بررسی انرژی مصرفی در تولید ذرت سیلوئی- مطالعه موردی: استان زنجان

علیرضا امانلو[۱]، حسن قاسمی مبتکر[۱]، علیرضا کیهانی[۲]، کامران افصحی[۳] و علی محمدی[٤]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه تهران.
۲- دانشیار گروه مهندسی ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران.
۳- عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان.
٤- دانشجوی دکتری مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه تهران.
mr.mobtaker@yahoo.com

چکیده

هدف از انجام این مطالعه تعیین میزان انرژی نهاده و ستانده در تولید ذرت سیلوئی در استان زنجان بود. این مطالعه در خرداد ماه سال ۱۳۸۸ دراستان زنجان، با انتخاب کشاورزان بطور تصادفی انجام شد. برای این منظور داده‌ها از طریق تکمیل پرسشنامه که از طریق مصاحبه حضوری با کشاورزان ذرت‌کار انجام گرفته، گردآوری شد. نتایج نشان داد کل انرژی نهاده $MJ\ ha^{-1}$ ۷۷۵۸۹/۸٤ می‌باشد. نسبت ستانده-نهاده انرژی۱/٦۳ و بهره‌وری انرژی $kg\ MJ^{-1}$ ۰/۷۹ به‌دست آمد. در بین نهاده‌ها الکتریسیته بیشترین درصد مصرف انرژی را داشت (۳۸/۳۱٪) و بعد از آن سوخت دیزل (۲۹/٥٤٪) و کودهای شیمیایی (۱۸/٥۳٪) قرار داشتند. انرژی حاصل از مصرف نیروی کارگری و آفت‌کش بسیار پایین بود. حدود ٦۹٪ از انرژی کل مستقیم و حدود ۳۱٪ غیر مستقیم بود و سهم انرژی تجدیدپذیر (نیروی انسانی، بذر و کود حیوانی) و تجدیدناپذیر (سوخت دیزل، سموم شیمیائی، کود و ماشین‌ها) به ترتیب حدود ۱۰٪ و ۹۰٪ بود.

واژه‌های کلیدی: ذرت سیلوئی، انرژی نهاده، انرژی ستانده، الکتریسیته، سوخت.

۱- مقدمه

ذرت (L. Zea mays) گیاهی است که کشت آن جهت تولید دانه و یا تولید علوفه سبز به منظور ایجاد سیلوی تخمیری جهت تغذیه دام انجام می‌گیرد. در منطقه استان زنجان کشت این محصول به‌منظور تهیه سیلو می‌باشد. در حال حاضر کشت عمده آن به صورت کشت اول در اواخر بهار انجام می‌گیرد و در اول پائیز به صورت خردشده برداشت و سیلو می‌گردد. محصول سیلو شده درنهایت به مصرف تغذیه دام می‌رسد.

ذرت سیلوئی عبارت است از ذرت‌های رسیده‌ای که در حالت سبز درو شده و به همراه بلال قطعه- قطعه می‌شود. سپس محصول خردشده در سیلوهای روزمینی روی هم انباشته می‌گردد. حرکت تراکتور یا غلتک روی محصول آن را فشرده کرده و هوا را از میان آن خارج می‌سازد. سپس روی محصول با نایلون یا عایق دیگر پوشانده می‌شود تا از تماس با هوا حفظ شود. محصول در شرایط فوق تخمیر شده و به تدریج از سیلو خارج و به مصرف تغذیه دام می‌رسد. ارزش تغذیه‌ای ذرت سیلوشده در مقایسه با ذرت سبز قبل از برداشت مطابق جدول (۱) می‌باشد (صوفی سیاوش، ۱۳٦٥).

جدول ۱ ارزش تغذیه‌ای ذرت سیلوشده در مقایسه با ذرت سبز.

ردیف	مواد تشکیل دهنده	مقدار در ذرت سیلو شده	مقدار درذرت سبز
۱	انرژی قابل متبولیسم ($MJ\ kg^{-1}$)	۱۰/۸	۸/۸
۲	پروتئین خام ($g\ kg^{-1}$)	۱۱۰	۸۹
۳	پروتئین خام قابل هضم ($g\ kg^{-1}$)	۷۰	٥۳
٤	چربی خام ($g\ kg^{-1}$)	٥۷	۲٦
٥	فیبر خام ($g\ kg^{-1}$)	۲۳۳	۲۸۹
٦	ماده خشک ($g\ kg^{-1}$)	۲۱۰	۱۹۰
۷	خاکستر ($g\ kg^{-1}$)	٦۲	٦۳

اگر از دیدگاه کشاورزی پایدار به تولیدات کشاورزی نگاه کنیم باید در این نگرش که هرکس عملکرد بیشتری در واحد سطح داشته باشد کشاورز برتر و نمونه است، تجدید نظر کنیم. بلکه لازم است بدانیم که این میزان تولید با مصرف چه میزان انرژی به‌دست آمده است. گیاه سبز به عنوان نقطه شروع چرخه انرژی در طبیعت و مبدل انرژی نورانی خورشید، با فرآیند پیچیده فتوسنتز به انرژی قابل ذخیره در ملکول‌های مواد آلی می‌باشد. ازسوی دیگر گیاه برای تکمیل فرآیند فتوسنتز نیاز به حمایت فیزیکی و تامین مواد شیمیائی از خاک، آب و ... دارد. برای تأمین هر یک از این نیازها و یا ایجاد ترکیبات شیمیائی قابل جذب برای گیاه نیاز به مصرف انرژی می‌باشد. لذا این رابطه تنگاتنگ میان انرژی و گیاه، کشاورزی را به تولید کننده و مصرف کننده عمده انرژی تبدیل کرده است. با توسعه جوامع بشری و افزایش تقاضا به تولیدات کشاورزی و از سوی دیگر محدودیت منابع آب و خاک، بالا بردن عملکرد در واحد سطح را به یکی از اصلی ترین اهداف تولید کنندگان تبدیل نموده است. اما رسیدن به سطح بالای تولید مستلزم مصرف انرژی بیشتر است. مصرف انرژی بیشتر ازجمله به شکل سموم شیمیائی و سوخت‌های دیزل آلودگی‌های محیط زیست را درپی دارد. بنابراین استفاده از منابع انرژی به‌صورت کارآمد و مؤثر در کنار اهداف تولیدی، جهت رسیدن به کشاورزی پایدار، باید از رویکردهای سیاستگزاران بخش کشاورزی باشد.

کنترل و مدیریت مصرف انرژی در تولید این محصول نهایتاً در تولید اقتصادی شیر و گوشت و قیمت تمام شده این محصولات موثر می‌باشد با عنایت به تدابیر و برنامه‌های دولت ایران در مدیریت و کنترل مصرف انرژی با نگرش بر کشاورزی پایدار و حفظ محیط‌زیست و از سوی دیگر پیوستن به بازار اقتصاد جهانی برنامه‌ریزی در این زمینه می-تواند در بالا بردن توان رقابتی در بخش تولیدات دامی موثر باشد. برای رسیدن به هدف فوق و تعیین میزان انرژی نهاده و ستانده در تولید ذرت سیلوئی، و با منظور اصلاح مدیریت مصرف فعلی در تولید این محصول، و نیز تعیین میزان انرژی لازم برای تولید محصولات دامی که توسط این علوفه تغذیه می‌شوند این مطالعه انجام شده است.

۲- مواد و روش‌ها

این مطالعه در خرداد ماه سال ۱۳۸۸ دراستان زنجان انجام شد. استان زنجان در شمال غربی ایران و در ′۲۹ °۴۸ طول جغرافیائی و ′۴۱ °۳۶ عرض جغرافیائی واقع شده است. کل سطح زیر کشت این استان برای محصولات آبی ۱۰۹۰۲۷ هکتار و دیم ۳۴۲۲۵ هکتار می‌باشد، که به ترتیب ۱/۶۳٪ و ۵/۵٪ درصد از کل اراضی کشور را شامل می‌شود. باتوجه به اینکه این محصول برای کاشت، داشت و برداشت به ماشین‌های کشاورزی خاص از قبیل ردیف‌کار پنوماتیک، کلتیواتور و چاپر برای خرد کردن نیاز دارد، لذا ذرت‌کاران به‌طور یکنواخت در سطح استان پخش نشده‌اند و متناسب با توسعه دامداری‌ها و امکانات مکانیزاسیون این محصول، در سطح استان پراکنده‌اند. لذا مصاحبه در تمام این مناطق اما به تصادف از بین کشاورزان انجام شد. برای تعیین حجم نمونه، روش نمونه‌گیری کاملاً تصادفی استفاده شد. بدین منظور از فرمول زیر که به فرمول کوکران معروف است برای تعین حجم نمونه استفاده شد (منصورفر، ۱۳۷۱؛ Mobtaker et al., 2010):

$$n=\frac{N(s\times t)^2}{(N-1)d^2+(s\times t)^2} \qquad (۱)$$

که درآن:

n = حجم نمونه
N = حجم جامعه
d = دقت احتمالی مطلوب
S = انحراف معیار جامعه
t = ۱/۹۶

با توجه به فرمول بالا اندازه نمونه ۴۵ عدد به‌دست آمد.

نهاده‌های مورد استفاده در تولید ذرت برای محاسبه انرژی آنها مشخص شدند. این نهاده‌ها عبارت بودند از: نیروی انسانی، ماشین‌ها، سوخت، کودهای شیمیایی (نیتروژن، فسفات و پتاسیم)، کود حیوانی، آفت‌کش‌ها، الکتریسته و بذر.

نهاده خروجی ذرت سیلو شده با رطوبت حدود ۸۰٪ بود. برای محاسبه هم‌ارز انرژی از منابع موجود استفاده شد. این هم‌ارزها و منابع آنها در جدول ۱ ذکر شده است. مقدار نهاده‌های ورودی و خروجی برای یک هکتار محاسبه شد و برای به‌دست آوردن محتوای انرژی، در ضرایب مربوطه ضرب شد.

جدول ۲ هم‌ارز انرژی برای نهاده‌های ورودی و خروجی.

نهاده‌ها	واحد	محتوای انرژی ($MJ\ unit^{-1}$)	مرجع
نهاده‌های ورودی			
۱- نیروی انسانی	h	۱/۹٦	Mobtaker et al. (2010)
۲- ماشین‌ها	h	٦٤/۸۰	Singh (2002)
۳- سوخت	L	٥٦/۳۱	Singh (2002)
٤- کودهای شیمیایی	kg		
- نیتروژن	kg	٦٦/۱٤	Mohammadi et al. (2008)
- فسفات(P_2O_5)	kg	۱۲/٤٤	Mohammadi et al. (2008)
- پتاسیم(K_2O)	kg	۱۱/۱٥	Shrestha (1998)
٥- کود حیوانی	kg	۰/۳۰	Mobtaker et al. (2010)
٦- آفت‌کش	kg	۱۲۰	Mandal et al. (2002)
۷- الکتریسیته	kWh	۱۱/۹۳	Hatirli et al. (2005)
۸- بذر (هیبرید)	kg	۱۰۰	Kitani (1999)
نهاده‌های خروجی			
۱- ذرت سیلوئی (ماده خشک)	kg	۱۰/۳	Phipps et al. (1976)

برای محاسبه شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی از فرمول‌های زیر استفاده شد (Mohammadi and Omid, 2010; Mobtaker et al., 2010):

$$\text{Energy use efficiency} = \frac{\text{Energy output (MJ ha}^{-1})}{\text{Energy input (MJ ha}^{-1})} \quad (2)$$

$$\text{Energy productivity} = \frac{\text{Maize output (kg ha}^{-1})}{\text{Energy input (MJ ha}^{-1})} \quad (3)$$

$$\text{Specific energy} = \frac{\text{Energy input (MJ ha}^{-1})}{\text{Maize output (kg ha}^{-1})} \quad (4)$$

$$\text{Net energy} = \text{Energy Output}\,(\text{MJ ha}^{-1}) - \text{Energy Input}\,(\text{MJ ha}^{-1}) \quad (5)$$

از تقسیم‌بندی‌های دیگر انرژی نوع مستقیم و غیرمستقیم می‌باشد که نوع مستقیم آن شامل نیروی انسانی، سوخت دیزل و الکتریسیته و نوع غیرمستقیم شامل بذر، کودهای شیمیایی، کود حیوانی، آفت‌کش‌ها و ماشین‌ها می‌باشد. در تقسیم‌بندی دیگر در انواع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، نیروی انسانی، بذر و کودحیوانی از نوع تجدیدپذیر و ماشین-ها، سوخت دیزل، کودهای شیمیائی، آفت‌کش‌ها و الکتریسیته و از نوع تجدید ناپذیر هستند (Tabatabaeefar et al., 2009).

۳- نتایج و بحث

۳-۱- شرایط کشت در استان

متوسط اراضی تحت کشت ذرت سیلوئی ۷/۷ هکتار می باشد که ۵/۱٪ از کل اراضی استان را شامل می‌شود. کل اراضی تحت کشت آبی می‌باشند. در بعضی از استانهای هم جوار مانند قزوین و تهران به علت طولانی بودن فصل رشد، کشت این محصول به عنوان محصول دوم بعد از برداشت گندم و جو نیز انجام می‌گیرد. اما در استان زنجان به علت کوتاه بودن فصل رشد و برخورد با فصل سرما فقط به صورت کشت اول در بهار انجام می‌گیرد. تاریخ کاشت این محصول از پانزدهم اردیبهشت آغاز و تا پانزدهم خرداد به عنوان بهترین تاریخ کاشت می‌باشد. بذر مرسوم در منطقه رقم سینگل کراس ۷۰٤ می‌باشد. دوره رشد محصول ۱۳۰ روز بوده و اصطلاحاً در مرحله شیری خمیری دانه‌ها برداشت انجام می‌گیرد. معمولا درطی ۱۰۸ روز از دوره رشد آبیاری انجام می‌گیرد، و دور آبیاری از ۷ تا ۹ روز می‌باشد.

۳-۲- انرژی نهاده و ستانده در تولید محصول

جدول ۳ میزان نهاده‌های مصرفی را که به‌طور متوسط در یک هکتار مزرعه ذرت سیلوئی در طول دوره رشد مصرف شده، مقدار متوسط عملکرد و مقدار انرژی آنها را نشان می‌دهد. متوسط تولید این محصول ٦۱۲۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. باتوجه به اینکه کل محصول شامل بوته در مرحله سبز، به همراه بلال با دانه‌های ذرت برداشت و توسط چاپر خرد می‌شود، لذا فرض براین است که کل محصول از زمین برداشت شده و بقایای دیگری ندارد. از آنجایی که رطوبت محصول در حین برداشت حدود ۸۰٪ است، لذا کل ماده خشک برداشت شده برابر با kg ha^{-1} ۱۲۲۵۰ است. بنابراین کل انرژی نهاده در تولید نهائی ذرت سیلوئی MJ ha^{-1} ۷۷۵۸۹/۸٤ می‌باشد. در بین نهاده‌ها الکتریسیته بیشترین درصد مصرف انرژی را داشت (۳۸/۳۱٪). متوسط عمق چاه‌های منطقه ۸۰ متر است و در بیشتر

موارد برای استحصال آب از نیروی الکتریسیته استفاده می‌شود. بعد از آن سوخت دیزل (۲۹/۵٤٪) و کودهای شیمیایی (۱۸/۵۳٪) قرار داشتند. از این مقدار انرژی مصرف شده در نتیجه استفاده از کودها، ۱۸/۱۲٪ آن مربوط به مصرف کود اوره بوده است. سوخت دیزل به‌طور عمده برای آماده کردن زمین بکار برده شده است. با توجه به‌اینکه بیشتر عملیات کاشت، داشت و برداشت این محصول ماشینی می‌باشد، لذا انرژی حاصل از مصرف نیروی کارگری بسیار پایین بود (۰/۷۰٪). مواد شیمیائی استفاده شده در کشت این محصول علف‌کش می‌باشد که مقدار انرژی مصرف شده از این بابت ۵۲۸/۰۰ $MJ\ ha^{-1}$ معادل ۰/٦۸٪ از کل انرژی نهاده می‌باشد که کمترین سهم انرژی مصرفی در بین نهاده‌ها را دارد.

جدول ۳ مقدار نهاده‌ها، ستانده و محتوای انرژی آنها در تولید ذرت علوفه‌ای.

نهاده‌ها	مقدار در هر هکتار	محتوای انرژی ($MJ\ ha^{-1}$)	درصد (٪)
نهاده‌های ورودی			
۱- نیروی انسانی (h)	۲۷۷/۷۱	۵٤٤/۲۹	۰/۷۰
۲- ماشین‌ها (h)	۳۲/۰۰	۲۰۷۳/٦۰	۲/٦۷
۳- سوخت (L)	٤۰۷/۰۰	۲۲۹۱۸/۱۷	۲۹/۵٤
٤- کودهای شیمیایی(kg)	۳٤۵/٤۹	۱٤۳۷۸/۰۲	۱۸/۵۳
- نیتروژن (kg)	۱۸۹/۱۲	۱۲۵۰۸/٤۰	۱٦/۱۲
- فسفات(P_2O_5) (kg)	۹۷/۷۵	۱۲۱٦/۰۱	۱/۵۷
- پتاسیم(K_2O) (kg)	۵۸/٦۲	٦۵۳/٦۱	۰/۸٤
۵- کود حیوانی (kg)	۱۵۰۰۰/۰۰	٤۵۰۰/۰۰	۵/۸۰
٦- آفت‌کش(kg)	٤/٤۰	۵۲۸/۰۰	۰/٦۸
۷- الکتریسیته (kWh)	۲٤۹۱/٤۳	۲۹۷۲۲/۵۰	۳۸/۳۱
۸- بذر (kg)	۲۹/۲۵	۲۹۲۵/۰۰	۳/۷۷
کل انرژی ورودی (MJ)		۷۷۵۸۹/۸٤	۱۰۰/۰۰
نهاده‌های خروجی			
۱- ذرت سیلوئی (ماده خشک) (kg)	۱۲۲۵۰/۰۰*	۱۲٦۱۷۵/۰۰	۱۰۰/۰۰
کل انرژی خروجی(MJ)		۱۲٦۱۷۵/۰۰	۱۰۰/۰۰

* مقدار محصول برداشت شده ضرب‌در محتوای ماده خشک محصول.

بررسی انجام شده در آمریکا درباره تولید ذرت سیلوئی نشان می‌دهد که انرژی مصرفی برای تولید ذرت سیلوئی در نیویورک ۲٦۳۱۲ $MJ\ ha^{-1}$ و عملکرد محصول ۳۱۰۲۰ $kg\ ha^{-1}$ می‌باشد. میزان انرژی ستانده از تولید $MJ\ ha^{-1}$

۱۰۵۸٦٦ به‌دست آمده است. نسبت انرژی تولیدی به مصرفی در این مطالعه ٤/۰۲ محاسبه شده است (کوچکی، ۱۳٦۸).

جدول ٤ شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی را نشان می‌دهد. همچنین تقسیم بندی انرژی ورودی شامل مستقیم، غیر مستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در این جدول آورده شده است. نسبت انرژی ستانده به انرژی نهاده در تولید ذرت سیلوئی ۱/٦۳ به‌دست آمد. فیلیپس و همکاران (۱۹۸٦) نسبت انرژی ذرت سیلوئی را ٤/۸ به‌دست آوردند. در تحقیقاتی که در زمینه انرژی محصولات مختلف کشاورزی انجام شده، اعداد مختلفی برای این شاخص ذکر شده است؛ به‌عنوان مثال ۲/۸ برای گندم، ٤/۸ برای پنبه، ۳/۸ برای ذرت، ۱/۵ برای کنجد (Canakci et al., 2005)، ۰/۷٤ برای پنبه (Yilmaz et al., 2005)، ۱/۲۵ برای سیب‌زمینی (Mohammadi et al., 2008) و ۰/٦٤ برای خیار گلخانه‌ای (Mohammadi and Omid, 2010). مقدار بهره-وری انرژی ۰/۷۹ kg MJ^{-1} به‌دست آمد. این به این معناست که برای هر واحد انرژی مصرف شده (MJ) ۰/۷۹ کیلوگرم محصول به‌دست می‌آید. شدت انرژی و افزوده خالص انرژی به ترتیب ۱/۲۷ MJ kg^{-1} و ٤۸۵۸۵/۱٦ MJ به‌دست آمد. این نشان می‌دهد در تولید محصول انرژی به‌دست آمده است.

جدول ٤ نسبت‌های انرژی نهاده و ستانده در تولید ذرت سیلوئی.

شاخص‌ها	واحد	مقدار
انرژی نهاده	(MJ ha^{-1})	۷۷۵۸۹/۸٤
انرژی ستانده	(MJ ha^{-1})	۱۲٦۱۷۵/۰۰
عملکرد	(kg ha^{-1})	٦۱۲۵۰
بازده انرژی		۱/٦۳
بهره‌وری انرژی	(kg MJ^{-1})	۰/۷۹
شدت انرژی	(MJ kg^{-1})	۱/۲۷
افزوده خالص انرژی	(MJ ha^{-1})	٤۸۵۸۵/۱٦
انرژی مستقیم	(MJ ha^{-1})	۵۳۱۸۵/۲۲(٪٦۸/۵۵)
انرژی غیرمستقیم	(MJ ha^{-1})	۲٤٤۰٤/٦۲(٪۳۱/٤۵)
انرژی تجدیدپذیر	(MJ ha^{-1})	۷۹٦۹/۲۹(٪۱۰/۲۷)
انرژی تجدیدناپذیر	(MJ ha^{-1})	٦۹٦۲۰/۵۵(٪۸۹/۷۳)

مقدار انرژی مستقیم، غیر مستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به ترتیب برابر با ۵۳۱۸۵/۲۲، ۲٤٤۰٤/٦۲، ۷۹٦۹/۲۹، ٦۹٦۲۰/۵۵ به‌دست آمد. ٦۸/۵۵٪ از انرژی کل مستقیم و ۳۱/٤۵٪ غیر مستقیم بود و سهم انرژی تجدیدپذیر و

تجدیدناپذیر به ترتیب ۱۰/۲۷٪ و ۸۹/۷۳٪ بود که سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر بسیار بیشتر از تجدیدپذیر بود. نتایج مشابهی در تحقیقات گزارش است (Erdal et al., 2007; Esengun et al., 2007; Mohammadi et al., 2008; Kizilaslan, 2009).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مطالعه به بررسی میزان مصرف انرژی در تولید ذرت علوفه‌ای در استان زنجان پرداخته شد. اطلاعات مورد استفاده از طریق پرسشنامه شفاهی، طی خرداد ماه سال ۱۳۸۸به‌دست آمد. روش نمونه‌گیری کاملاً تصادفی برای نمونه‌گیری استفاده شد و اندازه نمونه ٤٥ عدد به‌دست آمد. نتایج نشان داد کل انرژی نهاده $MJ\ ha^{-1}$ ۷۷۵۸۹/۸٤ می‌باشد. نسبت ستانده–نهاده انرژی۱/٦۳ و بهره‌وری انرژی $kg\ MJ^{-1}$ ۰/۷۹ به‌دست آمد. در بین نهاده‌ها الکتریسیته بیشترین درصد مصرف انرژی را داشت (۳۸/۳۱٪) و بعد از آن سوخت دیزل (۲۹/٥٤٪) و کودهای شیمیایی (۱۸/٥۳٪) قرار داشتند. مقدار انرژی مستقیم، غیر مستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به ترتیب برابر با ۵۳۱۸۵/۲۲، ۲٤٤۰٤/٦۲، ۷۹٦۹/۲۹، ٦۹٦۲۰/٥٥ به‌دست آمد. ٦۸/٥٥٪ از انرژی کل مستقیم و ۳۱/٤٥٪ غیر مستقیم بود و سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر بسیار بیشتر از تجدیدپذیر بود.

منابع و مآخذ

۱- صوفی سیاوش، ر. ترجمه. ۱۳٦٥. تغذیه دام. انتشارات عمیدی.

۲- کوچکی، ع. ۱۳٦۸. غذا و انرژی در جامعه. انتشارات جاوید.

۳- منصورفر، ک. ۱۳۷۱. روش‌های آماری. انتشارات دانشگاه تهران.

4- Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I., Ozmerzi, A., 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey. Energy Convers. Manage. 46, 655–666.

5- Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., Gunduz, O., 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat Province of Turkey. Energy 32, 35–41.

6- Esengun, K., Gunduz, O., Erdal, G., 2007. Input–output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Convers. Manage. 48, 592–598.

7- Hatrili, S.A., Ozkan, B., Fert, C., 2005. An econometric analysis of energy input–output in Turkish agriculture. Renew. Sust. Energy Rev. 9, 608–623.

8- Kitani, O., 1999. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Vol. 5., Energy and Biomass Engineering. ASAE publication, St Joseph, MI.

9- Kizilaslan, H., 2009. Input–output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. Appl. Energy 86, 1354–1358.

10- Mandal, K.G., Saha, K.P., Gosh, P.L., Hati, K.M., Bandyopadhyay, K.K., 2002. Bioenergy and economic analyses of soybean-based crop production systems in central India. Biomass Bioenergy 23, 337–345.
11- Mobtaker, H.G., Keyhani, A., Mohammadi, A., Rafiee, S., Akram, A., 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. Agric. Ecosyst. Environ. 137,367–372.
12- Mohammadi, A., Omid, M., 2010. Economical analysis and relation between energyinputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Appl. Energy 87, 191–196.
13- Mohammadi, A., Tabatabaeefar, A., Shahan, S., Rafiee, S., Keyhani, A., 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil Province. Energy Convers. Manage. 49, 3566–3570.
14- Phipps, R.H., Pain, B.F., Mulvany, P.M., 1976. A comparison of the energy output/input relationship for forage maize and grass leys on the dairy farm. Agric. Environ. 3, 15–20.
15- Shrestha, D.S., 1998. Energy Use Efficiency Indicator for Agriculture. Available from: http://www.usaskca/agriculture/caedac/PDF/mcrae.
16- Singh, J.M., 2002. On Farm Energy Use Pattern in Different Cropping Systems in Haryana, India. Master of Science. International Institute of Management, University of Flensburg, Germany.
17- Tabatabaeefar, A., Emamzadeh, H., Gasemi Varnamkhasti, M., Rahimzadeh, R., Karimi, M., 2009. Comparison of energy of tillage system in wheat production. Energy 34, 41–45.
18- Yilmaz, I., Akcaoz, H., Ozkan, B., 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. Renew. Energy 30, 145–155.

Investigation of energy consumption of maize production-Case study: Zanjan province

Abstract

The purpose of this study was to determine the amount of input–output energy used in maize production, to investigate the efficiency of energy consumption in Zanjan province, Iran. Data were collected from 45 maize farms in June 2009 using a face to face questionnaire method. The sample volume was determined by random sampling method. The results showed total energy inputs were 77589.84 MJ ha^{-1}. The input–output ratio and productivity were calculated to be 1.63 and 0.79 kg MJ^{-1} respectively. The electricity was the highest energy inputs for maize production (38.31%). It is followed by Diesel fuel with 29.54% and chemical fertilizer (18.53%). The energy equivalences of human labour and biocide were found to be low. About 69% of the total energy inputs were direct and 31% indirect. The rate of renewable and non-renewable energies was determined as 10.27% and 89.73% of total energy input, respectively.

Keyword: Maize, Input energy, Output energy, Electricity, Fuel