نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ - کرج

ارزیابی کارایی و بهره‌وری انرژی تولید یونجه

عبداله ایمان مهر
استادیار گروه مهندسی مکانیک بیو سیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه اراک
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. یونجه یکی از محصولات مهمی است که در ایران و استان مرکزی کشت می‌شود. این بررسی به منظور ارزیابی و مقایسه کارایی انرژی تولید یونجه در شهرستان اراک انجام شد. داده‌های اولیه با استفاده از آمار و اطلاعات پرسشنامه‌ای زارعین یونجه‌کار 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 ٤٧٣٣٦/٦٦ مگاژول در هکتار (۳۱/۵۲٪ انرژی مستقیم، ٦٨/٤٨٪ انرژی غیر مستقیم، ۱۲/۱۱٪ انرژی تجدیدپذیر، ۸۷/۸۹٪ انرژی تجدیدناپذیر) و میزان انرژی خروجی ۲۰٤٤۲۹/٤۳ مگاژول در هکتار بدست آمد. میزان کارایی انرژی، انرژی خالص، انرژی ویژه و بهره‌وری انرژی یونجه به ترتیب برابر با ٤/۳۲، ۱۵۷۰۹۳/٦ مگاژول بر هکتار، ۳/٦٦ مگاژول بر کیلوگرم و ۰/۲۷ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین انرژی مصرفی در کشت یونجه به کودهای شیمیایی (٤۰/۸۹٪) و پس از آن به ترتیب به سوخت مصرفی (۲۳/٤۲٪) و ماشین‌آلات (۲۱/٤۲٪) تعلق دارد.

واژه‌های کلیدی: یونجه، راندمان انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی خالص، انرژی ویژه.

مقدمه

کشاورزی یک فرآیند تبدیل انرژی است. در این فرآیند انرژی نوری خورشید، فرآورده‌های سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته، به غذا و الیاف موردنیاز انسان تبدیل می‌گردد. تأمین غذا و نیازهای جمعیت روزافزون جامعه بشری نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتری در زمینه انرژی به عنوان یک نهاده داشته است به نحوی که طی قرن‌ها، نیروی حیوانات به خدمت گرفته شده و کمی بعد بشر با کنترل کردن نیروی آب و باد، آنها را جایگزین نیروی حیوانات کرد. با این تغییرات ضمن آزاد شدن وقت و انرژی بیشتری از انسان، نیروی بیشتر و ارزانتری نسبت به گذشته در اختیار او قرار گرفت (آینه‌بند، ۱۳۸٦). مطالعات زیادی در زمینه مصرف انرژی انجام شده است: برای مثال کارایی انرژی تولید سیب‌زمینی در مشهد و نیشابور، به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۷ بدست آمد (کوچکی وهمکاران، ۱۳۷٦). انرژی لازم برای تولید گندم آبی و دیم را در منطقه ساوه به ترتیب ۱۰/۵ و ۱۰/٦ مگاژول بر کیلوگرم برآورد گردید که بیشترین منبع مصرفی انرژی سوخت تشخیص داده شد که برای اراضی آبی ٦۷٪ و برای اراضی دیم ۵۲٪ بدست آمد (Safa and

(Tabatabaeefar, 2002). 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 (کوچکی و حسینی، ۱۳۸۲). 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. (کوپاهی، ۱۳۸۳). با توجه به محدودیت منابع، لزوم تحقیقات بیشتر جهت تعیین میزان مصرف نهاده و استفادهٔ صحیح از منابع را ضروری می‌نماید. امروزه مکانیزاسیون کشاورزی که خود امری پرمصرف در زمینه انرژی است، عامل مهمی در ایجاد تحول در بخش کشاورزی به شمار رفته بطوریکه بکارگیری صحیح دانش مکانیزاسیون می‌تواند سهم قابل توجهی در تولید مواد غذایی و فرآورده‌های دیگر مرتبط با کشاورزی ایفا نماید. محاسبه شاخص های‌انرژی و مقایسه آنها با یکدیگر یکی از روش‌هایی است که می‌تواند میزان مطلوبیت عملکرد یک محصول را در مزرعه نشان دهد. (کوچکی، ۱۳۷۳). به طور کلی تحلیل و بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی تعیین کننده بازده انرژی یا مصرف انرژی مؤثر در طبیعت می باشند. مطالعاتی انجام شده که 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 یونجه در استان مرکزی و شهرستان اراک، و عدم انجام مطالعات قبلی در این شهرستان، هدف از این تحقیق، محاسبه بهره‌وری انرژی تولید یونجه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۳-۹۲ در شهرستان اراک (عرض جغرافیایی ۳٤ درجه، طول جغرافیایی ٤۹ درجه و ارتفاع از سطح دریا ۱۷۰۸ متر) انجام گرفته است. برای انجام این تحقیق نیاز به جمع‌آوری داده‌ها از منطقه مورد مطالعه بوده 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 ۳۷ پرسشنامه از کشاورزان یونجه‌کار در شهرستان اراک تکمیل و جمع‌آوری گردید. سپس مقادیر متوسط مصرف انرژی هر یک از نهاده‌های ورودی در هکتار و کل محصول برداشت شده استخراج گردید. منابع مصرف انرژی عبارتند از؛ انرژی سوخت دیزل و بنزین، انرژی آبیاری، انرژی نیروی انسانی، انرژی بذر، انرژی کود، انرژی سموم شیمیایی و انرژی ماشین‌ها و ادوات کشاورزی. برای برآورد انرژی مصرف شده در تولید یونجه، مقدار مصرفی هر یک از نهاده ها در معادل انرژی مخصوص هر یک از نهاده ها ضرب می‌گردد (جدول ۱) و با اثر دادن این ضرایب، مقادیر نهاده‌ها برحسب انرژی بیان می گردد. همچنین برای تحلیل و ارزیابی درستی از سیستم تولیدی 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 علاوه برآن امکان مقایسه چند سیستم تولیدی با یکدیگر میسر می‌گردد. با کمک این شاخص‌ها دلایل احتمالی مصرف بالای انرژی در قسمت و یا سیستم خاصی به

راحتی کشف شده و به محقق در رفع اشکالات و مصرف صحیح انرژی یاری می‌رساند، مهمترین این شاخص‌ها به قرار زیر هستند (Hatirli *et al.*, 2005):

جدول ۱: معادل‌های انرژی نهاده‌ها وستانده درتولید یونجه

مشخصه	واحد	معادل انرژی (MJ/unit)
الف. ورودی‌ها		
نیروی انسانی	ساعت	۱/۹٦
سوخت		
بنزین	لیتر	٤٦/۳
دیزل	لیتر	٥٦/۳
ماشین‌ها و ادوات	ساعت	٦۲/۷
کودهای شیمیایی		
ازت	کیلو گرم	٦٦/۱٤
فسفات	کیلو گرم	۱۲/٤٤
پتاسیم	کیلو گرم	۱۱/۱٥
ریزمغذی‌ها	کیلو گرم	۱۲۰
سموم شیمیایی		
علف کش‌ها	کیلو گرم	۲۳۸
آفت کش	کیلو گرم	۱۹۹
قارچ کش ها	کیلو گرم	۹۲
آب آبیاری	متر مکعب	۱/۰۲
برق مصرفی	کیلووات ساعت	۱۱/۹۳
بذر مصرفی	کیلو گرم	۲۸/۱
ب . خروجی		
علوفه یونجه تازه	کیلوگرم	۱٥/۸

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 در نظر 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:

$$NEG = E_{out} - E_{in} \quad (۲)$$

که: NEG افزوده خالص انرژی (مگاژول بر هکتار) و Eou_t انرژی خروجی از سیستم (مگاژول بر هکتار) و Ein انرژی مصرفی در سیستم (مگاژول بر هکتار).

بهره‌وری انرژی

یکی از شاخص‌های مهمی است که بیانگر کیفیت فرآیند تولید می‌باشد، بهره‌وری انرژی نشان می‌دهد در مقابل یک مگاژول انرژی چند کیلوگرم محصول تولید شده است، در واقع این شاخص به‌صورت یک ارزیاب چگونگی بهره‌وری انرژی در سیستم‌های مختلف تولیدی که محصول به خصوصی 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) و Ei_n انرژی مصرفی در سیستم (مگاژول بر هکتار).

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:

$$SE = E_{in} / Y \quad (٤)$$

که: SE انرژی ویژه (مگاژول بر کیلو گرم) و Ein انرژی مصرفی در سیستم (مگاژول بر هکتار) و Y عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)

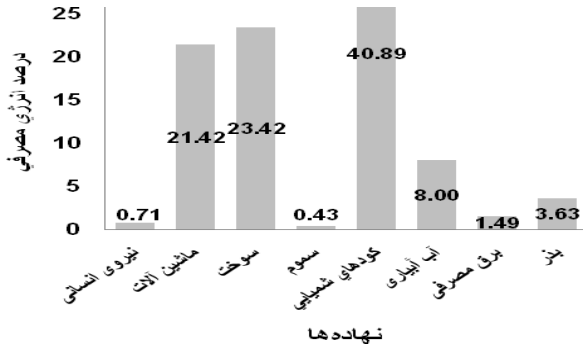
انرژی‌های مستقیم: سوخت، نیروی انسانی و آب آبیاری و انرژی‌های غیرمستقیم: ماشین‌آلات، سموم و کودهای شیمیایی و برق مصرفی و بذر می‌باشند (حسین پناهی و کافی، ۱۳۹۱). انرژی تجدیدپذیر: کودهای دامی، بذور، نیروی انسانی و آب آبیاری و انرژی‌های تجدیدناپذیر: سوخت، کودهای شیمیایی، سموم، الکتریسیته، و ماشین‌آلات می‌باشند. پس از برآورد انرژی مصرف شده در هر قسمت، انرژی کل مصرف شده و نیز انرژی تولید شده محاسبه و ارزیابی گردید.

نتایج و بحث

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

جدول ۲- نهاده‌ها و ستانده‌های انرژی یونجه

نهاده	مگاژول در هکتار
نیروی انسانی	۳۳۱/۰۱
ماشین آلات	۹۹٤٥/٦
سوخت	۱۱۷۸۸/۲٦
کود شیمیایی	۱۸۹۸۲/۰۷
آب آبیاری	۳۷۱٤/۸٤
بذر	۱٦۸٦۱
برق مصرفی	٦۹۰/۱٥
سموم	۱۹۸/۷۳
کل انرژی ورودی	٤۷۳۳٦/٦٦
کل انرژی خروجی (علوفه یونجه)	۲۰٤٤۲۹/٤۳



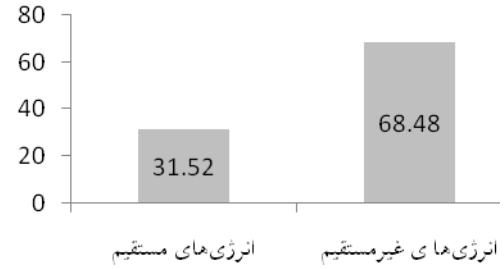
شکل ۱- درصد انرژی مصرفی نهاده‌های تولید یونجه

همانطور که در شکل‌های (۱) مشاهده می‌شود نهاده کود شیمیایی (٤۰/۸۹٪) بیشترین انرژی مصرفی را در تولید یونجه به خود اختصاص داده است و پس از آن سوخت (۲۳/٤۲٪) و ماشین‌ها (۲۱/٤۲٪) قرار دارند. نهاده سوخت مصرفی و ماشین‌آلات کشاورزی را به عنوان پرمصرف ترین نهاده در تولید سنتی سیب‌زمینی در مزارع استان کردستان معرفی گردید (حسین پناهی و کافی، ۱۳۹۱). بالا بودن مصرف کودهای شیمیایی در تولید یونجه علاوه بر مصرف بالای انرژی خطرات زیست محیطی در منطقه را در پی دارد. لذا جایگزینی کودهای دامی علاوه بر کاهش هزینه و انرژی، از لحاظ محیط زیست نیز سازگار است. همچنین با استفاده از روش‌های بهینه کشاورزی می‌توان استفاده از ماشین‌آلات و در ادامه آن مصرف سوخت را مدیریت نمود و کاهش داد. میزان مصرف نهاده الکتریسته در تولید یونجه در مزارع استان همدان را ۷۵/۷۹ درصد از کل انرژی مصرفی گزارش گردید (قاسمی مبتکر و همکاران، ۱۳۸۹). جدول شماره (۳) شاخص‌های بازده انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، انرژی خالص و همچنین عملکرد محصول را نشان می‌دهد. بازده انرژی در تولید یونجه ٤/۳۲ و مقدار بهره‌وری انرژی ۰/۲۷ کیلوگرم به ازای هر مگاژول به دست آمد.

جدول ۳- شاخص‌های انرژی و عملکرد محصول یونجه

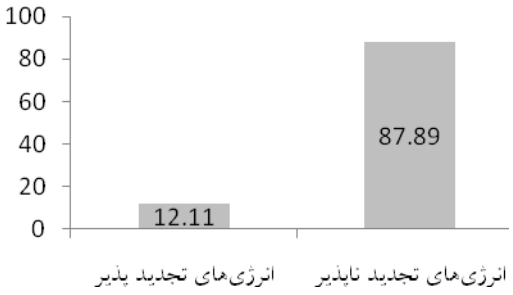
شاخص	مقدار
راندمان انرژی	٤/۳۲
انرژی خالص	۱۵۷۰۹۳/٦ مگاژول در هکتار
بهره‌وری انرژی	۰/۲۷ کیلو گرم بر مگاژول
انرژی ویژه	۳/٦٦ مگاژول بر کیلوگرم
عملکرد محصول	۱۲۹۳۸/۵۷ کیلوگرم در هر هکتار

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 بذر مصرفی جزء انرژی‌های غیر مستقیم در نظر گرفته شد. همچنین انرژی‌های نیروی انسانی، آب آبیاری و بذر مصرفی منابع انرژی تجدیدپذیر و سایر انرژی‌ها منابع تجدید ناپذیر به‌حساب می‌آیند. در شکل (۲) انرژی‌های مستقیم و غیر مستقیم مقایسه شده است. مطابق شکل درصد مصرف انرژی‌های غیر مستقیم (٦۸/٤۸٪) حدود ۲ برابر انرژی‌های مستقیم (۳۱/۵۲٪) است. و با توجه به بالا بودن مصرف کودهای شیمیای به‌عنوان یک منبع غیر مستقیم، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی آن با کودهای دامی این اختلاف بشدت کاهش می‌یابد.



شکل ۲- مقایسه انرژی‌های مستقیم و غیر مستقیم

در شکل (۳) انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر مقایسه شده است. از مجموع انرژی‌های مصرفی ۸۷/۸۹٪ آن تجدید ناپذیر و بقیه به صورت تجدیدپذیر بوده است. بالا بودن منابع مصرفی تجدید ناپذیر در تولید یونجه این شهرستان از لحاظ انرژی و اقتصادی و زیست محیطی ایده‌آل نمی‌باشد.



شکل ۳- مقایسه انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر

درصد استفاده از منابع انرژی تجدید ناپذیر حدود ۷ برابر منابع انرژی تجدیدناپذیر است و بیشترین سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر را کودهای شیمیایی، برق و سوخت در بر می‌گیرد که از لحاظ سلامت محیط زیست خطرناک و هشدار انگیز است و با توجه به کمبود منابع تجدید ناپذیر باید اقدامات اساسی صورت پذیرد. دلیل مصرف بالای نهاده گازوئیل در این تحقیق را می‌توان استفاده از روش‌های مدیریت نشده در تولید یونجه دانست. بطور مشابه نهاده سوخت مصرفی و ماشین‌آلات کشاورزی به عنوان پرمصرف‌ترین نهاده در تولید سنتی سیب‌زمینی در مزارع استان کردستان شناخته شد. همچنین میزان مصرف نهاده الکتریسته در تولید یونجه در مزارع استان همدان را ۷۵/۷۹ درصد از کل انرژی مصرفی گزارش گردید. 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. تساتسارلیس و کوندراس نیز در تحقیق خود بازده انرژی در تولید یونجه را ٦/۲۵ بدست آوردند.

نتیجه‌گیری

نسبت بین انرژی خروجی انرژی ورودی ٤/۳۱ بدست آمد. درصد استفاده از منابع انرژی تجدید ناپذیر حدود ۸ برابر منابع انرژی مستقیم است و بیشترین سهم انرژی‌های غیر مستقیم را کودهای شیمیایی، برق و سوخت در بر می‌گیرد. میزان کارایی انرژی، انرژی خالص، انرژی ویژه و بهره‌وری انرژی یونجه به ترتیب برابر با ٤/۳۲،

۱۵۷۰۹۳/٦ مگاژول بر هکتار، ۳/٦٦ مگاژول بر کیلوگرم و ۰/۲۷ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین انرژی مصرفی در کشت یونجه به کودهای شیمیایی و پس از آن به ترتیب به سوخت مصرفی و ماشین‌آلات تعلق دارد. با توجه به اینکه قسمت عمده مصرف انرژی غیر مستقیم مربوط به مصرف کودهای شمیایی است که باعث کاهش راندمان انرژی و افزایش آلودگی منابع آبی و خاکی می‌شود، بایستی برای بهبود این وضعیت با انجام آزمایش‌های شیمیایی مناسب بر روی خاک، به اندازه نیاز و به طور بهینه از کودهای شیمیایی استفاده نمود تا منجر به کاهش آلایندگی و افزایش راندمان گردد. در ضمن استفاده از روشهای نوین کشاورزی در انجام عملیات خاک‌ورزی و کاشت، هزینه و مصرف انرژی‌های سوخت و ماشین آلات را کاهش می دهد.

منابع

۱. آینه‌بند، ا. ۱۳۸٦. اکولوژی بوم نظام‌های کشاورزی. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۳۷٤ صفحه.

۲. حسین پناهی، ف. کافی، م. ۱۳۹۱. ارزیابی بودجه انرژی و بهره‌وری آن در مزارع تولید سیب زمینی استان کردستان، مطالعه موردی: دشت دهگلان. نشریه بوم شناسی کشاورزی، جلد٤، شماره۲، ۱۵۹-۱٦۹.

۳. قاسمی مبتکر، ح. اکرم، ا. کیهانی، ع. ۱۳۸۹. مقایسه میزان مصرف انرژی در اندازه های مختلف مزارع برای تولید یونجه در مزارع استان همدان. ششمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران(کرج).

٤. کوپاهی، م. ۱۳۸۳. اصول اقتصاد کشاورزی. تهران. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ٤۷٦ ص.

۵. کوچکی، ع. حسینی، م. خزایی. ح. ۱۳۷٦. نظام های کشاورزی پایدار، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

٦. کوچکی، ع. ۱۳۷۳. کشاورزی و انرژی (نگرشی اکولوژیک). ترجمه. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد۲۲۹ ص.

۷. کوچکی، ع. حسینی، م. ۱۳۸۲. سیر انرژی در اکوسیستم های کشاورزی. چاپ سوم. انتشارات جاوید.

8. 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.
9. 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.
10. 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.

Evaluation of efficiency and energy productivity of alfalfa production

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 agroprocessing for value adding. Alfalfa 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 alfalfa production in Arak city. Primary data were obtained with using statistics and information of questionnaire from alfalfa 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 47336.66 (MJ/ha) (31.52% as direct energy, 68.48% as indirect energy, 12.11% as renewable energy and 87.89% as non renewable energy) and amount of output energy was 204429.43 (MJ/ha). The amounts of energy efficiency, net energy, specific energy and energy productivity of alfalfa production were 4.32, 157093.6 (MJ/ha), 3.66 (MJ/kg) and 0.27 (kg/MJ), respectively. The results showed that the most of used energy in cultivation of alfalfa is related to fertilizers (40.89%), and then are used fuel (23.42%) and agricultural machinery (21.42%) respectively.

Keywords: Alfalfa, Energy efficiency, Energy productivity, Net energy, Specific energy.