انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم
Figure 2. Comparison of direct and indirect energy

در شکل (۳) انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تولید بادرنجبویه مقایسه شده‌اند. از مجموع انرژی‌های مصرفی ۷۰٪ آن تجدیدناپذیر و ۳۰٪ بصورت تجدیدپذیر بوده است. بالا بودن منابع مصرفی تجدیدناپذیر بخصوص سوخت و کودهای شیمیایی و برق در تولید بادرنجبویه از لحاظ انرژی و اقتصادی و زیست محیطی ایده‌آل نمی‌باشد.




شکل ۳- مقایسه انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر
Figure 3. Comparison of renewable and non-renewable energy

میزان استفاده از منابع انرژی تجدیدناپذیر (۷۰٪/۶۱) حدود ۴۰٪ بیشتر از منابع انرژی تجدیدپذیر (۲۶٪/۳۹) است و بیشترین سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر را سوخت مصرفی و کودهای شیمیایی در برمی‌گیرد که از لحاظ سلامت محیط زیست خطرناک و هشدار برانگیز است و با توجه به کمبود منابع تجدیدناپذیر باید اقدامات اساسی صورت پذیرد. دلیل مصرف بالای نهاده گازوئیل در این تحقیق را می‌توان استفاده از روش‌های مدیریت‌نشده در تولید بادرنجبویه دانست. بطور مشابه نهاده سوخت مصرفی و ماشین‌آلات کشاورزی به‌عنوان پرمصرف‌ترین نهاده در تولید سنتی سیب‌زمینی در مزارع استان کردستان شناخته شد (Hossein Panahi and Kafi, 2013). در تحقیقی میزان انرژی مصرفی در اندازه‌های مختلف مزارع برای تولید یونجه در مزارع استان همدان بررسی گردید و بازده انرژی ۱/۸۸ بدست آمد (Unakitan, et al., 2010). تساتسارلیس و کوندراس نیز در تحقیق خود بازده انرژی در تولید یونجه را ۶/۲۵ بدست آوردند (Tsatsarelis and Koundouras, 1994).

به‌منظور بررسی اثر نهاده‌های مصرفی انرژی بر عملکرد محصول بادرنجبویه از تابع تولید «کاب داگلاس» استفاده شد. در این تحقیق تولید بادرنجبویه تابعی از سوخت فسیلی، کودهای شیمیایی، سموم، نیروی انسانی، ماشین‌آلات، آب آبیاری، الکتریسیته و تهیه نشاء، درنظر گرفته شد. تابع تولید داگلاس با تکنیک حداقل مربعات معمولی برآورد گردید. نتایج حاصل از برآورد در جدول (۴) گزارش شده است.

جدول ۴- نتایج حاصل از بررسی اثر نهاده‌های مصرفی بر عملکرد گیاه بادر نجبویه

Table 4: Results of the study of the effect of inputs on the performance of Melissa

| متغیرهای مستقل | ضرایب | آماره t |
|---|---|---|
| جزء ثابت | ۱۵/۱۳** | ۳/۳۵ |
| آب آبیاری | ۰/۱۶* | ۲/۶۴ |
| برق مصرفی | ۰/۱۱ | ۰/۷۳ |
| نشاء | ۱/۲۴** | ۱/۵۶ |
| کودهای شیمیایی | ۰/۰۸** | ۰/۳۱ |
| سموم | ۰/۰۳ | ۲/۴۵ |
| سوخت مصرفی | ۰/۲۴ | ۲/۱۱ |
| ماشین‌آلات | ۰/۱۹* | ۰/۱۷ |
| نیروی انسانی | ۰/۷۸** | ۱/۲۹ |
| R2 | ۰/۷۳ | |

** و * به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد را نشان می‌دهند.

مطابق جدول (۴)، اثر انرژی نهاده‌های مصرفی آب آبیاری، نشاء، کودهای شیمیایی، سموم، ماشین‌آلات، سوخت و نیروی انسانی بر عملکرد گیاه بادرنجبویه مثبت است. به‌عبارتی با افزایش انرژی نهاده‌های مصرفی ذکرشده، تولید بادرنجبویه افزایش می‌یابد. اثر نهاده‌های برق مصرفی، کود شیمیایی، سوخت و نیروی انسانی در سطح ۱٪ و اثر ماشین آلات، آب آبیاری و انرژی تهیه نشاء در سطح ۵٪ معنی‌دار شدند.

## ۴- نتیجه‌گیری

نسبت بین انرژی خروجی به انرژی ورودی تولید بادرنجبویه ۱/۸ بدست آمد. درصد استفاده از منابع انرژی تجدیدناپذیر حدود ۴۰٪ بیشتر از منابع انرژی تجدیدپذیر بود و بیشترین سهم انرژی‌های مصرفی که جزء انرژی‌های غیرمستقیم به حساب می‌آیند را سوخت مصرفی، کودهای شیمیایی و برق در برمی‌گیرند. با توجه به این که قسمت عمده مصرف انرژی مربوط به سوخت و کودهای شیمیایی است که باعث کاهش راندمان انرژی و افزایش آلودگی منابع آبی و خاکی می‌شود، باید برای بهبود این وضعیت با استفاده از روش‌های نوین کشاورزی در انجام عملیات خاک‌ورزی و کاشت، هزینه و مصرف انرژی‌های سوخت و ماشین‌آلات را کاهش داد.

## ۵- مراجع


1. Ayenehband, A. (2007). Ecology of Canopy Agricultural Systems. Shahid Chamran University Press, Ahwaz, 374 p.
2. Hatirli S.A., Ozkan B., and Fert C. (2005). An enconometric analysis of energy input-output in Turkish agriculture. Renewable Sustainable Energy Rev 9(6): 608-623.
3. Hossein Panahi, F., and Kafi, M. (2013). Estimation of Energy Budget and Its Productivity in Potato Production Farms of Kurdistan Province, Case Study: Dehgolan Plain. Journal of Agricultural Ecology, Vol. 4, No. 2, 159-169.
4. Kochaki, A. and Hosseini, M. (2003). Garlic energy in agricultural ecosystems. Third edition. Javid Publications.
5. Kopahi, M. (2004). Principles of Agricultural Economics. Tehran. Edition 5. Institute of Publications and Printing of Tehran University. 476 p.
6. Ozkan B., Akcaoz H., and Fert C. (2004). Energy Input-Output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy 29: 39-51.
7. Safa., M and Tabatabaeefar, A. (2002). Energy consumption in wheat production in irrigated and dry land farming . IN: Proc.Intl.Agric, Engg. Conf, Wuxi, China, Now, 28-30.
8. Singh, G., S. Singh and J. Singh. (2004). Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. Energy Conversion and Management, Vol. 45.pp 453-465.


یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

9. Tsatsarelis C. A., and Koundouras D.S. (1994). Energetics of baled alfalfa hay production in northern Greece.AgricEcosyst Environ 49(2): 123-130.
10. Uhlin H. (1998). Why energy productivity is increasing: an I–O analysis of Swedish agriculture. Agric Syst ;56(4):443–465.
11. Unakitan, G., Hurma, H., Yilmaz, F. (2010). An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey, Namik kemal University of agriculture, Departement of Agriculture Economics, Energy, Vol. 35, PP. 3623-3627.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران