ارزیابی کارایی انرژی مزارع گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) در استان آذربایجان غربی

داریوش تقوی *

کارشناس ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

*مسوول مکاتبه: davidloyal90@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۲۰

چکیده

یکی از روش‌های برآورد توسعه و پایداری تولید در اکوسیستم‌های کشاورزی، استفاده از جریان انرژی است. گردش انرژی و مواد مصرفی، یکی از مباحث بوم شناسی کشاورزی است و در نقاط مختلف جهان نسبت انرژی خروجی به ورودی در اکوسیستم‌های مختلف کشاورزی محاسبه می گردد. اکوسیستم‌های کشاورزی به دو نهاده متفاوت یعنی انرژی اکولوژیکی و انرژی زراعی وابسته هستند. در این مطالعه، سیر انرژی در اکوسیستم زراعی گیاه دارویی بادرشبو در استان آذربایجان غربی با تهیه پرسش‌نامه از روستاییان استان برآورد گردید. اطلاعات مربوط به نهاده‌ها و ستاده‌ها به میزان انرژی مصرفی و تولیدی تبدیل شدند و سپس، کارایی انرژی محاسبه گردید. میزان انرژی عوامل و نهاده‌ها در این زراعت ۵۵۵۹ هزار کیلو کالری در هکتار و میزان انرژی خروجی محصول دانه ۱٤۷٦٥ هزار کیلو کالری در هکتار برآورد شد. میزان کارایی انرژی برای عملکرد کل برابر با ۲/٦٦ و برای عملکرد دانه برابر با ۰/۵۹ بود. نتایج نشان داد که در زراعت این محصول در استان، بیشترین انرژی مصرفی به کود نیتروژنه (٤٦ درصد) و کمترین انرژی مصرفی نیز به آبیاری (۰/۰٤ درصد) تعلق داشت. با تکیه بر استفاده از کودهای آلی و تناوب زراعی می‌توان مصرف کودهای شیمیایی و انرژی مصرفی را کاهش و بیلان انرژی را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: بادرشبو، ستاده، کارایی انرژی، نهاده.

مقدمه

بادرشبو یکی از گیاهان دارویی مهم و گیاهی علفی، یکساله و متعلق به تیره نعناع است. منشا این گیاه جنوب سیبری و دامنه‌های هیمالیا گزارش شده است. قسمت مورد استفاده این گیاه، برگ و یا همه قسمت‌های هوایی آن است که بویی معطر و مطبوع دارد و طول دوره رشد آن در حدود چهار ماه است (امید بیگی، ۱۳۸۹). اسانس این گیاه در صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی، غذایی و عطر سازی کاربردهای فراوانی دارد (حسین و همکاران، ۲۰۰٦). اکوسیستم‌های کشاورزی به دو نهاده مختلف انرژی، یعنی انرژی اکولوژیکی و زراعی وابسته هستند. منبع انرژی اکولوژیکی شامل انرژی خورشیدی است که در انجام فتوسنتز، کنترل دمای محیط و ایجاد جریان‌های اتمسفری و بارندگی به کار می‌رود. به طور کلی، انرژی مورد نیاز در کشاورزی به درجه‌ای از تغییر که روی اکوسیستم‌های طبیعی اعمال می-

شـود، بسـتگی دارد (هوسـیر، ۱۹۸۵؛ کـوچکی و همکاران، ۱۳۷٤). در اکوسیستم‌های زراعـی ضـریب باز چرخش مواد بسیار ناچیز است، زیرا با برداشـت گیاه زراعی، عناصر معدنی از آن نظام خارج می‌شـود و بقایای گیـاهی نیـز اغلـب بـه صـورت علوفـه بـه مصـرف مـی‌رسـند. بـه ایـن ترتیـب، بـاروری ایـن اکوسیستم تنها با اتکا به مصرف کودهای شـیمیایی و یا آلی امکان پذیر است (آستارایی و کوچکی، ۱۳۷۵؛ هولزبرگن و همکاران، ۲۰۰۷).

تجزیـه و تحلیـل بیـوفیزیکی انـرژی یـک اکوسیستم زراعی بـه منظـور تولیـد مـوثر و کـارایی بیشتر، ضروری است (پترسـون و همکـاران، ۱۹۹۰). منبع انرژی زراعـی بـه دو گـروه زیسـتی و صـنعتی تقسیم می‌شود که نیروی دام و کارگر دو شکل عمده انرژی زیستی و اضافه کردن کود دامی به زمـین نیـز منبع دیگری از انرژی زیستی اسـت (دیـک و دوون، ۱۹۸۵). مصرف نهاده انرژی به میـزان زیـادی متغیـر است و به میزان مصارف کودی و نـوع گیـاه زراعـی بستگی دارد. ستاده انرژی (میزان محصول تولیدی در واحد سطح) نیز زمانی که تقاضا برای تولید محصول زیاد باشد، به علت محدودیت سطح اراضی مناسـب برای کشاورزی از عوامل مهمی محسـوب مـی‌گـردد (ولدیانی و همکاران، ۱۳۸٤). استفاده موثر از انرژی در کشـاورزی یکـی از شـرایط مهـم در پیـدایش کشاورزی پایدار است، زیرا موجـب صـرفه جـویی اقتصادی، حفظ سوخت‌های فسیلی و کاهش آلودگی هوا می‌گردد (پروان‌چون و همکاران، ۲۰۰۲). نسـبت ستاده‌ها به نهاده‌ها، شاخص کاملی از تاثیر محیط بـر تولید گیاهان زراعی است و می‌تواند به ارایه توصیه-های کودی کمک کند (گیلارد، ۱۹۹۳).

هـدف از مطالعـه رونـد انـرژی ورودی و خروجی در نظام‌های زراعی به منظـور بهینـه‌سـازی مصرف انرژی، کاهش هزینه‌های عملکرد و تولید از طریق کاهش هزینه‌هـای مصـرف انـرژی اسـت. در اصول جدید کشاورزی، مبانی قدیمی کـه بـر نحـوه مصرف انرژی توجـه نداشـت و تنهـا هـدف مـدیر مزرعه افزایش مطلـق تولیـد بـود، منسـوخ و مقـدار تولید بر پایه راندمان انرژی سنجیده می‌شود. استفاده موثر از انرژی در بخش کشاورزی نقش اساسـی در پایداری تولید، بهینـه‌سـازی اقتصـادی نظـام، حفـظ ذخایر سوخت‌های فسیلی و کاهش آلودگی هوا دارد (رحیم زاده و همکاران، ۱۳۹۰).

نسبت انرژی تولیدی به مصرفی در زراعـت یولاف و جو در انگلستان در حدود ۲/٤ است (نقـل از کوچکی و همکاران، ۱۳۷٤). تحقیـق مشـابهی در آمریکا در مورد گیـاه زراعـی یـولاف میـزان کـارایی انرژی را ۳/۱۱ نشان می‌دهد. در انگلستان با این کـه مقدار بیشتری کـود مصـرف مـی‌شـود و بـه تبـع آن عملکرد محصول بالاتر از آمریکا است، ولـی نسـبت انرژی تولیدی به مصرفی برای ایـن دو گیـاه زراعـی کمتر از آمریکا اسـت (نقـل از کـوچکی و حسـینی، ۱۳۷۳). تقوی و همکاران (۱۳۸٦) با ارزیـابی بـیلان انرژی در زراعت جو دیم اسـتان آذربایجـان غربـی، کارایی انرژی را برای این محصـول ۲/۲۲ بـه دسـت آوردند.

محاسبه کارایی انـرژی و تعیـین و تشـخیص انواع و اندازه انرژی مصـرفی، مـی‌توانـد یـک روش علمی برای اندازه‌گیری میزان ثبات و پایداری تولیـد، در یک اکوسیستم زراعی تلقی شـود (جیـام پیتـرو و همکاران، ۱۹۹۲؛ گیلارد، ۱۹۹۳). حسـینی و تـوکلی دینانی (۱۳۸۹) با بررسی کارآیی نهاده‌ها در زراعـت گیاه دارویی شوید در منطقه رودهـن میـزان کـارایی انرژی را ۱۱٪ گزارش کردنـد. هـاتیرلی (۲۰۰۵) اثـر نهاده‌های انرژی و اشکال مختلف انرژی را بر میـزان خروجی انرژی محصول گندم طی سال‌هـای ۱۹۷۵–۲۰۰۰ در ترکیه مورد بررسی قرار داد. نتایج به دست آمده نشان داد که کل انرژی نهاده از۱۹/٦ گیگـاژول در هکتار در سال ۱۹۷۵ به ٤۵/۷ گیگاژول در هکتار

در سال ۲۰۰۰ افزایش یافته است. نسبت انرژی ستاده به انرژی نهاده نیز در سال ۱۹۷۵، ۱/۳۸ و در سال ۲۰۰۰، ۰/۸۵ برآورد شد. طبق نتایج حاصل، طی سال‌های مذکور شاخص‌های کارآیی انرژی و بهره وری انرژی نیز کاهش یافته‌اند.

مویدی شهرکی و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی کارایی انرژی زعفران در خراسان جنوبی گزارش کردند که بیشترین میزان انرژی مصرفی در سال اول مربوط به کود دامی با مقدار۹۱/۱٦ درصد از کل انرژی مصرفی بود و در سال دوم تا سال پنجم، کود اوره با مقدار ۳۷/٦۷ درصد از کل انرژی مصرفی، بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد.

این مطالعه به منظور ارزیابی کارایی انرژی در مزارع بادرشبو و تعیین عوامل موثر بر کاهش این کارایی در استان آذربایجان غربی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به منظور محاسبه کارایی انرژی در مزارع بادرشبو در سطح استان آذربایجان غربی انجام و داده‌ها بر مبنای تهیه پرسش‌نامه و جمع آوری اطلاعات از بادرشبوکاران استان در ۳ منطقه (مرکز، شمال و جنوب استان) به دست آمد. مزارع مورد بررسی دارای مساحت زیر ۲ هکتار بودند. متغیرهای پرسشنامه شامل نیروی کارگری، ماشین-های کشاورزی، گازوییل، کود فسفره، کود نیتروژنه، بذر مصرفی، علف کش، آفت کش و آبیاری بود. سپس، از این داده‌ها میانگین آماری گرفته شد و میزان انرژی هر نهاده بر اساس کیلوکالری در هکتار بیان شد. به این ترتیب، انرژی هر نهاده تعیین و با انرژی ستاده مقایسه شد. عملیات شخم و آماده سازی زمین‌های زیر کشت توسط تراکتورهایی با قدرت ٦۵-۷۵ اسب بخار انجام گرفته بود. جهت افزایش دقت برآورد میزان انرژی ماشینی لازم، ظرفیت موثر هر یک از ادوات با توجه به عرض کار، کارایی دستگاه و سرعت تراکتور، با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (دیک و دوون، ۱۹۸۵؛ هانت، ۱۹۹۰):

رابطه ۱

$$\text{ظرفیت موثر (هکتار در ساعت)} = \frac{\text{کارایی (درصد)} \times \text{سرعت (کیلومتر در ساعت)}}{\text{عرض کار (متر)}}$$

برای تبدیل هکتار در ساعت به ساعت در هکتار، معکوس ظرفیت موثر محاسبه شد (کوچکی و حسینی، ۱۳۷۳). در مرحله بعدی، میزان کارآیی انرژی (نسبت ستاده به نهاده) به ترتیب زیر محاسبه گردید (حسن زاده قورت تپه و همکاران، ۱۳۸۰؛ حیدر قلی نژاد کناری و حسن زاده قورت تپه، ۱۳۸۲).

رابطه ۲

$$\text{کارایی انرژی عملکرد بیولوژیک} = \frac{\text{کل انرژی تولیدی}}{\text{کل انرژی مصرفی}}$$

رابطه ۳

$$\text{کارایی انرژی برای محصول دانه} = \frac{\text{انرژی تولیدی دانه}}{\text{کل انرژی مصرفی}}$$

با توجه به این که در استان آذربایجان غربی به طور عمده از تراکتورهایی با قدرت ٦۵- ۷۵ اسب بخار استفاده می‌شود، در این محاسبه، قدرت تراکتور به طور متوسط ۷۰ اسب بخار و کارایی انتقال نیرو نیز ۷۵ درصد در نظر گرفته شد و میزان سوخت مصرفی به شرح ذیل محاسبه گردید (ولدیانی و همکاران، ۱۳۸٤):

رابطه ٤ سوخت مصرفی = ۰/۰٦ ×۰/۷۳× درصد انتقال نیرو برحسب کارایی × PTO (hp)

رابطه ٥ سوخت مصرفی = ۰/۰٦×۰/۷۳×۰/۷٥×۷۰=۲/۲۹۹٥ گالن در ساعت

با توجه به این که یک گالن برابر ۳/۷۸ لیتر و تعداد ساعت کار تراکتور در هر هکتار نیز ١٤/٨٤ ساعت در نظر گرفته شده است، محاسبه میزان سوخت مصرفی بر حسب لیتر در هکتار به طریق زیر انجام گرفت (کوچکی و حسینی، ۱۳۷۳؛ حسن زاده قورت تپه و همکاران، ۱۳۸۰):

رابطه ٦ مصرف گازوییل (لیتر در هکتار) ۱۲۸/۹۹ = ۳/۷۸ × ١٤/٨٤× ۲/۲۹۹٥

وزن تراکتور با فرض این که نیروی ماشین لازم برای هر هکتار در حدود ۱ اسب بخار و وزن تراکتور نیز به ازای هر اسب بخار در حدود ۳۰ -۲۵ کیلوگرم است، برای هر هکتار در حدود ۲۵ – ۳۰ کیلوگرم تخمین زده شد و به همین اندازه نیز وزن سایر ادوات کشاورزی در نظر گرفته شد و در مجموع برای هر هکتار ۵۰ کیلوگرم وزن ماشین آلات برآورد گردید (کوچکی و حسینی، ۱۳۷۳؛ حسن زاده قورت تپه و همکاران، ۱۳۸۰). برای مبارزه با علف‌های هرز در فصل بهار از علف کش اولیتروف[1] به مقدار۳/۱۸ کیلوگرم و برای مبارزه با آفات نیز از محلول یک درصد گالکرون به مقدار ۱/۹۵ کیلوگرم در هکتار استفاده گردید. برای آبیاری مزرعه آب مصرفی به صورت متر مکعب محاسبه و انرژی واحد برای هر متر مکعب ۲/۷۵ کیلوکالری به دست آمد که در نهایت، کل انرژی مصرفی برای آبیاری به صورت کیلوکالری در هکتار بیان گردید. انرژی مصرفی کارگر به ازای هر ساعت ۱۷۵ کیلوکالری محاسبه و بصورت کیلوکالری در هکتار بیان گردید. میزان بذرمصرفی (کیلوگرم در هکتار) در هر مزرعه ثبت و سپس، با استفاده از ضریب تبدیل انرژی برای بذر بادرشبو، کل انرژی موجود در بذر بر حسب کیلوکالری در هکتار محاسبه شد.

نتایج و بحث

همان طور که در (جدول ۱) مشاهده می‌شود، میزان کل انرژی مصرفی۵۵۵۹۱۹٦/۸۱ کیلو کالری در هکتار بود. بیشترین انرژی مصرفی مربوط به کود نیتروژنه (٤٦/۱ درصد) (شکل ۱) و کمترین آن مربوط به آبیاری (۰/۰٤ درصد) بود (جدول۲).

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که میزان کارایی انرژی محصول بادرشبو (نسبت ستاده به نهاده) ۰/۵۸ بود، یعنی در ازای مصرف یک واحد انرژی ۰/۵۸ درصد واحد انرژی تولید می‌شود (جدول۳). تقوی و همکاران (۱۳۸٦) و حسینی و توکلی دینانی (۱۳۸۹) نیز چنین نتایجی را گزارش کرده‌اند. پترسون و همکاران (۱۹۹۰) گزارش کردند که افزایش کارایی انرژی بر اثر مصرف نیتروژن به نوع محصول قبلی و میزان اولیه نیتروژن در خاک بستگی دارد. استفاده از ادوات و ماشین-های کشاورزی در خاک‌های خشک، اقتصادی‌تر از خاک-های مرطوب است و این ادوات در مناطق خشک، سریع‌تر و موثرتر کار می‌کنند (پترسون و همکاران، ۱۹۹۰).

[1] - Olitroph

جدول ۱ ـ انرژی مصرفی و تولیدی در تولید محصول بادرشبو در استان آذربایجان غربی

انرژی نهاده‌ها و ستاده‌ها	مقدار در هکتار	انرژی در واحد (کیلو کالری)	کل انرژی (کیلوکالری در هکتار)
انرژی مصرفی			
نیروی کارگری	٦٨٠ ساعت	۱۷۵	۱۱۹۰۰۰
ماشین‌های کشاورزی	۵۰ کیلوگرم	۱۸۰۰۰	۹۰۰۰۰۰
گازوییل	۱۲۸/۹۹ لیتر	۱۰۱۰۹	۱۳۰۳۹۵۹/۹۱
کود فسفره	۳٦/۹٤ کیلوگرم	۳۱۹۰	۱۱۷۸۳۸/٦
کود نیتروژنه	۱٤۵ کیلوگرم	۱۷٦۰۰	۲۵۵۲۰۰۰
بذر مصرفی	۱۲ کیلوگرم	٤٦۳۰	۵۵۵٦۰
آفت کش	۱/۹۵ لیتر	۸٦۹۱۰	۱٦۹٤۷٤/۵
علف کش	۳/۱۸ لیتر	۹۹۹۱۰	۳۱۷۷۱۳/۸
آبیاری	۸٦۰۰ متر مکعب	۲/۷۵	۲۳٦۵۰
جمع کل			۵۵۵۹۱۹٦/۸۱
انرژی تولیدی			
عملکرد بیولوژیک	۳۱۷٤/۹	۳٦۳۰	۱۱۵۲٤۸۸۷
عملکرد دانه	۱۲۰۰/۳	۲۷۰۰	۳۲٤۰۸۱۰
جمع کل			۱٤۷٦۵٦۹۷

شکل ۱ : میزان انرژی مصرفی هر یک از نهاده‌ها بر حسب درصد

جدول ۲- میزان انرژی مصرفی هر یک از نهاده‌ها برحسب درصد

نهاده‌های مصرفی	درصد از کل
نیروی کارگری	۲/۱
ماشین‌های کشاورزی	۱۶/۲
گازوییل	۲۳/۵
کود فسفره	۲/۱
کود نیتروژنه	٤٦
بذر مصرفی	۱
علف کش	۳
آفت کش	۵/۷
آبیاری	۰/۰٤

ذکر این مساله حایز اهمیت است که کاهش نزولات جوی طی سال‌های اخیر دلیل اصلی کاهش محصول در واحد سطح و سطح زیر کشت زراعت بادرشبو در استان آذربایجان غربی و به تبع آن کاهش راندمان انرژی محسوب می‌گردد، زیرا آب عامل بسیار مهمی در انتقال و مصرف انرژی است (هولزبرگن و همکاران، ۲۰۰۷؛ تری‌پاتی و ساه، ۲۰۰۱). در این رابطه چنین اظهار نظر شده است که با افزایش آب آبیاری و کود نیتروژنه می‌توان انرژی تولیدی بذر و بیوماس را در بیشتر گیاهان افزایش داد و افزایش تولید از طریق افزایش مصرف سوخت فسیلی امکان پذیر است (کوچکی و حسینی، ۱۳۷۳). از طرفی جذب کود نیتروژنه نه تنها به میزان کود مصرفی بستگی دارد، بلکه تحت تاثیر باردهی و عملکرد محصول نیز قرار می‌گیرد. این موضوع توسط محققان گزارش شده است (گیلارد، ۱۹۹۳؛ ولدیانی و همکاران، ۱۳۸٤).

زمانی که کاهش راندمان یا کارایی انرژی، در یک سیستم زراعی ناشی از مصرف بیش از حد موادی نظیر کودهای شیمیایی باشد، خطر آلودگی محیط زیست، اعم از خاک، آب و جو نیز به طور هم‌زمان این سیستم زراعی را تهدید می‌کند و چنین به‌نظر می‌رسد که مزارع تولید بادرشبو در استان آذربایجان غربی در صورت بی‌توجهی در دراز مدت به طور جدی با این مشکل روبرو خواهند شد. انجام آزمایش کامل تجزیه خاک در مناطق مورد بحث، قدم موثری در تعیین وضعیت موجود خاک این اراضی از نظر مواد غذایی ماکرو و میکرو خواهد بود.

جدول۳-کارایی‌انرژی‌درزراعت‌بادرشبودراستان‌آذربایجان‌غربی

تولید	انرژی تولیدی	انرژی مصرفی	کارایی انرژی
عملکرد	۱۱۵۲٤۸۸۷	۵۵۵۹۱۹٦/۸۱	۲/۱
بیولوژیک			
عملکرد دانه	۳۲٤۰۸۱۰	۵۵۵۹۱۹٦/۸۱	۰/۵۸

با توجه به مطالب فوق، مصرف بهینه کودها و سایر نهاده‌ها می‌تواند کارایی انرژی را در مزارع مذکور تا حد قابل توجهی افزایش دهد و یا حداقل موجب بهبود وضعیت موجود گردد. مدیریت خاک در رابطه با حفظ و مراقبت امری است که بر عهده متخصصان علوم خاک، میکروبیولوژی، بیولوژی مولکولی، فیزیولوژی و سایر متخصصان امور کشاورزی قرار دارد. تنها از این راه می‌توان به استراتژی‌های کوتاه مدت و بلند مدت در زمینه چگونگی استفاده بیشتر از نیتروژن اتمسفری، افزایش تثبیت نیتروژن در خاک و جلوگیری از اتلاف و ایجاد آلودگی آن دست یافت (ولدیانی و همکاران، ۱۳۸٤). از این روی، تجدید نظر در نحوه و میزان مصرف نهاده‌های کشاورزی به منظور جبران کاستی‌ها و افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی، انجام اقدامات موثر و برداشتن گام‌های عملی ضروری به نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری کلی

برای کاهش انرژی مصرفی در مزارع بادرشبو و بالا بردن کارآیی انرژی و بهینه کردن مصرف کود نیتروژنه، روی آوردن به زراعت تناوبی و بهره‌گیری از بقولات در جهت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، تغییر نوع و روش مصرف کودهای شیمیایی و استفاده از کودهای شیمیایی گوگرددار توصیه می‌گردد.

منابع

آستارایی، ع.، کوچکی، ع. ۱۳۷۵. کاربرد کودهای بیولوژیکی در کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۹٤ ص.

امیدبیگی، ر. ۱۳۸۹. رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ٤۳۸ ص.

تقوی، د.، اجلی، ج.، ولدیانی، ع.، فتاحی، ا. ۱۳۸٦. ارزیابی بیلان انرژی در زراعت جو دیم استان آذربایجان غربی. دانش نوین کشاورزی. ۳(۷):٤۱-٤۹.

حسن زاده قورت تپه، ع.، قلاوند، ا.، احمدی، م.ر.، میر نیا، س.خ. ۱۳۸۰. بررسی تاثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر راندمان انرژی ارقام آفتابگردان. مجله کشاورزی و منابع طبیعی. ۸(۲):٦۷-۷۸.

حسینی، ن.، توکلی دینانی، ا. ۱۳۸۹. بررسی کارآیی نهاده‌ها در زراعت گیاه دارویی شوید در منطقه رودهن. داروهای گیاهی. ۱(۳):۵۷-٦۲.

حیدرقلی نژادکناری، م.، حسن زاده قورت تپه، ع. ۱۳۸۲. ارزیابی بیلان انرژی زراعت گندم دیم دراستان مازندران. مجله پژوهش و سازندگی. ۵۸: ٦۳-٦۵.

رحیم زاده، س.، سهرابی، ی.، حیدری، غ.، پیرزاد، ع. ۱۳۹۰. تاثیر کاربرد کودهای زیستی بر برخی صفات مورفولوژیک و عملکرد گیاه دارویی بادرشبو. نشریه علوم باغبانی. ۳ (۲۵):۳۳۵-۳٤۳.

کوچکی، ع.، حسینی، م.۱۳۷۳. کارایی انرژی در اکوسیستم‌های کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۱۷ ص.

کوچکی، ع.، حسینی، م.، هاشمی دزفولی، ا. ۱۳۷٤. کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۸۸ ص.

مویدی شهرکی، ع.، جامی الاحمدی، م.، بهدانی، م. ۱۳۸۹. کارآیی انرژی زراعت زعفران (*Crocus sativus* L.) در خراسان جنوبی. بوم شناسی کشاورزی. ۲(۱):٦۱-٦۹.

ولدیانی، ع.، حسن زاده قورت تپه، ع.، ولدیانی، ر. ۱۳۸٤. ارزیابی بیلان انرژی در مزارع تکثیر بذر ارقام دیم گندم آذربایجان شرقی و تاثیر آن بر محیط زیست. مجله دانش کشاورزی. ۱۵(۲): ۱-۱۲.

Dick, W. A., Doven, D.M.V. 1985. Continuous tillage and rotation; Combination effect on corn, soybean and oat yield. *Agron J*. 77: 459-469.

Giampietro, M., Cerretelli, G., Pimentel, D. 1992. Energy analysis of agricultural ecosystem management; Human return and sustainability. *Agric Ecosyst Environ*. 38: 219-244.

Gillard, C. L. 1993. A comparison of high input, low input and organic cash cropping system. M. Sc. Thesis. University of Guelph Canada. 212 p.

Hatirli S.A. 2005. An econometric analysis of energy input- output in Turkish agriculture. *Renew Sust Energy Rev*. 9(6): 608-623.

Hosier, R. 1985. How hold energy consumption in rural Kenya. *Ambio*. 4:225-227.

Hunt, D. R. 1990. Farm power and machinery management. American Iowa University Press. 750 p.

Hulsbergen, K. J., Feil, B., Biermann, S., Rathke, G.W., Kalak, W.D., Diepenbrock, W. 2007. A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trail. *Agric Ecosyst Environ*. 86 (3):303-321.

Hussein, M.S., El-Sherbeny, S.E., Khalil, M.Y., Naguib, N.Y., Aly, S.M. 2006. Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* (L.) plants in relation to compost fertilizer and planting distance. *J Hort Sci*. 108: 322-331.

Peterson, W. R., Walters. D.T., Suplla, R.J., Olson, R.A. 1990. Irrigated crop rotation for energy conservation: A Nebraska case study. *J Soil Water Conserv*. 45: 584-588.

Pervanchon, F., Bockstaller, C., Girardin, P. 2002. Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator: the energy indicator. *Agric Syst*. 72:149-172.

Tripathi, R.S., Sah, V.K. 2001. Material and energy- flow in high-hill, mid-hill and village farming systems of Garhwal Himalaya. *Agric Ecosyst Environ*. 86(1): 75-91.

Evaluation of Energy Efficiency in Medicinal Plant *Dracocephalum moldavica* (L.) Fields in West Azarbaijan Province

Daryosh Taghavi*
M.Sc. in Seed Science and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
*For Correspondence: davidloyal90@yahoo.com
Received: 20.01.2014 **Accepted:10.05.2014**

Abstract

One of the ways to estimate agricultural development and product stability in agricultural ecosystems is the use of energy flow method. Energy and material cycle is the subject of agro-ecology and in different areas of the world, the ratio of output to input energy is calculated in different agricultural ecosystems. Agricultural ecosystems are dependent on two different inputs: ecological energy and agronomic energy. In this study, agro-ecosystem energy flow in *Dracocephalum moldavica* was evaluated using data questionnaire from the farmers of West Azarbaijan province. The related data of inputs and outputs were converted to equivalent values of input and output energy, and the efficiency of energy was calculated. Energy value of inputs and outputs in this study was 5535000 Kcal ha^{-1} and output (production) energy value of grain yield was 1476000 Kcal ha^{-1}. Also, energy efficiency value (output/input ratio) was 2.6 and grain efficiency was 0.59. Results showed that the highest and the lowest energy consuming cultivation of *Dracocephalum moldavica* in West Azarbaijan province were related to nitrogen fertilizer (46%) and irrigation (0.04%), respectively. Finally, on the basis of organic fertilizers application and performing rotation, we can reduce the application of chemical fertilizers, energy consuming and increase of energy efficiency.

Key words: energy efficiency, input, Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.), output.