نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران | شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2020.125099.2491
جلد ۳۶، شماره ۲، صفحه ۱۹۴-۱۸۳ (۱۳۹۹) | شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1399.36.183.100.2.1605.41

مقایسه شاخص‌های انرژی در تولید چهار گونه گیاه دارویی (نعناع‌فلفلی، ترخون، ریحان و مرزه زراعی)

روح‌اله رحیمی[1*]، عباس گرجی چاکسپاری[2]، بهلول عباس‌زاده[3] و محمدکاظم عراقی[4]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، بخش تحقیقات مکانیزاسیون، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
پست الکترونیک: rrahimi@rifr-ac.ir

۲- دکترا، بخش تحقیقات مکانیزاسیون، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- استادیار، بخش تحقیقات گیاهان دارویی و معطر، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- مربی، بخش تحقیقات مکانیزاسیون، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۷ | تاریخ اصلاح نهایی: آبان ۱۳۹۸ | تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۸

چکیده

استقبال بالای تولیدکنندگان محصولات کشاورزی به تولید گیاهان دارویی سبب تأمل در راستای افزایش عملکرد این محصولات شده که این امر به‌طور مشخص با مکانیزه کردن تولید و نیز صرف انرژی بیشتر قابل دستیابی است؛ بنابراین ارزیابی‌های انرژی در تمامی مراحل تولید این محصولات لازم و ضروری می‌باشد. این تحقیق به‌صورت میدانی و با تهیه پرسشنامه و مصاحبه با تولیدکنندگان در مناطقی از استان‌های تهران و البرز در سال ۱۳۹۷ و بر روی چهار گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)، ترخون (*Artemisia dracunculus* L.)، ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و مرزه (*Satureja hortensis* L.) انجام شد. نتایج نشان داد که در بین تمامی نهاده‌های مصرف شده در این طرح دو نهاده کودهای شیمیایی و الکتریسیته با اختلاف بالای ۸۰٪ بیشترین درصد مصرف انرژی را در بین تمامی نهاده‌های مصرفی به خود اختصاص داده‌اند. پس از برآورد شاخص‌های انرژی، شاخص بازده انرژی برای تمام محصولات مورد مطالعه، بیشتر از یک بدست آمد که این موضوع بیانگر انرژی‌ده بودن سیستم‌های تولید این محصولات می‌باشد. همچنین گیاه دارویی مرزه با بازدهی انرژی ۳/۳۷ مناسب‌ترین محصول از نظر مصرف و تولید انرژی شناخته شد. از نظر شاخص انرژی خالص نیز گیاه مرزه با تولید خالص انرژی ۲۸۱۴۵۷ مگاژول در هکتار بیشترین بازگشت انرژی را در بین تمام محصولات مورد مطالعه به خود اختصاص داد. برآورد شاخص مکانیزاسیون در مصرف انرژی نشان داد که در تولید هر چهار محصول نسبت کمی از مصرف انرژی مرتبط با مکانیزاسیون است (۰/۲۳ تا ۰/۲۶) و این موضوع لزوم افزایش مکانیزاسیون در تولید این محصولات را بیش از پیش نمایان کرد.

واژه‌های کلیدی: شاخص مکانیزاسیون، شاخص‌های انرژی، عملکرد محصول، گیاهان دارویی.

مقدمه

رشد روزافزون مصرف گیاهان دارویی در دنیا و کاربرد گسترده آنها در حوزه‌های مختلفی مانند پزشکی، تغذیه و سلامت، منجر به تولید و فرآوری هر چه بیشتر و بهتر این گیاهان در دنیا شده است و همین مسئله جنبه رقابت زیادی را بین کشورهای مستعد در زمینه تولید و فرآوری این گیاهان و همچنین صادرات آنها ایجاد نموده است. یکی از بزرگترین مشکلات موجود بر سر راه تجارت صحیح و پر سود گیاهان دارویی در کشور ما کمبود سیستم‌های یکپارچه مکانیزه از مرحله کاشت تا فرآوری و در نهایت کنترل کیفی و بسته‌بندی این محصولات می‌باشد. عدم توسعه مکانیزاسیون گیاهان دارویی، فرصت زمانی محدود برای انجام عملیات و هزینه بالای تولید از عمده‌ترین مشکلات موجود بر سر راه گسترش گیاهان دارویی در جهت توسعه اقتصادی در کشور ایران است (Zooleh, 2011). ازاین‌رو وجود تحقیقات بنیادی و پایه‌ای مانند این تحقیق می‌تواند گام مؤثری در راستای مکانیزه کردن برخی مراحل تولید در این صنعت بردارد. مکانیزه کردن مزارع گیاهان دارویی بر روی مسائل اجتماعی اثر می‌گذارد و در بعضی موارد موجب کاهش اشتغال در روستاها شده و از نظر اقتصادی نیز می‌تواند سهم زیادی از هزینه‌های تولید را شامل شود. اگر مکانیزاسیون گیاهان دارویی درست انتخاب و مدیریت شود می‌تواند منجر به افزایش پایداری تولید، به‌ویژه در مورد جنبه‌های زیست‌محیطی و اقتصادی آن شود.

تاکنون مطالعات گسترده‌ای در زمینه محاسبه شاخص‌های انرژی کشت محصولات مختلف زراعی و باغی در داخل و خارج از کشور انجام شده اما در مورد شاخص‌های انرژی کشت گیاهان دارویی در سطح دنیا تحقیقات زیادی انجام نشده است. در تحقیقی، بررسی کارآیی انرژی زراعت زعفران در منطقه خراسان جنوبی در یک دوره پنج ساله انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین انرژی مصرفی در سال اول مربوط به کود دامی با مقدار ۹۱/۱۶٪ از کل انرژی مصرفی بود. این در حالی بود که طی سال‌های دوم تا پنجم بیشترین درصد مصرف انرژی مربوط به کود اوره با مقدار ۳۷/۶۷٪ از کل انرژی مصرفی بدست آمد. همچنین نسبت انرژی تولیدی به انرژی مصرفی در طی این دوره پنج ساله برابر ۰/۴۱٪ بدست آمد که با کشت یک‌ساله گیاهانی مانند کاهو و گوجه‌فرنگی در کشور آمریکا برابری می‌کرد (Moayedi Shahraki *et al*., 2010). در تحقیقاتی که بر روی کاشت و تولید برخی گیاهان دارویی انجام گردید مشخص شد که اگر عملیات برداشت گیاهان دارویی به‌صورت مکانیزه انجام شود، هم میل و رغبت کشاورزان مناطق تولیدی برای گسترش سطح زیر کشت بیشتر می‌شود و هم امکان برداشت محصول بیشتری از گیاه روییده شده خواهد بود. (Majnoon Hosseini & Davazdah Emami, 2007؛ Aghagolzadeh *et al*., 2011).

به‌منظور بررسی تأثیر روش مصرف کود نیتروژن و کشت مخلوط دو گونه گیاه دارویی بادرنجبویه و مریم‌گلی بر کارآیی انرژی، آزمایشی در مجتمع تحقیقاتی البرز کرج انجام شد. نتایج بدست آمده نشان داد که بالاترین کارآیی انرژی مربوط به روش محلول‌پاشی و کشت مخلوط ملیس و مریم‌گلی بود که نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. آنان علت این افزایش کارآیی انرژی را مصرف بهینه کود و افزایش عملکرد اعلام کردند (Sharifi ashourabadi *et al*., 2006). در سال‌های زراعی ۷۶-۱۳۷۵ به‌منظور بررسی تأثیر روش‌های حاصل‌خیزی خاک بر کارآیی انرژی در اکوسیستم زراعی، آزمایشی در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور (مجتمع تحقیقاتی البرز کرج) بر روی گیاه دارویی رازیانه انجام شد. نتایج حاصل نشان داد که در روش تغذیه شیمیایی با افزایش کودهای شیمیایی، عملکرد کمّی افزایش یافت اما از کارآیی انرژی کاسته شد، در صورتی‌که در روش تغذیه تلفیقی با استفاده از کود دامی و حذف تدریجی کودهای شیمیایی، عملکرد کمّی و کارآیی انرژی در تولید هر دو افزایش یافتند (Sharifi ashourabadi *et al*., 2003).

در تحقیق دیگری بررسی میزان انرژی مصرفی در کشت پنج گونه گیاه دارویی (نعناع‌فلفلی، آویشن، مریم‌گلی، رزماری و بابونه) در سطح استان البرز، با فرض ارگانیک بودن محصولات انجام شد و به این نتیجه رسیدند که بیشترین

مصرف انرژی مربوط به تولید نعناع فلفلی می‌باشد، همچنین نهاده مصرفی آبیاری در بین سایر نهاده‌ها بیشترین میزان مصرف انرژی را دارد (Khaksar *et al*., 2011). بنابراین با توجه به اهمیت رو به رشد گیاهان دارویی در دنیا و با این پیش‌فرض که از نظر اقتصادی در تولید گیاهان دارویی با مصارف سرشاخه استفاده از مکانیزاسیون مناسب‌ترین الگوی تولید می‌باشد؛ نیاز به برآورد شاخص‌های انرژی برای تعیین الگوهای کشت و تولید این محصولات در کشور، لازم و ضروری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق از نظر هدف، کاربرد و نحوه جمع‌آوری داده‌ها از نوع تحقیقات میدانی بوده و اطلاعات مورد نیاز شامل میزان انرژی نهاده‌های مصرفی و میزان محصول تولیدی می‌باشد. جامعه آماری شامل تمام تولیدکنندگان مجموعه مناطقی از استان‌های تهران و البرز است که چهار گیاه دارویی نعناع‌فلفلی، ترخون، ریحان و مرزه یک‌ساله در آنها به‌طور عمده کشت می‌شوند. داده‌های مورد نیاز از طریق تهیه پرسشنامه و مصاحبه با تولیدکنندگان جمع‌آوری گردید (۸۰ پرسشنامه).

مصرف انرژی در کشت محصولات کشاورزی شامل نهاده‌هایی است که در عملیات مختلف تولید استفاده می‌شوند. جمع کل نهاده‌های انرژی در هر سامانه تولید کشاورزی در واحد سطح از طریق جمع سهم انرژی هر نهاده مصرف شده بر واحد سطح انجام می‌شود. همچنین شایان ذکر است که منابع انرژی هر یک از نهاده‌های مصرفی در این تحقیق در شکل‌های مختلف مستقیم یا غیرمستقیم و تجدیدپذیر یا غیرتجدیدپذیر قرار دارند.

انرژی‌های ورودی شامل انرژی لازم برای آبیاری، نیروی کار، ماشین‌ها (تراکتور، گاوآهن برگردان‌دار، روتیواتور)، سوخت بنزین و دیزل، الکتریسیته، بذر یا نشاء، کود (دامی و شیمیایی) و سم می‌باشند. ستانده در این طرح نیز محصول برداشت شده است که به‌صورت عملکرد هر محصول در هکتار محاسبه می‌شود. مطابق با جدول ۱ از ضرایب برابر انرژی برای محاسبه انرژی ورودی و خروجی استفاده شد. با حاصل‌ضرب برابر انرژی هر نهاده (یا ستانده) در مقادیر مصرفی هر نهاده و نیز عملکرد هر محصول در یک هکتار مقدار انرژی مصرفی (یا خروجی) در یک هکتار قابل محاسبه خواهد بود. نهاده الکتریسیته برای پمپاژ آب آبیاری استفاده می‌شود که شامل دو بخش نهاده مستقیم و نهاده غیرمستقیم است. انرژی مورد نیاز برای بالا آوردن و تحت فشار قرار دادن آب مورد نیاز از رابطه ۱ محاسبه می‌شود که بخش نهاده مستقیم الکتریسیته را شامل می‌گردد.

$$DE = \frac{\gamma g H Q}{\varepsilon_1 \varepsilon_0} \qquad \text{رابطه ۱}$$

که در آن DE، انرژی مستقیم (ژول بر هکتار)؛ γ، چگالی آب (۱۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب)؛ g، شتاب گرانش (۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه)؛ Q، میزان کل آب مورد نیاز محصول در یک فصل زراعی؛ H، هد دینامیکی چاه؛ ε_1، بازدهی پمپ (برای پمپ‌های برقی مطابق کاتالوگ آنها معمولاً بین ۰/۱۸ تا ۰/۲۲ در نظر گرفته می‌شود) و ε_0، بازدهی وسیله تولید توان (الکتروموتور) (۷۰ تا۹۰ درصد). انرژی مواد خام و انرژی مورد نیاز برای ساخت و انتقال ادوات و وسایلی که در آبیاری دخالت دارند نیز شامل بخش غیرمستقیم نهاده الکتریسیته می‌شوند و همانند دیگر اجزای تجهیزات زیرساختی، چون تعیین طول عمر دقیق آنها مشکل است، بنابراین معمولاً درصدی از انرژی مستقیم (۲۰٪) را برای این منظور در نظر می‌گیرند (Rahimi, 2015).

برای ارزیابی چرخه حیات انرژی از پنج روش نسبت انرژی خالص (بازده انرژی)، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و دریافتی خالص انرژی و نیز شاخص مکانیزاسیون مطابق با جدول ۲ استفاده شد (Pradhan, 2010؛ Nguyen *et al*., 2008). در نهایت با مقایسه شاخص‌های انرژی بدست‌آمده می‌توان محاسبه کرد که بیشترین و کمترین میزان مصرف انرژی در تولید متعلق به کدام نهاده و محصول می‌باشد.

جدول ۱- هم‌ارز انرژی هر واحد از نهاده‌های مورد مصرف در تولید گیاهان دارویی طرح

نهاده ورودی (واحد)		انرژی معادل (واحد /Mj)	مرجع
نیروی انسانی (ساعت)		۲/۳	Ozkan *et al*., 2004
ماشین‌آلات (ساعت)		۶۴/۸	Hamedani *et al*., 2011
الکتریسیته (کیلووات ساعت)		۱۵/۲۸	(Anonymous, 2011
آب آبیاری (مترمکعب)		۱/۰۲	Taki *et al*., 2012
بذر (کیلوگرم)	ریحان و مرزه	۱/۰۰	Khaksar *et al*., 2011
نشاء (کیلوگرم)	نعناع و ترخون	۰/۲۸	Khaksar *et al*., 2011
سوخت دیزل (لیتر)		۵۶/۳۱	Mohammadi *et al*., 2008
سوخت بنزین (لیتر)		۴۶/۳	Kitani *et al*., 1999
کود دامی (کیلوگرم)		۰/۳	Mohammadi & Omid, 2010
کود شیمیایی (کیلوگرم)	نیترات (ازت)	۷۸/۱	Hamedani *et al*., 2011
	آهن	۱۷/۴	Pishgar-Komleh *et al*., 2012
آفت‌کش (لیتر)	حشره‌کش	۲۳۸	Tzilivakis *et al*., 2005
	علف‌کش	۲۹۵	Pishgar-Komleh *et al*., 2012
	قارچ‌کش	۲۳۸	Kaltschmitt *et al*., 1997
ستانده (کیلوگرم)	(نعناع، ترخون، ریحان و مرزه)	۱۰	Hedau *et a*l., 2014

جدول ۲- مجموع پارامترهای انرژی تعریف شده و نحوه برآورد آنها

پارامتر	تعریف
انرژی تجدیدپذیر (E_r)	نیروی انسانی+ کود دامی+ بذر و نشاء+ آبیاری
انرژی غیر تجدیدپذیر (E_n)	ماشین‌آلات+ سوخت دیزل+ سوخت بنزین+ الکتریسیته+ کود شیمیایی+ آفت‌کش
انرژی مستقیم (E_d)	نیروی انسانی+ سوخت دیزل+ سوخت بنزین+ الکتریسیته+ آبیاری
انرژی غیرمستقیم (E_i)	ماشین‌آلات+ کود شیمیایی+ آفت‌کش+ کود دامی+ بذر و نشاء
کل انرژی ورودی (E_T)	انرژی تجدیدپذیر+ انرژی غیر تجدیدپذیر یا انرژی مستقیم+ انرژی غیرمستقیم
انرژی خروجی (E_O)	عملکرد محصول (kg/ha) × هم‌ارز انرژی محصول (Mj/kg)
بازده انرژی (EUE)	کل انرژی ورودی (E_T) / انرژی خروجی (E_O)
بهره‌وری انرژی (EP)	کل انرژی ورودی (E_T) / عملکرد محصول (kg/ha)
انرژی ویژه (SE)	عملکرد محصول (kg/ha) / انرژی ورودی کل (E_T)
انرژی خالص (NE)	کل انرژی ورودی (E_T) – انرژی خروجی (E_O)
شاخص مکانیزاسیون (MI)	(انرژی حیوانی (Ea) + انرژی انسانی (Eh) + انرژی ماشینی (Ed)) / انرژی ماشینی (Ed)

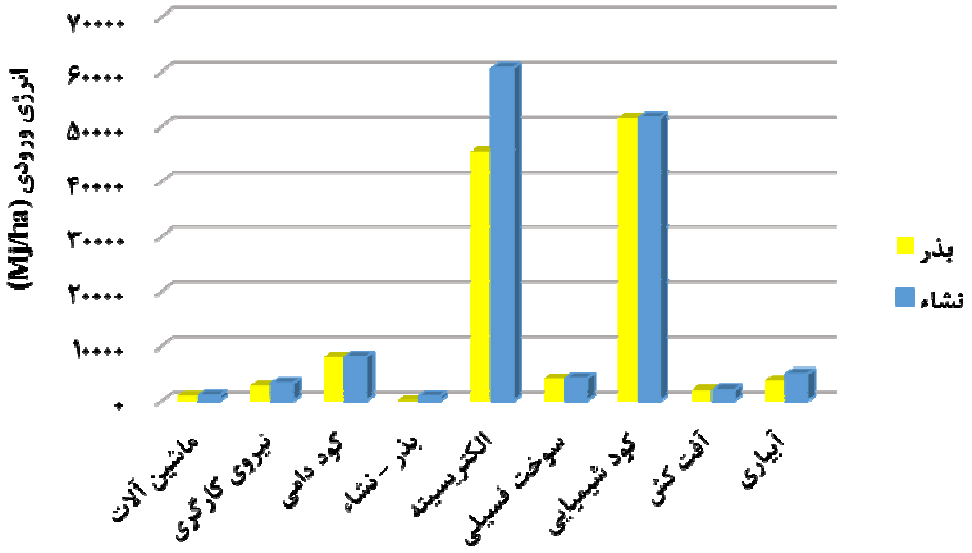
در پایان با استفاده از اطلاعات شاخص‌های انرژی بدست‌آمده برای هر یک از گیاهان مورد تحقیق، مقایسه انرژی برای تولید و عملکرد هریک از گیاهان دارویی مذکور انجام گردید و مشخص شد از لحاظ انرژی‌بَر بودن یا انرژی‌ده بودن، تولید کدام محصول در وضعیت بهتری قرار دارد و اینکه آیا میزان انرژی که در کل فرایند تولید مصرف می‌شود پس از برداشت محصول جبران می‌شود یا خیر؟

جدول ۳- انرژی ورودی هر یک از نهاده‌ها و خروجی ستانده‌ها به همراه انرژی ورودی کل

نهاده‌ها		انرژی ورودی/ خروجی (Mj /ha)
۱- ماشین‌آلات (hr)		۹۷۲
۲- نیروی کارگری (hr)	بذر	۲۷۲۵
	نشاء	۳۱۵۸
۳- کود دامی (kg)		۸۰۰۰
۴- الکتریسیته (kw-hr)	بذر	۴۵۴۲۲/۸
	نشاء	۶۰۵۶۳/۸
۵- سوخت دیزل (lit)		۳۹۴۱/۷
۶- سوخت بنزین (lit)		۱۶۲/۰۵
۷- کود شیمیایی (kg)	ازت	۵۱۵۴۶
	آهن	۷۰
۸- آفت‌کش (lit)	علف‌کش	۲۹۵
	حشره‌کش	۴۷۶
	قارچ‌کش	۱۱۹۰
۹- نهاده کاشت (kg)	بذر	۷۰
	نشاء	۸۴۰
۱۰- آبیاری (m^3)	بذر	۳۶۷۲
	نشاء	۴۸۹۶
کل انرژی ورودی	بذر	۱۱۸۵۴۲/۶
	نشاء	۱۳۶۱۱۰/۶
ستانده‌ها		
۱- نعناع		۲۲۰۰۰۰
۲- ترخون		۳۳۰۰۰۰
۳- ریحان		۱۷۵۰۰۰
۴- مرزه		۴۰۰۰۰۰

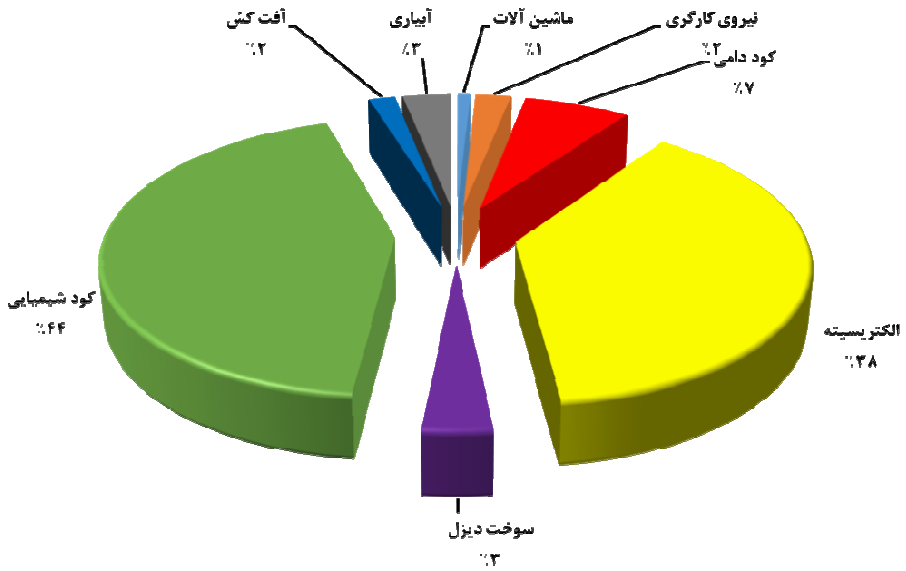
نتایج

پس از انجام محاسبات، مقادیر انرژی هر یک از نهاده‌ها و ستانده‌ها در تولید چهار گیاه دارویی نعناع‌فلفلی، ترخون، ریحان و مرزه یک‌ساله در استان‌های تهران و البرز محاسبه شد که نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است. انرژی‌های خروجی نیز با توجه به میزان عملکرد محصولات و نیز برابر انرژی آنها بدست آمد که تحت عنوان ستانده‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. در بررسی نتایج بدست‌آمده، گیاه ریحان و مرزه که به‌صورت بذر کشت شده بودند به‌عنوان دسته اول و گیاهان نشائی یعنی نعناع فلفلی و ترخون به‌عنوان دسته دوم در نظر گرفته شدند. با توجه به نتایج حاصل، مشخص شد که میزان کل انرژی‌های مصرفی در تولید محصولات با کاشت نشاء (۱۳۶۱۱۰/۶ مگاژول در هکتار) نسبت به محصولات با کاشت بذر (۱۱۸۵۴۲/۶ مگاژول در هکتار) به مراتب بیشتر است. مقایسه انرژی‌های ورودی بین محصولات دسته اول با محصولات دسته دوم در شکل ۱ نشان داده شده است.

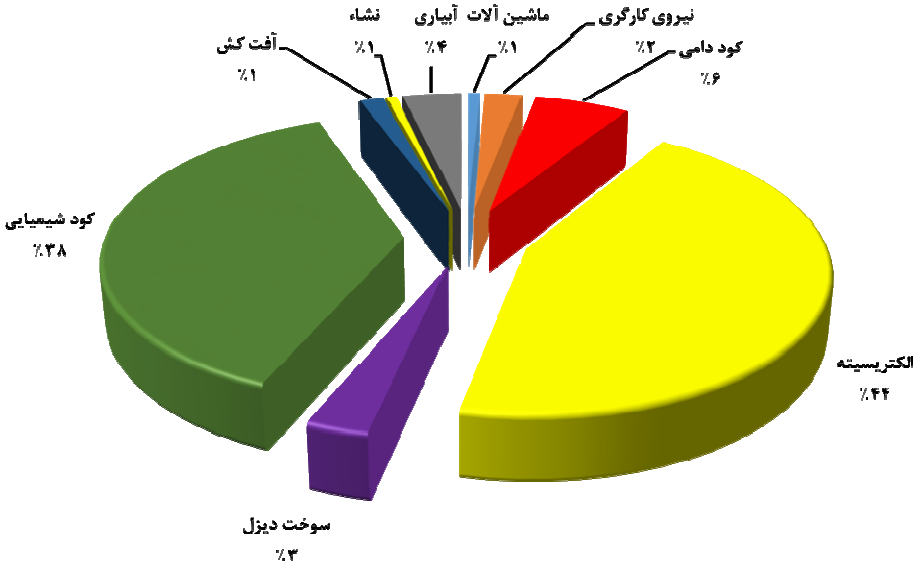


شکل ۱- مقایسه انرژی‌های ورودی بین محصولاتی که با بذر تکثیر می‌شوند نسبت به محصولات نشائی

درصد نهاده‌های مصرفی در تولید گیاهان دارویی دسته اول و دوم به‌ترتیب در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. درصد انرژی‌های ورودی نشان می‌دهد در تولید گیاهان دارویی دسته اول، نهاده کودهای شیمیایی بیشترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است (۴۳/۵٪)؛ بعد از آن نهاده انرژی الکتریسیته با اختصاص ۳۸/۳٪ از کل انرژی نهاده‌های مصرفی قرار دارد. این دو نهاده در تولید گیاهان دارویی که با بذر تکثیر می‌شوند در مجموع حدود ۸۱/۸٪ کل مصرف انرژی را شامل شده‌اند؛ پس از این دو نهاده به‌ترتیب نهاده‌های کود دامی، سوخت دیزل، آبیاری، نیروی کارگری، آفت‌کش، ماشین‌آلات، بنزین و بذر قرار دارند. همچنین در تولید گیاهان دارویی دسته دوم نیز نهاده انرژی الکتریسیته با ۴۴/۵٪ از کل انرژی‌های مصرفی بیشترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است؛ بعد از آن کودهای شیمیایی با ۳۷/۹٪ قرار دارد و این دو نهاده نیز مانند دسته اول در مجموع حدود ۸۲/۴٪ از کل انرژی‌های مصرفی در تولید گیاهان دسته دوم را به خودشان اختصاص داده‌اند؛ پس از این دو نهاده نیز به‌ترتیب نهاده‌های کود دامی، آبیاری، سوخت دیزل، نیروی کارگری، آفت‌کش، ماشین‌آلات، نشاء و بنزین قرار دارند.



شکل ۲- سهم انرژی نهاده‌های مصرفی در تولید محصولاتی که از طریق بذر تکثیر می‌شوند (دسته اول)



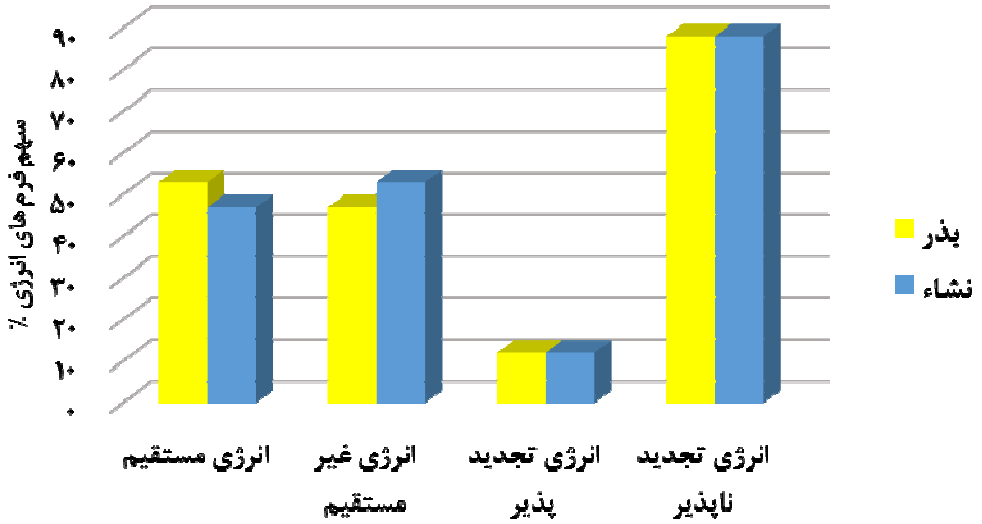
شکل ۳- سهم انرژی نهاده‌های مصرفی در تولید محصولاتی که از طریق نشاء تکثیر می‌شوند (دسته دوم)

مقایسه درصد نهاده‌های انرژی که به‌صورت مستقیم در تولید این گیاهان دارویی مصرف می‌شوند نسبت به نهاده‌هایی که به‌صورت غیرمستقیم مصرف می‌گردند در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود درصد نهاده‌های انرژی مصرفی به‌صورت مستقیم در تولید محصولات دسته اول با کسب ۵۳٪ از سهم کل انرژی‌های مصرفی بیشتر از نهاده‌های انرژی است که به‌صورت غیرمستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرند (درست برخلاف

محصولاتی که با نشاء تکثیر می‌شوند). همچنین در این شکل درصد انرژی‌های مصرفی تجدیدپذیر نیز نسبت به انرژی‌های مصرفی غیر قابل تجدید نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در تولید هر دو دسته محصولات، انرژی‌های مصرفی تجدیدناپذیر درصد بالایی (۸۸٪) از سهم کل انرژی‌های مصرفی را نسبت به انرژی‌های مصرفی تجدیدپذیر به خودشان اختصاص داده‌اند.

پارامترهای انرژی

با توجه به میزان کل انرژی‌های ورودی در تولید هر محصول و نیز انرژی خروجی (ستانده) بدست‌آمده پارامترهای ذکر شده در جدول ۲ شامل شاخص بازده انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، انرژی خالص و شاخص مکانیزاسیون در مصرف انرژی برای هر محصول جداگانه محاسبه گردید که نتایج بدست‌آمده در جدول ۴ ارائه شده است.



شکل ۴- مقایسه انرژی نهاده‌های مصرفی در دو فرم انرژی‌های تجدیدپذیر و غیرقابل تجدید و نیز مستقیم و غیرمستقیم

جدول ۴- نتایج حاصل از برآورد شاخص‌های انرژی

شاخص‌ها	محصولات تولیدی			
	نعناع	ترخون	ریحان	مرزه
بازده انرژی	۱/۶۲	۲/۴۲	۱/۴۸	۳/۳۷
بهره‌وری انرژی (kg/MJ)	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۱۵	۰/۳۴
انرژی ویژه (MJ/kg)	۶/۲	۴/۱۲	۶/۷۷	۲/۹۶
انرژی خالص (MJ/ha)	۸۳۸۸۹	۱۹۳۸۸۹	۵۶۴۵۷	۲۸۱۴۵۷
شاخص مکانیزاسیون در مصرف انرژی	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۶	۰/۲۶

بحث

همانطور که ملاحظه می‌شود در تولید هر دو دسته گیاهان دارویی انرژی مربوط به مصرف کودهای شیمیایی و الکتریسیته با اختلاف بسیار زیادی نسبت به سایر نهاده‌های مصرفی بیشترین سهم را در مصرف انرژی موجب شده‌اند؛ یکی از دلایل اصلی این موضوع، مصرف بسیار زیاد انرژی در تولید این دو نهاده می‌باشد. به‌نحوی که طبق نتایج تحقیقات گذشته به ازای تولید هر کیلوگرم کود اوره (مورد استفاده غالب در بین سایر کودها در تولیدات کشاورزی) ۷۸/۱ مگاژول و در تولید هر کیلووات ساعت الکتریسیته ۱۵/۲۸ مگاژول انرژی مصرف می‌شود. همچنین در تولید محصولاتی که با نشاء تکثیر می‌شوند (نعناع‌فلفلی و ترخون) مصرف انرژی الکتریسیته به نسبت بیشتر از تولید محصولاتی است که با بذر تکثیر شده‌اند (ریحان و مرزه). دلیل این موضوع مدت زمان بیشتر بین کاشت تا برداشت دو محصول نشائی و بالطبع نیاز بیشتر به آبیاری در مزرعه و مصرف انرژی الکتریسیته می‌باشد. هر چند که در هنگام تولید نشاء این محصولات در محیط گلخانه نیاز به آبیاری بسیار پایین می‌باشد؛ همچنین زمان متفاوت کاشت این دو دسته محصولات هم، علت دیگر مصرف بیشتر انرژی الکتریسیته در محصولات نشائی می‌باشد. زمان کاشت و اولین برداشت محصولات نشائی در این طرح، خردادماه و تیرماه است که نسبت به محصولات کاشت بذری (فروردین‌ماه و نیمه اول اردیبهشت) به نسبت دمای هوا گرم‌تر و پیرو آن مصرف انرژی الکتریسیته به‌منظور آبیاری نیز بیشتر خواهد شد. همین دلایل ذکر شده سبب می‌شود که مصرف انرژی مربوط به آبیاری و نیروی کارگری نیز در تولید محصولات نشائی بیشتر از محصولات با کشت بذر در این طرح باشد. انرژی مربوط به نشاء مصرفی در یک هکتار در تولید نعناع‌فلفلی و ترخون نیز به نسبت بیشتر از انرژی مربوط به بذر مصرفی در تولید ریحان و مرزه می‌باشد که دلیل آن نیز مصرف انرژی بیشتر در تولید نشاء و نیز وزن بیشتر نشاء در هکتار نسبت به بذر می‌باشد. به همین دلایل ذکر شده در بالا میزان کل انرژی‌های مصرفی در تولید محصولات با کاشت نشاء نسبت به محصولات با کاشت بذر بیشتر است (۱۳۶۱۱۰/۶ در مقایسه با ۱۱۸۵۴۲/۶ مگاژول در هکتار). هر چند در اینگونه مقایسات معمولاً شرایط جانبی ازجمله شرایط محیطی، شیوه‌های کاشت تا برداشت و ... می‌تواند در نتایج نهاده‌ها و ستانده‌ها تأثیرگذار باشد اما در این طرح سعی بر این شد تا حتی‌الامکان این گونه شرایط به‌صورت یکسان در نظر گرفته شود. به‌عنوان مثال تمام این چهار محصول توسط یک تولیدکننده، در یک قطعه زمین با شرایط آب و هوایی یکسان و شیوه کاشت تا برداشت تقریباً یکسان تولید می‌شود، بنابراین بیشتر پرسشنامه‌ها در شرایط یکنواخت برای هر چهار محصول تکمیل شدند. ازاین‌رو نتایج حاصل قابل تعمیم به تمام تولیدکنندگان این چهار محصول در شرایط آب و هوایی استان‌های تهران و البرز می‌باشد.

در این مطالعه پس از برآورد شاخص‌های مربوط به انرژی مشخص شد که در تولید هر چهار محصول مورد مطالعه بازدهی انرژی بیشتر از یک بدست آمد و این امر نشان‌دهنده این مهم است که در تولید این محصولات مقدار انرژی که در نهایت تولید می‌شود بیشتر از مقدار انرژی مصرفی در کل دوره فرایند تولید (چرخه حیات آن محصول) می‌باشد. اینکه یک فرایند تولید انرژی‌بَر یا انرژی‌ده باشد، برای تحلیل‌ها و نتیجه‌گیری‌های کارشناسان بخش تولید آن محصول بسیار مهم است که خوشبختانه در تولید هر چهار محصول مورد مطالعه میزان انرژی تولیدی به مراتب بیشتر از انرژی‌های مصرفی محاسبه گردید و در میان آنها بازده انرژی مرزه برابر ۳/۳۷ محاسبه شد که به‌مراتب از سه محصول دیگر بالاتر است. به این معنی که حدود ۳/۳۷ برابر انرژی که در تولید مرزه مصرف شده از طریق برداشت محصول آن برگردانده شده است؛ دلیل بسیار بالاتر بودن بازده انرژی مرزه و پس از آن ترخون نسبت به دو محصول دیگر میزان بالای عملکرد این دو محصول در هکتار می‌باشد که نسبت به دو محصول دیگر به مراتب عملکرد بالاتری دارند. همچنین جدای از عملکرد بالاتر مرزه نسبت به سایر محصولات ازجمله ترخون مدت زمان تولید این محصول نیز نسبت به ترخون کوتاه‌تر می‌باشد (۴۵ روز در

مقایسه با ۶۰ روز)، به‌طوری که در فصل تولید این محصول دمای هوا نسبت به ترخون به مراتب پایین‌تر است؛ ازاین‌رو تمام این موارد سبب کمتر شدن مصرف انرژی در تولید مرزه خواهد شد. شاخص بهره‌وری انرژی نشان‌دهنده میزان تولید محصول به ازای یک مگاژول مصرف انرژی است. در مقایسه محصولات تولیدی با این شاخص نیز بالطبع تولید مرزه به‌دلیل عملکرد بالای محصول و سایر موارد ذکر شده مقدار بیشتری نسبت به سایر محصولات داشت (۰/۳۴) که نشان می‌دهد با مصرف یک مگاژول انرژی ۰/۳۴ کیلوگرم محصول مرزه تولید می‌شود؛ پس از مرزه به‌ترتیب محصولات ترخون، نعناع فلفلی و ریحان از نظر میزان عملکرد محصول در ازای هر مگاژول مصرف انرژی قرار گرفتند. شاخص انرژی ویژه نشان می‌دهد برای تولید یک کیلوگرم محصول نیاز به مصرف چند مگاژول انرژی است. براساس این شاخص برای تولید یک کیلوگرم ریحان نیاز به مصرف ۶/۷۷ مگاژول انرژی می‌باشد که نسبت به سایر محصولات مورد مطالعه در این طرح بیشترین مصرف انرژی را شامل شده است و پس از آن به‌ترتیب نعناع‌فلفلی، ترخون و مرزه قرار دارند؛ دلیل بالا بودن شاخص انرژی ویژه در تولید ریحان، عملکرد کمتر این محصول نسبت به سایر محصولات مورد مطالعه می‌باشد. شاخص انرژی خالص بیانگر مقدار خالص انرژی تولید شده در هر هکتار است. این شاخص از طریق کسر کردن مجموع انرژی‌های ورودی (انرژی نهاده‌ها) از میزان انرژی خروجی (انرژی ستانده) محاسبه می‌شود که ممکن است جواب نهایی مثبت یا منفی باشد. در بررسی محصولات مورد مطالعه در این طرح، شاخص انرژی خالص برای تمامی محصولات مورد مطالعه مثبت بدست آمد که نشان‌دهنده انرژی‌ده بودن سیستم است، به این معنا که میزان انرژی تولیدی برای هر محصول بیشتر از مجموع انرژی‌های مصرفی در تولید آن محصول می‌باشد. با توجه به این شاخص نیز در تولید یک هکتار مرزه ۲۸۱۴۵۷ مگاژول انرژی خالص تولید می‌شود و بیشترین میزان تولید انرژی خالص در هر هکتار با توجه به عملکرد بالای آن، به این محصول اختصاص می‌یابد؛ پس از آن به‌ترتیب ترخون، نعناع‌فلفلی و ریحان قرار دارند. شاخص مکانیزاسیون در مصرف انرژی نشان می‌دهد که در تولید هر محصول چه نسبتی از مصرف انرژی مربوط به ماشین است (انرژی مصرف سوخت و انرژی خود ماشین‌ها)؛ به‌عبارتی چه نسبتی از مصرف انرژی در تولید هر محصول مرتبط با مکانیزاسیون آن محصول است (Samavatean *et al*., 2011). با توجه به مشابه بودن عملیات تولید این چهار محصول، این شاخص برای محصولات با طول دوره مشابه یکسان خواهد بود. بنابراین محصولات دارای طول دوره کوتاه‌تر مانند ریحان و مرزه شاخص مکانیزاسیون بالاتری در مصرف انرژی (۰/۲۶) نسبت به محصولات دارای طول دوره بیشتر مانند نعناع‌فلفلی و ترخون (۰/۲۳) خواهند داشت. به این معنا که تنها ۲۶٪ انرژی‌های مصرفی در تولید این محصولات مربوط به مکانیزه انجام شدن عملیات است و ۷۴٪ مربوط به سایر موارد است. این شاخص نشان می‌دهد که چه سطحی از مکانیزاسیون در مصرف انرژی مؤثر بوده و یا چقدر منطقی است که از ماشین‌آلات مختلف استفاده شود. البته هر چه این شاخص به سمت عدد یک میل کند نشان می‌دهد که عملیات بیشتری با کمک ماشین‌آلات انجام می‌شود و سطح مکانیزاسیون بالاتر است. پایین‌تر بودن جزئی شاخص مکانیزاسیون مصرف انرژی در تولید نعناع‌فلفلی و ترخون به این دلیل است که تنها بخشی که در تولید هر چهار محصول مورد مطالعه مکانیزه است، عملیات خاک‌ورزی است و سایر عملیات به‌طورکلی دستی انجام می‌شود، بنابراین به دلیل اینکه طول دوره تولید محصولات نعناع‌فلفلی و ترخون بیشتر از دو محصول دیگر است بالطبع نیاز به عملیات سنتی و غیر مکانیزه نیز در تولید این محصولات بیشتر خواهد بود، در نتیجه شاخص مکانیزاسیون آنها در مصرف انرژی کمتر بدست خواهد آمد.

منابع مورد استفاده

- Aghagolzadeh, H., Ranji, N., Ranji, A. and Karimi, H., 2011. Expanding culture of *Echium amoenum* in

- Ozkan, B., Akcaoz, H. and Fert, C., 2004. Energy input-output analysis in turkish agriculture. Renewable Energy, 29: 39-51.
- Pishgar-Komleh, S.H., Ghahderijani, M. and Sefeedpari, P., 2012. Energy consumption and CO_2 emissions analysis of potato production based on different farm size levels in Iran. Journal of Cleaner Production, 33: 183-191.
- Pradhan, A., 2010. Life Cycle Analysis of Soybean Biodiesel Production. Ph.D. Dissertation, University of Idaho.
- Rahimi, R., 2015. Evaluation of energy flow in bioethanol production from date palm waste using life cycle assessment (LCA). Ph.D. thesis of Agricultural Mechanization, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, 142p.
- Samavatean, N., Rafiee, S. and Mobli, H., 2011. An analysis of energy use and estimation of a mechanization index of garlic production in Iran. Journal of Agricultural Science, 3(2): 198-205.
- Sharifi ashourabadi, E., Lebaschi, M.H., Matin, A. and Abbaszadeh, B., 2006. Investigating the effect of nitrogen fertilizer use and intercropping of two medicinal plant types on energy efficiency. Ninth Congress of Agronomy and Plant Breeding, Karaj, Seed and Plant Improvement Institute, 27-29 August: 121.
- Sharifi ashourabadi, E., Noor Mohammadi, G., Matin, A., Ghalavand, A. and Lebaschi, M.H., 2003. Efficiency of input energy in different methods of soil fertilization. Pajouhesh-Va-Sazandegi, 15(3): 91-97.
- Taki, M., Ajabshirchi, Y., Mobtaker, H.G. and Abdi, R., 2012. Energy consumption, input-output relationship and cost analysis for greenhouse productions in Esfahan Province of Iran. Journal of Experimental Agriculture International, 2(3): 485-501.
- Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A. and Jaggard, K., 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agricultural Systems, 85(2): 101-119.
- Zooleh, M., 2011. Investigating the role of medicinal plants in Iran's economic development. Proceedings of the National Conference on Agricultural Achievements, Islamic Azad University, Shahrekordas Branch, 15-16 November: 87-97.
Rodsar-Eshkevarat, a step to economic and social development. First Eshkevar National Congress, Guilan University, Rasht, Guilan, 12-13 July: 53-61.
- Anonymous, 2011. Energy balance in 2011. Power and Energy Affairs Ministry.
- Hamedani, S.R., Shabani, Z. and Rafiee, S., 2011. Energy inputs and crop yield relationship in potato production in Hamadan province of Iran. Fuel and Energy Abstracts, 36(5): 2367-2371.
- Hedau, N.K., Tuti, M.D., Stanley, J. and Mina, B.L., 2014. Energy-use efficiency and economic analysis of vegetable cropping sequences under greenhouse condition. Energy Efficiency, 7: 507-515.
- Kaltschmitt, M., Reinhardt, G.A. and Stelzer, T., 1997. Life cycle analysis of biofuels under different environmental aspects. Biomass and Bioenergy, 12(2): 121-134.
- Khaksar, Z., Rafiee, Sh. and Akram, A., 2011. Evaluation of energy consumption in cultivating five medicinal plant species in Alborz province. Proceedings of the First National Congress of Agricultural Science and Technology. Zanjan University of Zanjan, 19-22.
- Kitani, O., Jungbluth, T., Peart, R.M. and Ramdani, A., 1999. CIGR Handbook of Agricultural Engineering: Energy and Biomass Engineering. ASAE publication, ST Joseph, MI, (5), 330p.
- Majnoon Hosseini, N. and Davazdah Emami, S.A., 2007 Cultivation and Production of a Certain Medicinal Plants and Spices. Publications Tehran University, 300p.
- Moayedi Shahraki, E., Jami Al-Ahmadi, M. and Behdani, M.A., 2010. Study of energy efficiency of saffron (*Crocus sativus* L.) in Southern Khorasan. Agroecology, 2: 61-69.
- Mohammadi, A. and Omid, M., 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied Energy, 87(1): 191-196.
- Mohammadi, A., Tabatabaeefar, A., Shahin, S., Rafiee, S. and Keyhani, A., 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. Energy Conversion and Management, 49(12): 3566-3570.
- Nguyen, T.L.T., Gheewala, S.H. and Garivait, S., 2008. Full chain energy analysis of fuel ethanol from cane molasses in Thailand. Applied Energy, 85(8): 722-734.

Energy indices compartion in four medicinal herbs production (*Mentha piperita* L., *Artemisia dracunculus* L., *Ocimum basilicum* L. and *Satureja hortensis* L.)

R. Rahimi[1*], A. Gorji Chakespari[2], B. Abaszadeh[3] and M.K. Araghi[2]

1*-Corresponding author, Mechanization Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, E-mail: rrahimi@rifr-ac.ir
2- Mechanization Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3- Medicinal and Aromrtic Plants Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: March 2019 Revised: November 2019 Accepted: November 2019

Abstract

The high tendency of agricultural producers to the production of medicinal plants has raised concerns about increasing the yield of these products, which can be achieved by mechanizing production and spending more energy. Therefore, energy flow analysis is essential throughout the production process. This research was implemented in the field in 2018 by questionnaires and face to face interview with farmers in some areas of Tehran and Alborz provinces on the four medicinal herbs *Mentha piperita* L., *Artemisia dracunculus* L., *Ocimum basilicum* L. and *Satureja hortensis* L. The results showed that among all the inputs consumed in this project, two inputs of chemical fertilizers and electricity with a difference of more than 80%, had the highest percentage of energy consumption. After estimating the energy indices, the energy efficiency index was more than one for all the studied products, indicating the energy efficiency of the production systems of these products. Also, the medicinal plant savory with an energy efficiency of 3.37 was considered the most suitable product for energy consumption and production. In terms of net energy index, savory with a net energy production of 281457 MJ ha^{-1} had the highest energy return. The estimate of the mechanization index in energy consumption showed that a small proportion of energy consumption was related to mechanization (0.23 to 0.26) in the production of all four products and this issue showed the need to increase mechanization in the production of these products more than before.

Keywords: Mechanization index, energy indices, product yield, medicinal herbs.