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

بهره‌وری و کارایی انرژی تولید لوبیا در استان مرکزی

عبداله ایمان مهر
استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه اراک
a-imanmehr@araku.ac.ir

چکیده

این بررسی به منظور ارزیابی و مقایسه کارایی انرژی تولید لوبیا در استان مرکزی در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. داده‌های اولیه با استفاده از آمار و اطلاعات پرسشنامه‌ای زارعین لوبیا کار 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 ۸۰٤۳٤/۰۷ مگاژول در هکتار (۲۱/۵۹٪ انرژی مستقیم،۷۸/٤۱٪ انرژی غیر مستقیم، ۷/۳۸٪ انرژی تجدیدپذیر، ۹۲/٦۲٪ انرژی تجدیدناپذیر) و میزان انرژی خروجی ٤۱۳۲۳/۳۳ مگاژول در هکتار بدست آمد. میزان کارایی انرژی، انرژی خالص، انرژی ویژه و بهره‌وری انرژی لوبیا به ترتیب برابر با ۰/۵۱، ۳۹۱۱۰/۷٤- مگاژول بر هکتار، ۲۸/٦۱ مگاژول بر کیلوگرم و ۰/۰۳ کیلوگرم بر مگاژول می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین انرژی مصرفی در کشت لوبیا مربوط به ماشین‌آلات کشاورزی (۲٦/۳۷٪) است و پس از آن بترتیب برق مصرفی (۲٤/۸۱٪)، کودهای شیمیایی (۲۲/۲۱٪) و سوخت (۱۸/۸۲٪) قرار دارد. مقادیر بدست آمده به شرایط شرایط آب و هوایی، توپو گرافی زمین و حتی مسائل خاص مربوط به فرهنگ کشاورزی در منطقه است.

واژه‌های کلیدی: راندمان انرژی، بهره‌وری انرژی، دانه لوبیا، استان مرکزی

مقدمه

از آنجائیکه کشاورزی هم مصرف کننده انرژی و هم تولید کننده انرژی به شکل انرژی زنده می‌باشد (Alam *et al.*, 2005)، استفاده مؤثر از انرژی یکی از نیازهای اساسی کشاورزی پایدار است (Erdal *et al.*, 2007). توجه به منابع طبیعی محدود و اثرات منفی ناشی از عدم استفاده مناسب از منابع مختلف و همچنین استفاده از منابع نامناسب انرژی روی سلامت انسان و محیط زیست، لزوم بررسی الگوهای مصرف انرژی در بخش کشاورزی را حیاتی ساخته است (Hatirli *et al.*, 2005). در شرایط فعلی در کاربرد بعضی نهاده‌ها، بدون آنکه بهره‌وری مناسبی داشته باشند، افراط می‌شود. این امر از جنبه‌های مختلف تکنولوژی و اقتصادی سیستم‌های زراعی را آسیب‌پذیر می‌کند (آینه بند، ۱۳۸٦). به عنوان مثال تردیدی نیست که مصرف بی‌رویه مواد شیمیایی در کشاورزی سبب کاهش پایداری بوم نظام‌های زراعی و افزایش مخاطرات زیست محیطی خواهد شد (حسین پناهی و کافی، ۱۳۹۰). لذا، بهبود کیفیت و کمیت تولید در کنار توجه به کارایی انرژی در قالب کارایی بیشتر نهاده‌ها، حفاظت از محیط زیست و منابع

طبیعی، اقتصاد اکولوژیک و در نهایت تأمین غذا و امنیت غذایی انسان و دام، دیدگاه‌های جدید کشاورزی قرن بیست و یکم را تشکیل می‌دهند. چرا که مهم‌ترین هدف کشاورزی پایدار، افزایش راندمان انرژی است (Kizilaslan, 2009). نسبت انرژی ورودی به خروجی در بوم نظام‌های مختلف کشاورزی و بررسی نتیجه مقایسه انرژی کلی نهاده‌های مصرفی باعملکرد یا انرژی تولیدی برای تحلیل اقتصادی و کارایی انرژی بر تولیدات کشاورزی توسط بسیاری محققان مطالعه شده است زیرا مشخص نمودن راندمان انرژی در فرآیند تولید، اولین قدم در راستای بهینه کردن استفاده از منابع موجود می‌باشد (ایزدخواه شیشوان و همکاران، ۱۳۸۸). به عنوان مثال تعدادی از محصولات زراعی مهم استان خراسان را به منظور ارزیابی نهاده‌های انرژی و سهم هر کدام در نظام زراعی استان مورد بررسی قرار گرفت (کوچکی و صدرآبادی حقیقی، ۱۳۷۷). نتایج نشان داد که دلیل پایین بودن راندمان انرژی در محصولات کشاورزی سهم زیاد انرژی فسیلی، استفاده کم از نهاده نیروی انسانی و عملکرد پایین در واحد سطح می‌باشد. در تحقیقی تحلیل نهاده– ستانده در کشاورزی ترکیه نشان داد که بخش کشاورزی در مصرف نهاده‌ها بصورت کارا عمل نکرده است (Ozkan *et al.*, 2004). تحلیل مصرف انرژی و هزینه‌های نهاده‌های تولید پنبه در ترکیه نشان داد که ۳۱/۰۱٪ از کل انرژی مصرفی برای تولید پنبه مربوط به مصرف گازوئیل بوده است (Yilmaz *et al.*, 2005). یک تحلیل اقتصادسنجی از نهاده–ستانده در کشاورزی ترکیه در سال‌های ۱۹۷۵تا۲۰۰۰ نشان داد که انرژی‌های فیزیکی و شیمیایی به ویژه نیتروژن، اثر معنی‌داری بر سطح ستانده گذاشته‌اند(Hatirli *et al.*, 2005). بررسی جریان انرژی در کشاورزی بنگلادش در سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰ نشان داد که کارایی انرژی از ۱۱/۲۸٪ به ۸/۱٪ کاهش یافته است (Alam *et al.*, 2005). با توجه به محدودیت‌های منابع طبیعی و زوال ذخایر سوخت‌های فسیلی، استفاده بهینه از این منابع امری بدیهی و الزامی بوده و به نظر می‌رسد که مشخص نمودن راندمان انرژی در فرآیند تولید، اولین قدم در راستای بهینه نمودن استفاده از منابع موجود می‌باشد. متأسفانه در شرایط فعلی در کاربرد بعضی از نهاده‌ها بدون آنکه بهره‌وری مناسبی داشته باشند در مصرف آنها افراط می‌شود. امید است که در آینده از نهاده‌ها در تولید محصولات به بهترین شکل استفاده شود. با توجه به محدودیت‌های منابع طبیعی و زوال ذخایر سوخت‌های فسیلی، استفاده بهینه از این منابع امری بدیهی و الزامی بوده و به نظر می‌رسد که مشخص نمودن راندمان انرژی در فرآیند تولید، اولین قدم در راستای بهینه نمودن استفاده از منابع موجود می‌باشد. متأسفانه در شرایط فعلی در کاربرد بعضی از نهاده‌ها بدون آنکه بهره‌وری مناسبی داشته باشند در مصرف آنها افراط می‌شود. امید است که در آینده از نهاده‌ها در تولید محصولات به بهترین شکل استفاده شود. با وجود اهمیت گیاه لوبیا از نظر تغذیه انسان در استان مرکزی تاکنون در زمینه کارایی انرژی کشت آن مطالعه‌ای انجام نگرفته است، هدف از این تحقیق، محاسبه بهره‌وری انرژی در کشت لوبیا چیتی در این استان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی کارایی انرژی در کاشت لوبیا این مطالعه به صورت میدانی در مزارع تولید لوبیا استان مرکزی در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. در این تحقیق ۱٤ منطقه (شهر و روستا) به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب

شدند و برای بررسی تعداد ۲۹ کشاورز لوبیا کار استان صورت پذیرفت. این تحقیق از طریق مصاحبه رو در رو و چهره به چهره با زارعان لوبیا کار استان و تکمیل پرسشنامه انجام گردید. نهاده‌های انرژی در این مطالعه شامل کل انرژی فیزیکی، شیمیایی و انرژی بذر در نظر گرفته شد. این تقسیم بندی شامل کلیه مراحل کار در طول دوره از آغاز خاک‌ورزی تا پایان آخرین برداشت می‌باشد و از رابطه (۱) محاسبه می‌شود (Hatirli *et al*., 2005):

$$E_{input}=E_{physical}+E_{chemical}+E_{seed} \quad (۱)$$

که در این رابطه $E_{physical}$ انرژی فیزیکی است که در برگیرنده انرژی مربوط به نیروی انسانی، ساخت و تعمیر ماشین‌آلات کشاورزی، بنزین و گازوئیل مصرفی، آب مصرفی و برق مورد استفاده در آبیاری می‌باشد و از رابطه (۲) محاسبه می‌شود (Hatirli *et al*., 2005):

$$E_{physical}=E_{man}+E_{machinery}+E_{fuel}+E_{irrigation}+E_{electricit} \quad (۲)$$

$E_{chemical}$ انرژی شیمیایی است که شامل کلیه کودها و سموم شیمیایی استفاده شده می‌باشد و از رابطه (۳) محاسبه می‌شود (Hatirli *et al*., 2005):

$$E_{chemical}=E_{fertilizes}+E_{pesticide} \quad (۳)$$

که E_{seed} انرژی بذر است که برای محاسبه آن و سایر انرژی‌های مصرفی در مراحل مختلف کار و همچنین میزان انرژی لوبیا برداشت شده (بعنوان انرژی ستانده) از ضرایب و هم ارزهای انرژی که در منابع مختلف ذکر شده بود، استفاده گردید. این ضرایب در جدول (۱) آورده شده‌اند.

برای محاسبه شاخص‌های انرژی از فرمول‌های (٤) تا (۷) استفاده شده است (Demircan *et al*., 2006).

$$E.E=\frac{E_{output}(MJ/ha)}{E_{input}(MJ/ha)} \quad (٤)$$

$$E.P(Kg/MJ)=\frac{Output(Kg/ha)}{E_{input}(MJ/ha)} \quad (۵)$$

$$S.E=\frac{E_{input}(MJ/ha)}{Y(Kg/ha)} \quad (٦)$$

$$N.E(MJ/ha)=E_{output}-E_{input} \quad (۷)$$

که در این روابط E_{input} انرژی ورودی بر حسب مگاژول در هر هکتار، $Eoutpu_t$ انرژی خروجی بر حسب مگاژول درهر هکتار، Y میزان لوبیا برداشت شده بر حسب کیلوگرم در هر هکتار، E.E کارایی انرژی، E.P بهره‌وری

انرژی بر حسب کیلوگرم بر مگاژول، S.E، انرژی ویژه بر حسب مگاژول بر کیلوگرم و N.E، انرژی خالص بر حسب مگاژول در هکتار هستند.

جدول ۱- معادل‌های انرژی نهاده‌ها وستانده درتولید لوبیا

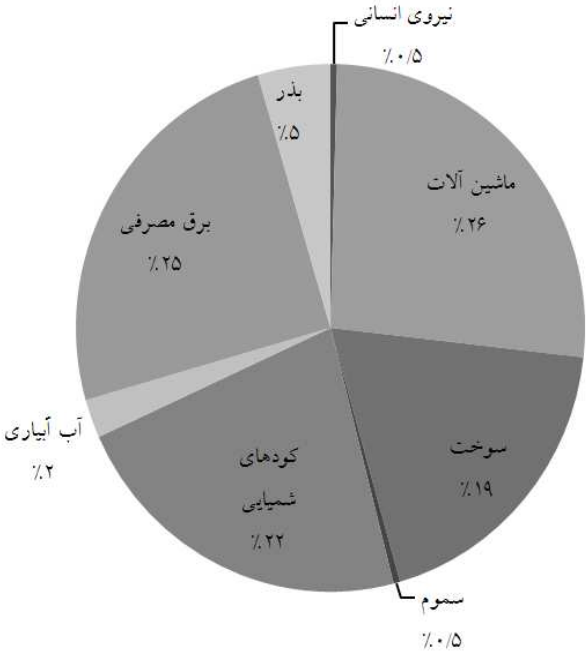
مشخصه	واحد	معادل انرژی (MJ/unit)
الف. ورودی‌ها		
نیروی انسانی	ساعت	۱/۹٦
سوخت		
بنزین	لیتر	٤٦/۳
دیزل	لیتر	٥٦/۳
ماشین‌ها و ادوات	ساعت	٦۲/۷
کودهای شیمیایی		
ازت	کیلو گرم	٦٦/۱٤
فسفات	کیلو گرم	۱۲/٤٤
پتاسیم	کیلو گرم	۱۱/۱٥
ریزمغذی‌ها	کیلو گرم	۱۲۰
سموم شیمیایی		
علف کش‌ها	کیلو گرم	۲۳۸
آفت کش	کیلو گرم	۱۹۹
قارچ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

نتایج و بحث

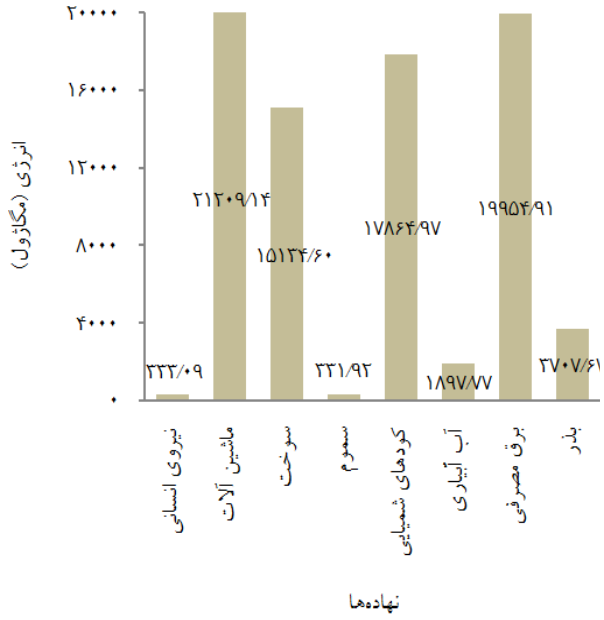
نهاده‌ها و ستانده‌های انرژی لوبیا در جدول (۲) آورده شده است. همچنین شکل (۱) درصد مصرف هر یک از نهاده‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲- نهاده‌ها و ستانده انرژی لوبیا

نهاده	انرژی (مگاژول در هکتار)
نیروی انسانی	۳۳۳/۰۹
ماشین آلات	۲۱۲۰۹/۱٤
سوخت	۱۵۱۳٤/٦
کود شیمیایی	۱۷۸٦٤/۹۷
آب آبیاری	۱۸۹۷/۷۷
بذر	۳۷۰۷/٦۷
برق مصرفی	۱۹۹۵٤/۹۱
سموم	۳۳۱/۹۲
کل انرژی ورودی	۸۰٤۳٤/۰۷
کل انرژی خروجی (ستانده)	٤۱۳۲۳/۳۳



شکل ۱- درصد مصرف نهاده‌های انرژی



شکل ۲- مقادیر انرژی مصرفی نهاده‌های تولید لوبیا

در شکل(۲) مقادیر مصرفی نهاده‌های انرژی لوبیا بصورت ستونی نشان داده شده است. همانطور که در شکل‌های (۱ و ۲) مشاهده می‌شود نهاده‌های ماشین آلات (۲٦/۳۷٪) و برق مصرفی (۲٤/۸۱٪) و کودهای شیمیایی (۲۲/۲۱٪)، به ترتیب پر مصرف‌ترین نهاده‌های انرژی محسوب می‌شوند. نهاده سوخت مصرفی و ماشین‌آلات کشاورزی به عنوان پرمصرف‌ترین نهاده در تولید سنتی سیب‌زمینی در مزارع استان کردستان معرفی گردید (حسین پناهی و کافی،

۱۳۹۰). دلیل بالای انرژی ماشین آلات مربوط به وابستگی زیاد تولید لوبیا در انجام عملیات خاک‌ورزی، کاشت و سمپاشی مکانیزه است. همچنین استفاده جداگانه از دروگر موجب افزایش ساعات کاری تراکتور بر روی زمین می‌شود که علاوه بر افزایش میزان سوخت مصرفی، به ساختمان خاک نیز آسیب می‌رساند. جهت جلوگیری از این امراستفاده از روش های کم‌خاک‌ورزی مفید خواهد بود. چرا که استفاده از ادواتی که با یک بار تردد دو یا چند کار را به صورت هم‌زمان انجام می‌دهند باعث می‌شود تا تعداد تردد و ساعات کاری تراکتور کاهش یافته و در نتیجه مصرف سوخت و فشردگی خاک هم کاهش یابند. نهاده برق مصرفی پس از ماشین‌آلات بیشترین میزان مصرف را به خود اختصاص داده است. میزان مصرف نهاده الکتریسته در تولید یونجه در مزارع استان همدان نیز ۷۵/۷۹ درصد از کل انرژی مصرفی گزارش گردید (قاسمی مبتکر و همکاران، ۱۳۸۹). دلیل بالا بودن نهاده الکتریسیته دراستان مرکزی وجود الکترو موتورهای بسیار قوی‌تر نسبت به توان مورد نیاز پمپ موجود در مزرعه می‌باشد. این امر باعث شده تا بازده الکترو موتورها کاهش و مصرف برق افزایش یابد. لذا با انتخاب الکترو موتور مناسب با پمپ موجود در مزرعه و همچنین استفاده از روش‌های نوین آبیاری می‌توان میزان مصرف این نهاده را کاهش داد.

جدول شماره (۳) شاخص‌های بازده انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، انرژی خالص و همچنین عملکرد محصول را نشان می‌دهد. بازده انرژی در تولید لوبیا این استان ۰/۵۱ و مقدار بهره‌وری انرژی ۰/۰۳کیلوگرم به ازای هر مگاژول به دست آمد. میزان انرژی خالص در این تحقیق منفی شده است (۳۹۱۱۰/۷٤- مگاژول در هر هکتار).

جدول ۳- شاخص‌های انرژی و عملکرد محصول لوبیا

شاخص	مقدار
راندمان انرژی	۰/۵۱
انرژی خالص	۳۹۱۱۰/۷٤- مگاژول در هکتار
بهره‌وری انرژی	۰/۰۳ کیلو گرم بر مگاژول
انرژی ویژه	۲۸/٦۱ مگاژول بر کیلوگرم
عملکرد محصول	۲۸۱۱/۱۱ 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 به حساب می‌آیند. در جدول (٤) تقسیم‌بندی انرژی ورودی شامل مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در این جدول آورده شده‌اند. ۲۱/۵۹٪ از کل انرژی مصرفی برای تولید لوبیا بصورت مستقیم و حدود ۷۸/٤۱٪ آن به صورت غیر مستقیم مورد استفاده قرار گرفته است. از مجموع انرژی مصرفی ۹۲/٦۲٪ درصد آن تجدید ناپذیر و بقیه به صورت تجدیدپذیر بوده است.

جدول ٤- تقسیم بندی انرژی تولید لوبیا در استان مرکزی

انرژی	درصد
انرژی مستقیم	۲۱/۵۹
انرژی غیر مستقیم	۷۸/٤۱
انرژی تجدید پذیر	۷/۳۸
انرژی تجدیدناپذیر	۹۲/٦۲

بر اساس جدول (٤) درصد استفاده از منابع انرژی غیر مستقیم حدود ٤ برابر منابع انرژی مستقیم است و بیشترین سهم انرژی‌های غیر مستقیم را برق و سموم و کودهای شیمیایی در برمی‌گیرد که از لحاظ سلامت محیط زیست خطرناک و هشدار انگیز است. درصد مصرف انرژی‌های تجدید ناپذیر نیز بطور قابل توجهی بیشتر از انرژی‌های تجدید پذیر می‌باشد (حدود ۱۳ برابر) که با توجه به کمبود منابع تجدید ناپذیر باید اقدامات اساسی صورت پذیرد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت، میزان مصرف انرژی‌های تجدید ناپذیر را می‌توان با استفاده از منابع سوختی تجدیدپذیر کاهش داد و میزان هزینهٔ نیروی انسانی و همچنین مدت زمان لازم برای تولید این محصول را با روشهای دقیق مکانیزه، کاهش داد. قسمت عمده مصرف انرژی غیر مستقیم مربوط به مصرف کود اوره است که این عمل باعث کاهش راندمان انرژی و افزایش آلودگی منابع آبی و خاکی می‌شود. بنابراین برای بهبود این وضعیت بهتر است با انجام آزمایش‌های شیمیایی مناسب بر روی خاک، به اندازه نیاز و به طور بهینه از کودهای شیمیایی استفاده شود تا منجر به کاهش آلایندگی و افزایش راندمان شود. با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از انرژی‌های مصرفی غیر مستقیم را آب تشکیل می‌دهد جهت کاهش آن می‌توان با بهبود روش‌های تهیه زمین و اصلاح روش‌های آبیاری و افزایش راندمان انتقال آب در مزارع کارایی انرژی را افزایش داد. استفاده از هر نهادهٔ زراعی تا مقداری می‌تواند موجب بهبود عملکرد و انرژی تولیدی شود و مصرف بیش از حد آن نهاده نه تنها منجر به افزایش عملکرد و انرژی تولیدی نمی‌گردد بلکه باعث کاهش این موارد می‌گردد.

منابع

۱. ایزدخواه شیشوان، م. تاجبخش سیشوان، م. حسن زاده قورت تپه، ع. ۱۳۸۸. ارزیابی و مقایسه کارایی انرژی دونظام کشت متداول و مکانیزه در مزارع سیب زمینی استان آذربایجان شرقی. نشریه پژوهش های زراعی ایران، جلد۸ (۲)، ۲۸٤-۲۹۷.
۲. آینه‌بند، ا. ۱۳۸٦. اکولوژی بوم نظام‌های کشاورزی. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۳۷٤ صفحه.
۳. حسین پناهی، ف. کافی، م. ۱۳۹۰. ارزیابی بودجه انرژی و بهره‌وری آن در مزارع تولید سیب زمینی استان کردستان، مطالعه موردی: دشت دهگلان. نشریه بوم شناسی کشاورزی، جلد٤ (۲)، ۱۵۹-۱٦۹.

٤. 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)..

٥. کوچکی، ع. صدرآباد حقیقی، ر. ۱۳۷۷. نهاده‌های انرژی در نظام‌های زراعی استان خراسان. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال٦(۲۳)، ۸۹-۱۰۳.

6. Alam M. S., Alam M.R., and Islam K.K. 2005. Energy flow in agricultural of Bangladesh. American Journal of Environmental Science 1(3): 213-220.
7. Demircan V., Ekinci K., Keener H.M., Akbolat D., and Ekinci C. 2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: a case study from Isparta province. Energy Conversion and Management 47: 1761-1769.
8. Erdal G., Esengun K., Erdal H., and Gunduz O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32, 35-41.
9. Hatirli S.A., Ozkan B., and Fert C. 2005. An econometric analysis of energy input-output in Turkish agriculture. Renewable Sustainable Energy Rev 9(6): 608-623.
10. Kizilaslan H. 2009. Input-Output Energy analysis of cherries production in Tokat province of Terkey.Applied Energy 86: 1354-1358.
11. Ozkan B., Akcaoz H., and Fert C. 2004. Energy Input-Output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy 29: 39-51.
12. Yilmaz I., Akcaoz H. and Ozkan B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in turkey. Renewable energy 30(2): 145-155.

Energy Productivity and efficiency of bean seed production in Markazi province

Abstract

This study was conducted to evaluate and compare the energy efficiency of bean production in Markazi province in 2012-2013 growth seasons. Primary data were obtained with using statistics and information of questionnaire from bean farmers in province. Data on inputs and output was converted to used and produced energy and then energy efficiency was calculated. The amount of total input energy 80434.07(MJ/ha) (21.59% direct energy, 78.41% indirect energy, 7.38% renewable energy and 92.62% non renewable energy) and amount of output energy 41323.33 (MJ/ha) were obtained. The amounts of energy efficiency, pure energy, specific energy and productivity of bean energy are 0.51, -39110.74(MJ/ha), 28.61 (MJ/kg) and 0.03 (kg/MJ) respectively. The results show that the most of used energy in cultivation of bean is related to agricultural machinery (36.37%), and then are used electricity (24.81%), chemical fertilizers (22.21%) and used fuel (18.82%) respectively. That obtained values were depended on the weather, land topography and specific issues related to the culture of region farming.

Keywords: Energy efficiency, Energy productivity, Bean seed, Markazi Province.