نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

تجزیه‌وتحلیل مصرف انرژی در فرایند عرق‌گیری نعناع: مطالعه موردی کشت و صنعت گلکاران

بهمن حیدری[۱]، علی جعفری[۲*]، شاهین رفیعی[۲]، علی حاجی احمد[۳]، محمد شریفی[۳]، علیرضا مظاهری[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه تهران

۲- استاد دانشکده مهندسی و فناوری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- استادیار دانشکده مهندسی و فناوری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۴- مدیرعامل کشت و صنعت گلکاران کاشان

پست الکترونیک:
jafarya@ut.ac.ir

چکیده

در سال‌های اخیر مردم ایران توجه خاصی به استفاده از گیاهان دارویی جهت خوددرمانی نموده‌اند. عرق نعناع در درمان افسردگی، سرگیجه، میگرن، ناراحتی‌های عصبی و سرفه مؤثر است. با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و به دنبال آن نیاز به صنایع داروسازی و کشاورزی، انسان در آینده مجبور به تهیه و استفاده از گیاهان دارویی می‌باشد. در تحقیق حاضر فرایند تولید عرق نعناع ازنظر مصرف انرژی مورد بررسی قرار گرفت. این فرایند شامل ۶ مرحله کاشت و برداشت نعناع، خشک‌کردن نعناع، عرق‌گیری، بسته‌بندی عرق، تصفیه آب و کمپوست سازی بود. میزان مصرف انرژی نهاده و ستانده به ترتیب ۱۶۷۰۶۹٫۵ و ۱۱۴۹۳۱٫۱ مگاژول در هکتار برآورد شد. نتایج نشان داد که بیشترین مصرف انرژی مربوط به الکتریسیته با ۳۴٫۱۹ درصد و سوخت دیزل با ۲۸٫۸۲ درصد بوده است. شاخص‌های انرژی اعم از کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص به ترتیب برابر با ۰٫۶۹، ۰٫۲۴ کیلوگرم بر مگاژول، ۴٫۰۱ مگاژول بر کیلوگرم و ۵۲۱۳۸٫۴- مگاژول در هکتار محاسبه شدند. نتایج نشان می‌دهند که فرایند تولید عرق نعناع دارای مصرف انرژی بالایی بوده که بهینه شدن دستگاه‌ها و تجهیزات کارخانه را ملزوم می‌دارد.

واژه‌های کلیدی: اسانس نعناع ، تحلیل انرژی، فرایند تولید عرق نعناع.

۱- مقدمه

گیاه‌درمانی یکی از کهن‌ترین شیوه‌های درمانی است که انسان در چالش با طبیعت فراگرفته و گسترش داده است. به‌کارگیری گیاهان توسط انسان به ۶۰۰۰ سال پیش برمی‌گردد (قاسمی، ۱۳۸۸). تا چند دهه گذشته آنچه به‌عنوان دارو

مورداستفاده قرار می‌گرفت، از منابع طبیعی و به‌طور عمده از گیاهان به دست می‌آمد (Arrieta *et al*., 2007). پیشرفت علم از یک‌سو و مسائل اقتصادی از سوی دیگر باعث کاهش مصرف گیاهان دارویی شده است و داروهای صناعی در بسیاری از موارد جایگزین داروهای گیاهی شده‌اند (Ciani *et al*., 2000). مصرف روزافزون داروهای شیمیایی روزبه‌روز مشکلات حادتری از قبیل پدیده خودایمنی بر اثر مصرف مداوم و بی‌رویه دارو و عوارض جانبی را به وجود می‌آورند. به دلیل مشکل مقاومت میکروارگانیسم‌ها به داروهای شیمیایی و عوارض جانبی و ناخواسته آن‌ها استفاده از اسانس‌های گیاهی و گیاهانی که فعالیت ضد میکروبی از خود نشان می‌دهند در سال‌های اخیر موردتوجه قرارگرفته است (Ngo *et al*., 2001).

نعناع بانام علمی *spearmint* از تیره نعنائیان دارای ۱۸۷ جنس و ۳۰۰۰ گونه است که از قدیم الأیام به‌عنوان یک گیاه معطر و اشتهاآور به کار می‌رفته است. عرق نعناع دارای روغن‌های فرار نظیر منتول و منتون است (شیرمحمدی، ۱۳۸۰) که مفرح دل و مقوی آن و رقیق‌کننده خون غلیظ است. همچنین در درمان افسردگی، خستگی جسمی و روحی، سرگیجه، دلشوره، میگرن، ناراحتی‌های عصبی، سرفه و دل بهم خوردگی‌های تشنجی مؤثر است. نعناع دارای اثر آنتی اسپاسمودیک، اثر ضد نفخ و بادشکن است و به هضم غذا کمک می‌کند؛ همچنین به‌عنوان گندزدا و خوشبوکننده دهان از آن نیز استفاده می‌شود (جوبانکار، ۱۳۷۷).

با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و به دنبال آن نیاز به صنایع داروسازی و کشاورزی، انسان در آینده مجبور به تهیه و استفاده از گیاهان دارویی می‌باشد. در سال‌های گذشته اکثر زمین‌های زراعی (حتی نامرغوب) هم تحت کاشت قرارگرفته‌اند. بنابراین فقط استفاده بهینه از زمین‌های زراعی موجود و بهینه‌سازی مصرف انرژی در کارخانه‌ها به‌عنوان یکی از چندراه رفع نیاز بشر در آینده باقی می‌ماند. در غیر این صورت بشر در آینده امکان زیست مسالمت‌آمیز را از دست خواهد داد. بنابراین در آینده تولیدی پایدار و موفق خواهد بود که بتواند در عین تولید زیادتر انرژی کمتری نیز مصرف کند.

ایران سیزدهمین کشور پرمصرف انرژی در جهان شناخته‌شده است. مصرف انرژی در کشور پنج برابر متوسط جهانی است و وضعیت مصرف انرژی با اصول مربوط به ارتقای بهره‌وری و بازدهی انرژی در جهان، مغایرت دارد. قیمت پایین حامل‌های انرژی و در دسترس بودن انواع منابع انرژی سبب شده تا جامعه ما با تأخیر قابل توجهی به ضرورت بهینه‌سازی الگوی مصرف انرژی بیندیشد (رمضانی‌امیری و زیبایی، ۱۳۹۰). آنالیز جریان انرژی که با ثبت انرژی‌های ورودی و خروجی، در سامانه تولید به انجام می‌رسد، سبب مدیریت صحیح منابع کمیاب به‌منظور بهبود تولید کشاورزی و صنعتی، فراهم آوردن مبنا و اساسی جهت محافظت از منابع، تحقق مدیریت پایدار، شناسایی فعالیت‌های پرمصرف و کم‌مصرف انرژی و امکان ارزیابی اقتصادی در مصرف انرژی خواهد شد (عجب شیرچی اسکوئی و همکاران، ۱۳۹۰). مطالعات زیادی در رابطه با تحلیل مصرف انرژی از قبیل فرایند استحصال روغن گل آفتابگردان (Farsaie & Singh, 1985)، ماءالشعیر (Akinbami *et al*., 2001) و روغن هسته خرما (Jekayinfa & Bamgboye, 2006) انجام‌شده است و نتایج آن‌ها

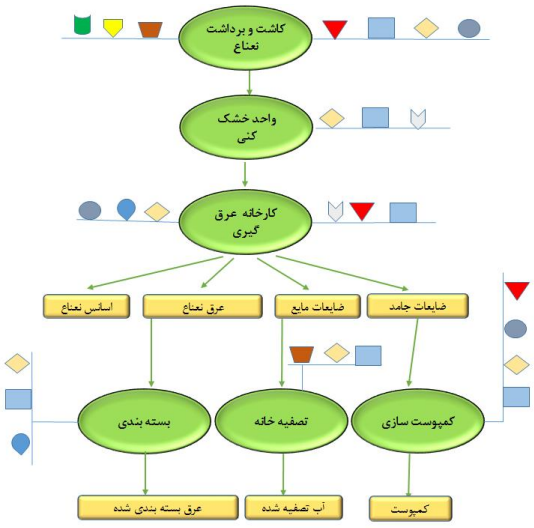
گزارش‌شده است. تاکنون بیشترین مطالعات مصرف انرژی به بخش کشاورزی معطوف بوده است و هیچ‌گونه مطالعه‌ای در رابطه با تحلیل انرژی از مرحله کاشت گیاه تا مرحله فراوری در کارخانه انجام‌نشده است. هم‌چنین تابه‌حال هیچ مقاله در رابطه با تحلیل مصرف انرژی کارخانه‌های عرق‌گیری گزارش نشده است.

با توجه به مطالب ذکرشده هدف اصلی این مقاله بررسی و تحلیل انرژی ورودی (مصرفی) و خروجی گیاه نعناع، از مرحله کاشت تا مرحله اسانس گیری و عرق‌گیری در واحد کشت و صنعت گلکاران است. هم‌چنین محاسبه تعیین میزان مصرف انرژی با استفاده از شاخص‌های انرژی (بهره‌دهی انرژی، نسبت انرژی و افزوده خالص انرژی) از دیگر اهداف این مقاله بوده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- توصیف سامانه

این مطالعه به‌صورت موردی در کشت و صنعت گلکاران واقع در ۵ کیلومتری مشهد اردهال (کاشان) انجام شد. کاشان دارای مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی می‌باشد (بی نام). تمامی داده‌های مربوط به نهاده‌ها و ستانده‌ها در آذرماه سال ۱۳۹۳ جمع‌آوری شد. این کشت و صنعت به‌منظور تأمین نیاز دارویی و غذایی کشور مبادرت به کاشت و برداشت گیاهان دارویی، اسانس گیری، عرق‌گیری، بسته‌بندی عرق و فروش آن و درنهایت تولید دارو از اسانس‌های موجود نموده است. فرایند تولید عرق نعناع در این کشت و صنعت در ۶ مرحله انجام می‌شود که عبارت‌اند از: الف) کاشت و برداشت گیاه نعناع ب) خشک‌کردن گیاه در واحد خشک‌کنی ج) عرق‌گیری و اسانس گیری در کارخانه د) بسته‌بندی عرقیات ه) تصفیه آب خروجی در تصفیه‌خانه و) کمپوست سازی (مراحل فوق در شکل ۱نشان داده شده است).



شکل ۱: مراحل تولید عرق نعناع در کشت و صنعت گلکاران

الف- کاشت و برداشت نعناع

گیاه نعناع در مزارع بزرگ این کشت وصنعت به صورت دستی توسط نیروی کارگری کاشته می‌شود. این گیاه چندساله بوده و در هرسال ۲ تا ۳ چین برداشت می‌شود. عملیات خاک‌ورزی، تسطیح، سم‌پاشی، کودپاشی و برداشت توسط ماشین‌های کشاورزی انجام می‌گیرد. وجین کاری، بارگیری بعد از برداشت و قسمتی از کودپاشی به صورت دستی توسط کارگران انجام می‌شود. برداشت این گیاه به ازای هر هکتار ۲۵ تن می‌باشد. انرژی‌های ورودی در تولید نعناع شامل انرژی مصرفی در عملیات و انرژی مصرف‌شده در تولید ماشین‌های کشاورزی، کود، سم، بذر، نیروی انسانی، و غیره بودند. محاسبه انرژی مصرفی با استفاده از معادل انرژی مربوط به هر واحد از نهاده یا ستانده و ضرب آن در مقدار نهاده مصرف‌شده یا ستانده تولیدشده، انجام گرفت. البته در مطالعات، با توجه به شرایط حاکم، از ضرایب متفاوتی استفاده‌شده که در جدول۱ به برخی از آن‌ها اشاره‌شده است . سهم هریک از نهاده‌های ورودی و ستانده‌ها در میزان مصرف انرژی برای کشت یک هکتار نعناع در جدول شماره ۲ نشان داده‌شده است.

ب- واحد خشک‌کنی

اغلب گیاهان می‌توانند به‌طور تازه در دستگاه عرق‌گیری ریخته شوند ولی در بعضی موارد به دلیل کمبود وقت برای عرق‌گیری و جلوگیری از گندیدن گیاهان، آن‌ها را خشک کرده و در فصل زمستان عرق‌گیری می‌کنند. روند خشک‌کردن توسط یک دستگاه صنعتی انجام می‌شود . بخار فوق گرم از بویلرها (در قسمت تأسیسات) به کویل های درون دستگاه خشک‌کن وارد می‌شود. یک فن دمنده هوای محیط را از روی کویل ها گذرانده و به روی گیاه می‌فرستد تا رطوبت محصول کاهش یابد.

ج- کارخانه عرق‌گیری

در این قسمت ۴ دستگاه عرق‌گیری وجود دارد که حجم هر کدام ۲۰۰۰ لیتر می‌باشد. دستگاه‌های عرق‌گیری قلب کارخانه محسوب می‌شوند. هر دستگاه شامل دیگ، مبدل حرارتی، پارچ (واحد جداکننده اسانس از عرق) و پمپ انتقال عرق به مخازن می‌باشد. این دستگاه‌ها برای جوش آوردن محتویات خود از بخار فوق گرمی که از قسمت تأسیسات وارد آن

می‌شود، استفاده می‌کنند. گیاه خشک‌شده به همراه آب در داخل دستگاه عرق‌گیر ریخته شده و عملیات تقطیر در مدت ۳ ساعت به طول می‌انجامد. درنهایت عرق نعناع، اسانس نعناع، ضایعات جامد و ضایعات مایع حاصل می‌شود که به قسمت‌های بعد انتقال می‌یابند.

د- واحد بسته‌بندی

در این واحد، عرق حاصله در بطری‌های مخصوص بسته‌بندی می‌شود. این واحد شامل دستگاه‌های پاستوریزاسیون (به‌منظور پاستوریزه‌کردن عرق)، تری‌بلوک (به‌منظور پرکردن، شیشه‌شویی و دربندی)، برچسب‌زن (چسباندن برچسب بر روی بطری‌ها) و جت‌پرینت (تاریخ‌زن) می‌باشد. تمامی دستگاه‌ها به‌جز دستگاه پاستوریزاسیون تنها مصرفشان الکتریسیته می‌باشد. دستگاه پاستوریزه علاوه بر الکتریسیته، از بخار فوق گرم که از واحد تأسیسات تأمین می‌شود نیز استفاده می‌کند.

ه- کمپوست سازی

ضایعات جامد (تفاله‌های نعناع) به قسمت کمپوست‌سازی انتقال داده می‌شود. در این قسمت تفاله‌ها در مقابل نور خورشید قرارگرفته و هوادهی لازم توسط پمپ انجام می‌گیرد. برای تأمین رطوبت لازم کمپوست، پمپ آب به‌صورت روزانه آب دهی به کمپوست را انجام می‌دهد و این روند تا چند ماه ادامه می‌یابد تا کمپوست موردنظر تولید گردد.

و- تصفیه‌خانه

ضایعات مایع (مایعات درون دیگ‌های عرق‌گیری) به قسمت تصفیه‌خانه منتقل می‌شوند. در این قسمت پس از عملیات پیش‌تصفیه، چربی‌گیری، همگن‌سازی، بی‌هوازی، هوازی، ته‌نشینی و اضافه کردن مواد شیمیایی (اوره و فسفات)، آب تصفیه‌شده و در منبع ۵۰۰۰ مترمکعبی ذخیره می‌گردد. این قسمت نیز دارای دو پمپ هوا و دو پمپ آب می باشد.

۲-۲- تحلیل و ارزیابی

به‌منظور تحلیل انرژی ورودی و خروجی کل سامانه از هم‌ارزهای انرژی برای نهاده‌ها و ستانده‌ها (در جدول ۱) استفاده شد. مصرف هر نهاده و ستانده در هر مرحله از فرآیند در شکل ۱ نمایش داده شد و مقدار آن‌ها در جدول ۱ آورده شد. تمام محاسبات برحسب هکتار انجام شد. با واردکردن اطلاعات موجود در نرم‌افزار Excel و استفاده از روابط (۱) تا (۴)، شاخص‌های انرژی محاسبه شدند.

میزان مصرف انرژی در هر گروه از نهاده‌ها از حاصل‌ضرب مقدار مصرف آن نهاده و معادلِ انرژیِ آن برحسب واحد (استخراج از منابع علمی) محاسبه شد. سپس بر اساس انرژی‌های ورودی و خروجی مقادیر کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص، طبق معادلات زیر محاسبه شد (Erdal *et al.*, 2007):

۱) انرژی خروجی (مگاژول در هکتار) / انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) = کارایی مصرف انرژی

۲) عملکرد (کیلوگرم در هکتار) / انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) = بهره‌وری انرژی

۳) انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) / عملکرد (کیلوگرم در هکتار) = انرژی ویژه

۴) انرژی خروجی (مگاژول در هکتار) - انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) = انرژی خالص

جدول ۱: میزان نهاده‌ها و ستانده‌ها در فرایند تولید عرق نعناع در واحد هکتار

نهاده‌های انرژی	واحد	معادل انرژی (MJ unit^{-1})	میزان نهاده (ستانده) استفاده شده	کل انرژی (MJ ha^{-1})	مرجع
ورودی					
نیروی کارگری (مرد)	ساعت	۱٫۹۶	۳۷۱	۷۲۷٫۱۶	Tuti *et al*., 2012
نیروی کارگری (زن)	ساعت	۱٫۵۷	۳۲۰	۵۰۲٫۴	Tuti *et al*., 2012
ماشین‌آلات	ساعت	۶۲٫۷	۱۴۶٫۵	۹۱۸۵٫۵۵	Tuti *et al*., 2012
سوخت (دیزل)	لیتر	۵۶٫۳۱	۸۵۵	۴۸۱۴۵٫۰۵	Tuti *et al*., 2012
الکتریسیته	کیلووات	۱۱٫۹۱	۴۷۹۶٫۱۱	۵۷۱۲۱٫۶۱	Tuti *et al*., 2012
گاز شهری	مترمکعب	۴۹٫۵	۳۹۹٫۹۳	۱۹۷۹۶٫۴۴	Kitani, 1999
سموم شیمیایی	کیلوگرم				
حشره‌کش		۱۰۱٫۲	۳	۳۰۳٫۶	Zangeneh *et al*., 2010
علف‌کش		۲۳۸	۱٫۵	۳۵۷	Zangeneh *et al*., 2010
کود شیمیایی	کیلوگرم				
نیتروژن		۶۶٫۱۴	۲۶۶٫۶	۱۷۶۳۲٫۹۲	Houshyar *et al*., 2012
فسفات		۱۲٫۴۴	۱۱۲٫۴۵	۱۳۹۸٫۸۸	Houshyar *et al*., 2012
پتاسیم		۱۱٫۱۵	۲۵۰	۲۷۸۷٫۵	Houshyar *et al*., 2012
کود دامی	کیلوگرم	۰٫۳	۱۶۷۵۰	۵۰۲۵	Zangeneh *et al*., 2010
آب	مترمکعب	۱٫۰۲	۶۶٫۴	۶۷٫۷۳	Zangeneh *et al*., 2010
بذر	کیلوگرم	۲٫۲۹۶	۱۷۵۰	۴۰۱۸٫۶۵	محاسبه شد
خروجی					
اسانس نعناع	کیلوگرم	۲۰۰	۶۷٫۲۳	۱۳۴۴۶	Kitani, 1999
آب تصفیه‌شده	مترمکعب	۱٫۰۲	۴۹٫۸	۵۰٫۸۰	Zangeneh *et al*., 2010

عرق نعناع	کیلوگرم	۰٫۱۶	۱۶۶۰۰	۲۶۵۶	محاسبه شد
کمپوست نعناع	کیلوگرم	۳٫۹۶۷	۲۴۹۰۰	۹۸۷۷۸٫۳	محاسبه شد
خروجی					
اسانس نعناع	کیلوگرم	۲۰۰	۶۷٫۲۳	۱۳۴۴۶	Kitani, 1999
آب تصفیه‌شده	مترمکعب	۱٫۰۲	۴۹٫۸	۵۰٫۸۰	Zangeneh *et al*., 2010
عرق نعناع	کیلوگرم	۰٫۱۶	۱۶۶۰۰	۲۶۵۶	محاسبه شد
کمپوست نعناع	کیلوگرم	۳٫۹۶۷	۲۴۹۰۰	۹۸۷۷۸٫۳	محاسبه شد

جدول ۲: محاسبه انرژی مصرفی گیاه نعناع بر اساس ترکیبات آن

ترکیبات	واحد	معادل انرژی (کیلوژول بر گرم)	مقدار	انرژی مصرفی
پروتئین	گرم	۱۷٫۲	۳۲٫۹	۵۶۵٫۸۸
چربی	گرم	۳۸٫۹	۷٫۳	۲۸۳٫۹۷
کربوهیدرات	گرم	۱۷٫۲	۸۴٫۱	۱۴۴۶٫۵۲

جدول ۳: محاسبه انرژی مصرفی کمپوست نعناع بر اساس ترکیبات آن

ترکیبات	واحد	معادل انرژی (کیلوژول بر گرم)	مقدار	انرژی مصرفی
نیتروژن	کیلوگرم	۶۶٫۱۴	۴۹٫۵	۳۲۷۳٫۹۳
فسفر	کیلوگرم	۱۲٫۴۴	۵٫۸	۷۲٫۱۵
پتاسیم	کیلوگرم	۱۱٫۱۵	۳۲	۳۵۶٫۸
منیزیم	کیلوگرم	۸٫۸	۷	۶۱٫۶
کلسیم	کیلوگرم	۸٫۸	۲۳	۲۰۲٫۴

همچنین سهم انرژی‌های مستقیم (نیروی انسانی، سوخت‌های فسیلی و آب)، غیرمستقیم (بذر، مواد شیمیایی مصرفی و ماشین‌آلات)، انرژی‌های تجدیدپذیر (نیروی انسانی، بذر و کود دامی) و غیرقابل‌تجدید (سوخت‌های فسیلی، کودها و مواد

شیمیایی، آب و ماشین‌آلات) محاسبه گردید (Ozkan *et al*., 2004 & Beheshti Tabar *et al*., 2010). هم‌چنین مصرف انرژی گیاه نعناع بر اساس ترکیبات آن در جدول ۲ محاسبه شد که مقدار آن برابر با ۲٫۲۹۷ مگاژول بر کیلوگرم است. اسانس نعناع روغن فرار گیاه نعناع است لذا مصرف انرژی آن با فرض شباهت به روغن کلزا ۲۰۰ مگاژول بر کیلوگرم در نظر گرفته شد (Kitani, 1999). در عرق نعناع به ازای ۱۰۰۰ کیلوگرم آب ۸۰۰ گرم اسانس موجود است، لذا مصرف انرژی عرق نعناع ۰٫۱۶۱ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه گردید. درنهایت مصرف انرژی کمپوست نعناع بر اساس ترکیبات آن در جدول ۳ محاسبه شد که مقدار آن برابر با ۳٫۹۶۷ مگاژول بر کیلوگرم است.

۳- نتیجه‌گیری

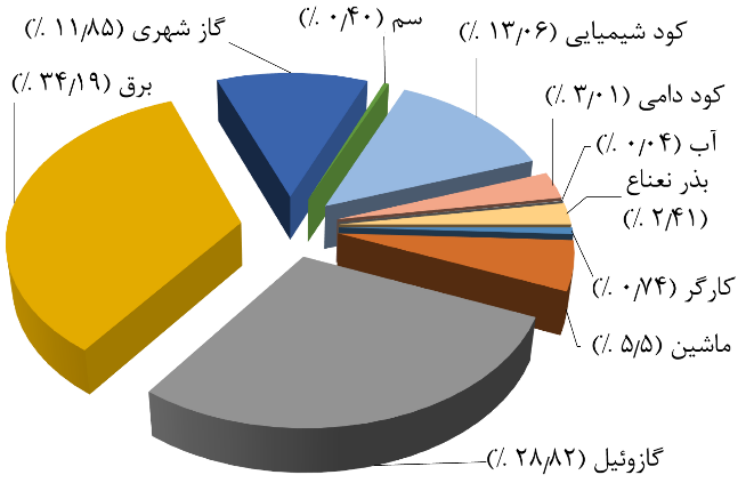
خلاصه محاسبات مربوط به مقادیر هر یک از نهاده‌های مصرفی در واحد سطح (هکتار) و میزان انرژی (مگاژول در هکتار) معادل آن‌ها که در فرایند تولید عرق نعناع در کشت و صنعت گلکاران به‌کار می‌رود، در جدول ۱ نشان داده‌شده است. بر این اساس نهاده‌ها شامل نیروی انسانی، ماشین‌آلات، سوخت (دیزل)، کودهای شیمیایی و دامی، سموم شیمیایی و آب می‌باشد کل میزان انرژی مصرفی از طریق به‌کارگیری نهاده‌های مختلف برابر ۱۶۷۰۶۹٫۵ مگاژول در هکتار بود. عملکرد محصولات خروجی در این فرایند شامل ۶۷٫۲۳ کیلوگرم اسانس نعناع در هکتار، ۴۹٫۸ مترمکعب آب تصفیه‌شده، ۱۶۶۰۰ کیلوگرم عرق نعناع در هکتار و ۲۴۹۰۰ کیلوگرم کمپوست نعناع در هکتار بوده است که کل انرژی تولیدی حاصل از این عملکرد (ستانده‌ها) معادل ۱۱۴۹۳۱٫۱ مگاژول در هکتار برآورد شد.

جدول ۴: محاسبه شاخص‌های انرژی

شاخص	واحد	مقدار
انرژی نهاده	مگاژول در هکتار	۱۶۷۰۶۹٫۵
انرژی ستانده	مگاژول در هکتار	۱۱۴۹۳۱٫۱
کارایی مصرف انرژی	-	۰٫۶۸۸
بهره‌وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰٫۲۴۹
انرژی ویژه	مگاژول بر کیلوگرم	۴٫۰۱۴۴
انرژی خالص	مگاژول در هکتار	-۵۲۱۳۸٫۴
انرژی مستقیم	مگاژول در هکتار	۱۲۶۳۷۱٫۳۷۰
انرژی غیرمستقیم	مگاژول در هکتار	۴۰۶۹۸٫۱۳۰

انرژی تجدیدپذیر	مگاژول در هکتار	۱۰۳۵۸٫۳۰۹
انرژی تجدیدناپذیر	مگاژول در هکتار	۱۵۶۷۱۱٫۱۹۱

سهم هر کدام از نهاده‌ها از کل انرژی مصرفی در فرایند تولید عرق نعناع متفاوت بود. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده‌شده، الکتریسیته مصرفی در کارخانه و سوخت (دیزل) به ترتیب سهمی برابر با ۳۴٫۱۹ درصد و ۲۸٫۸۲ درصد از مصرف انرژی برای تولید عرق نعناع را به خود اختصاص دادند. کود شیمیایی با ۱۳٫۰۶ درصد، گاز شهری با ۱۱٫۸۵ درصد و ماشین‌آلات با ۵٫۴ درصد نیز به ترتیب رتبه سوم، چهارم و پنجم را در مصرف انرژی داشتند. با توجه به مصرف انرژی بالای سوخت‌ها و الکتریسیته می‌توان به این نکته اشاره نمود که کارخانه برای تولید عرق نعناع از دستگاه‌های مختلفی استفاده می‌کند که به الکتریسیته و سوخت فسیلی نیازمندند. هم‌چنین نعناع یک گیاه چندساله است که در هرسال چند چین چیده می‌شود. در هر چین کودهای شیمیایی برای تقویت گیاه مورداستفاده قرار می‌گیرد. لذا مصرف انرژی بالای این نهاده‌ها نیز توجیه‌پذیر است.



شکل۲: میزان مصرف انرژی هر نهاده به تفکیک در فرایند تولید عرق نعناع

ازآنجاکه سایر نهاده‌ها شامل نیروی انسانی، بذر، کود دامی، سموم شیمیایی و آب درمجموع کمتر از ده درصد از مصرف انرژی برای تولید عرق نعناع را شامل شدند، می‌توان اذعان داشت که این پنج عامل نسبت به چهار نهاده الکتریسیته، سوخت، کود شیمیایی و گاز شهری سهم کوچک‌تری در انرژی مصرفی برای تولید عرق نعناع داشتند. جدول ۳ نشان می‌دهد که از کل انرژی که برای تولید عرق نعناع مصرف‌شده است، ۷۵٫۶۴ درصد آن (۱۲۶۳۷٫۳۷ مگاژول در هکتار) به‌طور مستقیم برای نیروی انسانی، سوخت (دیزل)، الکتریسیته، گاز شهری و آب مصرف‌شده است، درحالی‌که ۲۴٫۳۶

درصد دیگر آن‌هم به‌طور غیرمستقیم و از طریق به‌کارگیری کودها، مواد شیمیایی و بذر نعناع مصرف گردیده است. به‌عبارت‌دیگر، ۴۰۶۹۸٫۱۳ مگاژول در هکتار از انرژی مصرفی مربوط به کاربرد کودها، سموم شیمیایی و بذر نعناع بوده است. همچنین این جدول بیانگر آن است که ۹۳٫۸ درصد از انرژی مصرفی در تولید عرق نعناع از منابع غیرقابل‌تجدید تأمین می‌گردد. درواقع انرژی که به صورت سوخت موتورپمپ ، سوخت ماشین‌آلات، الکتریسیته موردنیاز پمپ ، سوخت بویلرها، کودها و مواد شیمیایی مصرف می‌شود، همگی از منابع غیرقابل‌تجدید تأمین می‌شوند. این نتایج نشان می‌دهد که سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید عرق نعناع بسیار پایین می‌باشد. این مسئله از دیدگاه اکولوژیک اهمیت قابل‌توجهی دارد زیرا منبع انرژی‌های غیرقابل‌تجدید که عمدتاً سوخت‌های فسیلی می‌باشند، در آینده نزدیک رو به اتمام است و تکیه‌بر این منابع همراه با مخاطرات زیادی در آینده است. البته این مشکل فقط اختصاص به تولید عرق نعنا نداشته و نتایج مطالعات بلندمدت در ایران نیز نشان می‌دهد که کشاورزی در ایران به میزان بسیار زیادی (حدود ۸۷ درصد) وابسته به انرژی‌های غیرقابل‌تجدید است (Beheshti Tabar *et al*., 2010).

بر اساس نتایج برخی مطالعات دیگر در ایران سهم انرژی‌های غیرقابل‌تجدید در تولید نیشکر ۹۰٫۰۸ درصد (Karimi *et al*., 2008)، نخود ۸۶٫۷ درصد (Salimi & Ahmadi, 2010) و خیار گلخانه‌ای ۸۹٫۰۷ درصد (Mohammadi & Omid, 2010) گزارش‌شده است که مقادیر بسیار بالایی می‌باشد. مصرف بالای انرژی‌های غیرقابل‌تجدید سبب کاهش کارایی مصرف انرژی نظام‌های تولید خواهدشد زیرا تولید مواد شیمیایی و استفاده از ماشین‌آلات به‌عنوان شاخص اصلی نظام‌های رایج، نیازمند مصرف مقادیر زیادی انرژی است (Pimentel *et al*., 1983). در زمان حاضر تأمین غذای جمعیت رو به رشد دنیا بدون استفاده از انرژی‌های غیرقابل‌تجدید تقریباً کاری دشوار و شاید غیرممکن باشد. لیکن با در نظر گرفتن پیامدهای زیست‌محیطی استفاده از مواد شیمیایی و سوخت‌های فسیلی، متخصصین کشاورزی چاره‌ای جز اندیشیدن به افزایش پایداری در کشاورزی و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در نظام تولید نخواهند داشت. رو آوردن به استفاده از تجهیزات به‌روز در کشاورزی و کارخانه‌های فراوری در راستای افزایش پایداری می‌تواند موردتوجه مسئولین امر قرار بگیرد.

انرژی نهاده، انرژی ستانده، کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص با استفاده از روابط (۱) تا (۴) در جدول ۴ محاسبه شد. با تقسیم کل انرژی حاصل از عملکرد (۱۱۴۹۳۱٫۳ مگاژول در هکتار) بر کل انرژی مصرف‌شده در به‌کارگیری نهاده‌ها (۱۶۷۰۶۹٫۵ مگاژول در هکتار) میزان کارایی مصرف انرژی ۰٫۶۹ به دست آمد. این عدد بیانگر آن است که در کشت و صنعت گلکاران برای حصول عملکرد که در قالب محصول از کارخانه ستانده می‌شود، ، باید انرژی زیادی مصرف گردد. بهره‌وری انرژی ۰٫۲۵ کیلوگرم در مگاژول برآورد شد که این نشان می‌دهد محصولات خروجی از کارخانه به میزان خیلی کم ولی با صرف انرژی بالا می‌باشند. انرژی ویژه و انرژی خالص نیز به ترتیب ۴٫۰۱ مگاژول در کیلوگرم و ۵۲۱۳۸٫۴- مگاژول در هکتار محاسبه شدند. بنابراین با توجه به این نتایج ازنظر علمی می‌توان

گفت که این کشت و صنعت برای تولید عرق نعناع ازنظر میزان مصرف راندمان و کارایی انرژی توجیه‌پذیر و به‌صرفه نیست. دلایل ایجاد چنین شرایطی می‌تواند به شرح زیر باشد:

۱) ارزان بودن قیمت نهاده‌های انرژی در ایران

۲) مصرف بی‌رویه و ارج از اصول کودهای شیمیایی

۳) سوء مدیریت در مصرف نهاده‌های انرژی

مدیریت صحیح در مصرف انرژی، و به‌روز کردن تمامی تجهیزات کارخانه می‌تواند راه‌حل این مسئله باشد.

تشکر و قدردانی

کلیه هزینه‌های این طرح به‌طور مشترک به‌وسیله دانشگاه تهران و کشت و صنعت گلکاران کاشان تأمین‌شده است که بدین‌وسیله صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

۱- بی نام، سایت نجوم ایران، .<www.noojum.com>
۲- شیرمحمدی، ح.ر. ۱۳۸۰. داروهای ژنریک و گیاهی ایران، تهران، انتشارات ارجمند، چاپ دوم.
۳- جوبانکار، ش. ۱۳۷۷. میوه‌ها و گیاهان آرام‌بخش، انتشارات راهیان سبز، مشهد، چاپ دوم.
۴- قاسمی، ع. ۱۳۸۸. گیاهان دارویی و معطر، شناخت و اثرات آن‌ها، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، ۵۶۰ صفحه.
۵- رمضانی‌امیری، ه. زیبایی، م. ۱۳۹۰. بررسی ارتباط میان انرژی نهاده‌های مصرفی و عملکرد محصولات گوجه، خیار، خربزه تحت شرایط کشت زیر پلاستیک در شهرستان فیروزآباد فارس"، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی.
۶- عجب شیرچی اسکوئی، ی. تاکی، م. عبدی، ر. قبادی فر، ا. رنجبر، ا. ۱۳۹۰. بررسی کارایی انرژی مصرفی در کشت گندم دیم توسط تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها"، نشریه ماشین‌های کشاورزی.
7- Farsaie, A. & M. Singh. 1985. Energy models for sunflower oil expression, Transactions of the ASAE-American Society of Agricultural Engineers (USA), pp. 275-285.
8- Mohammadi, A. & M. Omid. 2010. Economical analysis & relation between energy inputs & yield of greenhouse cucumber production in Iran, Applied Energy. Vol. 87, pp. 191-196.
9- Ngo, B. E., M. Schmutz, C. Meyer, A. Rakoronirina, M. Bopelet, C. Portet, A. Jeker, S. V. Rakotoniria, H. R. Olpe, & P. Herrling. 2001. Anticonvulsant properties of the methanolic extract of Cyperus articulates (Cyperaceae), Journal of Ethnophamacology.; Vol. 76, No. 2, pp. 145-150.
10- Ozkan, B., H. Akcaoz, & C. Fert. 2004. Energy input–output analysis in Turkish agriculture", Renewable Energy. Vol. 29. pp, 39-51.
11- Pimentel, D., G. Berardi, & S. Fast. 1983. Energy efficiency of farming systems: organic & conventional Agriculture, Agricultural & Ecosystems Environment. Vol. 9, No. 4, pp. 359–372.

12- Houshyar, E., H. Azadi, M. Almassi, M. J. Sheikh Davoodi, & F. Witlox. 2012. Sustainable & efficient energy consumption of corn production in Southwest Iran: combination of multi-fuzzy & DEA modeling, Energy. Vol, 44, pp. 672-681.
13- Erdal, G., K. Esengun, H. Erdal, & O. Gunduz. 2007. Energy use & economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey, Energy. Vol. 32, pp. 35–41.
14- Beheshti Tabar, I., A. Keyhani, & S. H. Rafiee. 2010. Energy balance in Iran's agronomy (1990- 2006), Renewable & Sustainable Energy Review. Vol. 14, No. 2, pp. 849–855.
15- Akinbami, J., M. Ilori, A. Adeniyi, & S. Sanni. 2001. Improving efficiency of energy use in Nigeria's industrial sector: a case study of a beverage plant, Nigerian Journal of Engineering Management. Vol. 2, No. 2, pp. 1-8.
16- Arrieta, J., B. Reyes, F. Calzada, R. Cedillo-Rivera, & A. Navarrete. 2001. Amoebicidal & giardicidal compounds from the leaves of Zanthoxylum liebmannianum, Fitoterapia. Vol. 72, No. 3, pp. 295-297.
17- Ciani, M., L. Menghini, F. Mariani, R. Pagiotti, A. Menghin, & F. Fatichenti. 2000. Antimicrobial properties of essential oil of Satureja Montana L. On pathogenic & spoilage yeasts", Biotechnology Letters. Vol. 22, No. 12, pp. 1007-1010.
18- Karimi, M., A. RajabiPour, A. Tabatabaeefar, & A. Borghei. 2008. Energy analysis of sugarcane production in plant farms a case study in Debel Khazai Agro-industry in Iran Energy analysis of sugarcane production in plant farms a case study in Debel Khazai Agro-industry in Iran ,Vol. 4, No. 2, pp. 165-171.
19- Tuti, M., V. Prakash, B. P&ey, R. Bhattacharyya, & D. Mahanta. 2012. Energy budgeting of colocasia-based cropping systems in the Indian sub-Himalayas", Energy. Vol. 45, pp. 986-993.
20- Zangeneh, M., M. Omid, & A. Akram. 2010. A comparative study on energy use & cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran, Energy. Vol. 35, No. 7, pp. 2927-2933.
21- Kitani, O. 1999. Energy & Biomass engineering. CIGR h&book of agricultural engineering, ST Joseph, MI: ASAE, pp. 21.
22- Salimi, P. & H. Ahmadi.2010.Energy inputs & outputs in a chickpea production system in Kurdistan, Iran, African Crop Science Journal. Vol. 18, No. 2, pp. 51–57.
23- Jekayinfa, S. & A. Bamgboye. 2006. Development of equations for estimating energy requirements in palm-kernel oil processing operations, Journal of food engineering. Vol. 79, pp. 322-329.

An analysis of energy consumption spearmint essential oil production: A case study in Golkaran agro-industrial Co.

Abstract

In recent years, people have been paying particular attention to the use of medicinal plants for self-medication. Spearmint is on effective plant in the treatment of depression, dizziness, migraine, nervousness & cough. In this study, the energy consumption of spearmint essential oil production process has been examined. This process consists of 6 steps: sp earmint planting & harvesting, drying, extraction essential oil, packaging, refinemant, & composting. The energy input & output were, 167069.5 & 114931.1 MJ ha^{-1} respectively. The results showed that the electricity used in spearmint essential oil production had the biggest share in total energy with a 34.19%. Diesel energy used in spearmint essential oil production ranked in the second place with a 28.82% in the total energy input. Energy efficiency, energy productivity, specific energy & net energy of spearmint essential oil production were 0.69, 0.24 kg MJ^{-1}, 4.01 MJ ha^{-1} & -52138.4 MJ ha^{-1}, respectively. The results showed that the spearmint essential oil production is a high energy consumption process. Therefore, improvement is necessary.

Keyword: Analysis of energy, Spearmint essential oil, Spearmint essential oil production