تعیین شاخص‌های انرژی در تولید گندم آبی در دشت مهیار اصفهان

محسن حیدری سلطان آبادی[1*]، اورنگ تاکی[2]، اردشیر اسدی[3]، روح‌اله صادقی[4]

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

۳- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه تبریز

* ایمیل نویسنده مسئول: mheisol@gmail.com

چکیده

این پژوهش به منظور شناخت الگوها و روش‌های مرسوم و بررسی جریان انرژی تولید گندم در دشت مهیار انجام شد. برای تعیین میزان انرژی‌های نهاده و ستانده در تولید این محصول، پرسش‌نامه‌ای تهیه شد و در آن نوع و میزان نهاده‌های به کار رفته در مراحل مختلف تولید و میزان محصول برداشت شده درج گردید. مطابق نتایج، بیشترین سهم انرژی مصرفی به ترتیب مربوط به نهاده‌های آب آبیاری (۷۷ ٪ از کل انرژی‌های نهاده)، سوخت (۷/۹ ٪)، کود ازته (۶/۹ ٪) و بذر (۵/۸ ٪) می‌باشد که نشان دهنده چالش آب در این زراعت است. نسبت انرژی ستانده به نهاده برای عملکرد بیولوژیکی گندم (دانه + کاه)، ۱/۶۴ و به طور جداگانه برای محصول دانه و کاه، به ترتیب ۰/ ۷۲ و ۰/ ۹۲ برآورد شد. خالص افزوده انرژی ۳۴/۸۷- گیگاژول در هکتار و با احتساب انرژی دانه و کاه ۸۰/۹۴ گیگاژول در هکتار به دست آمد. همچنین بهره‌وری انرژی ۰/۰۴۹ کیلوگرم بر مگاژول حاصل گردید.

واژه‌های کلیدی: آب مصرفی، جریان انرژی، ستانده و نهاده انرژی، گندم آبی

مقدمه

کشاورزی به عنوان یک فرآیند تبدیلی، انرژی نور خورشید، سوخت‌های فسیلی، الکتریسیته و انرژی‌های دیگر را به غذا و الیاف مورد نیاز انسان تبدیل می‌کند. طی این فرآیند بهره‌برداری انسان از منابع طبیعی، همواره بدون رعایت جنبه‌های حفاظتی و بی‌رویه بوده و تنها براساس تامین منافع کوتاه مدت انجام گرفته‌است. از دید کارکاسیر و گوکتولگا (Karkacier and Goktolga, 2005) به طور کلی دو روش قابل قبول، جهت ارزیابی انرژی مصرفی تولیدات کشاورزی وجود دارد، اول آنالیز ستانده- نهاده در استفاده از انرژی و دوم محاسبه انرژی و آنالیز اقتصادی. در سال ۱۹۷۰، پس از افزایش قیمت محصولات نفتی، آنالیز انرژی به عنوان مبحثی مهم در علوم کشاورزی مطرح شد. برای محاسبه صحیح میزان انرژی شاخص‌هایی تعریف گردیده است. برخی از این شاخص‌ها

عبارتند از نسبت انرژی [1](ER) ، افزوده خالص انرژی[2](NEG) و بهره‌وری انرژی [3](EP). نسبت انرژی عبارتست از نسبت انرژی خروجی (تولیدی) سیستم به انرژی ورودی (نهاده‌ها). افزوده خالص انرژی عبارتست از تفاوت انرژی خالص خروجی و انرژی کل مورد نیاز سیستم (انرژی ورودی) و بهره‌وری انرژی مقدار محصول بدست‌آمده به ازای هر واحد انرژی ورودی می‌باشد (طیب طاهر و همکاران، ۱۳۸۷). چنان‌چه مقدار انرژی مصرف شده، به ارزش افزوده تقسیم شود، حاصل شدت انرژی[4](EI) نامیده می‌شود. محمدیان صبور (۱۳۸۶) نسبت انرژی محصول کلزا را، ۱/۰۳ بدست آورده‌است. ۵۷ درصد از کل انرژی نهاده صرف آبیاری شده - است. پیمان و همکاران (۱۳۸۴) بهره‌وری انرژی در هر هکتار از مزارع برنج استان گیلان برای هر یک از دو روش سنتی و نیمه-مکانیزه را به ترتیب ۲/۰۹ و ۲/۲۱ کیلوگرم بر مگاژول به دست آوردند. شریفی عاشورآبادی و همکاران (۱۳۸۱) با مقایسه کارایی انرژی مصرفی در روش‌های مختلف حاصلخیزی (شیمیایی، تلفیقی و ارگانیک) خاک مشاهده نمودند که در روش تغذیه شیمیایی با افزایش کودهای شیمیایی، عملکرد کمی گیاه دارویی رازیانه افزایش یافت اما از کارایی انرژی کاسته شد، در صورتی‌که در روش تغذیه تلفیقی با استفاده از کود دامی و حذف تدریجی کودهای شیمیایی، عملکرد کمی و کارایی انرژی در تولید افزایش یافت.

حسن‌زاده و مظاهری (۱۳۷۵) کارایی انرژی برای گندم و برنج در منطقه فلاورجان را ۲/۷ و ۱/۳ به دست آورده‌اند. آلام و همکاران (Alam *et al.*, 2005) نشان دادند اگرچه در بنگلادش طی ۲۰ سال مصرف نهاده‌های انرژی مکانیکی، شیمیایی و بذر به ترتیب ۲/۱۱، ۳/۶۵ و ۱/۷۱ برابر افزایش یافته‌اند، انرژی ستانده تنها به میزان ۱/۷ برابر رشد پیدا کرده‌است. نتایج تحقیقات هاتیرلی و همکاران (Hatirli *et al.*, 2005)، در کشور ترکیه نشان داد که نسبت انرژی ستانده به نهاده از ۱/۳۸ در سال ۱۹۷۵ به ۰/۸۵ در سال ۲۰۰۰ کاهش یافته است. سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 1998) نتیجه گرفتند که مزارع کوچک و حاشیه‌ای نیاز به انرژی پیش از برداشت بیشتری به صورت کود شیمیایی، آبیاری و انرژی انسان و دام دارند. در حالی که در مزارع متوسط و بزرگ، به سطح بهینه انرژی پیش از برداشت در تولید گندم در اکوسیستم‌های پنجاب نائل شدند. براساس نتایج تحقیق کولیوند و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی انرژی مصرفی زراعت گندم و جو، انرژی معادل آبیاری و انرژی معادل بذر، سم و کود بیشترین مصرف انرژی را داشتند. بر این اساس در کشت گندم آبی، کارآیی انرژی ۱/۷۶، بهره خالص انرژی ۳۶۴۵۰/۹ مگاژول، بهره وری انرژی ۰/۱۳ کیلوگرم بر مگاژول و شدت انرژی ۷/۶۸ مگاژول بر کیلوگرم بود. در حالی که در کشت جو، کارآیی انرژی ۱/۷۵، بهره خالص انرژی ۳۵۴۲۳/۹ مگاژول، بهره‌وری انرژی ۰/۱۲۹ کیلوگرم بر مگاژول و شدت انرژی ۷/۷۴ مگاژول بر کیلوگرم بود. در تحقیق عطار (۱۳۹۰) انرژی مصرفی و تولیدی گندم آبی شهرستان رامهرمز به وسیله نمونه‌گیری کاملاً تصادفی و مصاحبه با کشاورزان محاسبه و به وسیله آن شاخص‌های افزوده خالص انرژی، کارایی انرژی (نسبت انرژی) و بهره دهی انرژی تعیین گردیدند. نتایج بررسی‌ها

---

[1]- Energy Ratio

[2]- Net Energy Gain

[3]- Energy Productivity

[4]. Energy Intensity

نشان داد کل انرژی مورد نیاز برای تولید هر هکتار گندم در منطقه مذکور معادل ۴۲۴ مگاژول و شاخص کارایی انرژی برای این محصول معادل ۱/۵۶ برآورد شد. افزوده خالص انرژی در محصول گندم ۲۳۸۱۹ مگاژول در هکتار بدست آمد. بررسی سهم نهاده‌ها از کل انرژی ورودی مشخص نمود که در محصول گندم بیشترین میزان انرژی مصرفی پس از الکتریسیته مربوط به کود شیمیایی می‌باشد. در پژوهشی که بر روی مصرف انرژی در گندم آبی گرگان صورت گرفت، متوسط نسبت انرژی ۶/۳ ، متوسط انرژی ویژه (شدت انرژی) ۴ گیگاژول بر تن و متوسط بهره‌وری انرژی ۰/۳ تن بر گیگاژول به دست آمد (رجبی و همکاران، ۱۳۹۱).

با توجه به آن‌چه گفته شد، بررسی جریان انرژی در محصولات مختلف کشاورزی، می‌تواند مراحلی که بیشترین و کمترین انرژی نهاده را به مصرف می‌رسانند مشخص نماید و آنگاه با بررسی روش‌های کاهش مصرف انرژی در مراحل پرمصرف، راه‌های رسیدن به بهره‌وری انرژی بالاتر مشخص گردد. در مطالعه حاضر، با ارزیابی نتایج بدست آمده از مطالعات انرژی گندم در دشت مهیار شهرستان شهرضا، راه‌کارهایی به منظور بهبود وضعیت به کارگیری منابع انرژی و توان در منطقه، ارائه گردید.

مواد و روش‌ها

شهرستان شهرضا در ۸۰ کیلومتری جنوب شهر اصفهان قرار دارد. دشت مهیار (منطقه مورد مطالعه) از دهستان‌های شهرستان شهرضا است که ۱۱۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. جامعه آماری مورد مطالعه کشاورزان گندم کار دشت مهیار می‌باشند، که از بین آنان یک نمونه ۷۰ نفری به طور تصادفی انتخاب گردید. مصاحبه با کشاورزان و تکمیل پرسش‌نامه‌ها در محل مزارع و در مواردی نیز در محل شرکت تعاونی خدمات کشاورزی مهیار میسر گردید. در پرسش‌نامه مواردی از قبیل میزان مالکیت اراضی، نوع عملیات زراعی در مراحل آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت، نوع تراکتور، نوع و اندازه ادوات به‌کار رفته، مدت زمان انجام عملیات و میزان استفاده از نهاده‌ها از قبیل آب بذر، کود، سم و نیروی کارگری و نوع هر یک از نهاده‌های مصرفی و موارد دیگر ثبت گردید و سپس مقادیر معادل انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها به روش زیر به دست آمد:

– انرژی معادل آبیاری: این انرژی شامل سوخت و الکتریسیته لازم جهت پمپاژ آب و آبیاری محصول بوده و از رابطه (۱) به دست می‌آید (عجب شیرچی، ۱۳۸۵):

$$E = \rho g h Q / \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \qquad (۱)$$

در این رابطه E انرژی مورد نیاز پمپاژ بر حسب ژول بر هکتار، ρ چگالی آب (کیلو گرم بر متر مکعب)، g ثابت گرانش زمین (متر بر مجذور ثانیه)، H ارتفاع کل که شامل افت‌های ناشی از اصطکاک بر حسب متر نیز می‌باشد؛ Q حجم آب مصرفی بر حسب متر مکعب در هکتار است. ε_1 بازده پمپ است که تابع ارتفاع عمودی بالابر، سرعت و مقدار جریان آب بوده و معمولاً از۷ /۰ تا ۰/۹ در نظر گرفته می‌شود. ε_2 بازده کل تبدیل انرژی و توان می‌باشد که برای الکتروموتور ۰/۲۲ – ۰/۱۸ و برای موتور دیزل ۰/۳ – ۰/۲۵ در نظر گرفته می‌شود.

– انرژی معادل ساخت و استهلاک ماشین‌ها: سینگ (Singh, 2002)، به منظور محاسبهٔ انرژی ساخت و استهلاک ماشین‌آلات، رابطه (۲) را پیشنهاد نموده است:

$$E(MJ/ha) = \frac{m(kg).h(hr).e(MJ/kg)}{y(hr)} \quad (۲)$$

در این رابطه E انرژی معادل ساخت و استهلاک ماشین در هکتار، m جرم ماشین، h ساعات کارکرد ماشین در مزرعه، e انرژی معادل ساخت هر کیلوگرم از ماشین که از مطالعات هتز و همکاران (Hets *et al.*, 1992) و مندل وهمکاران (Mandal *et al.*, 2002) استخراج شد. y عمر تخمینی ماشین به ساعت که در استاندارد ASAE (۲۰۰۵) آمده است.

– انرژی معادل سوخت مصرفی ماشین‌ها: برای تعیین مقدار سوخت مصرف‌شده، ابتدا باید مقدار نیروی لازم جهت حرکت ماشین در مزرعه مشخص شود (جدول ۱). سپس توان مالبندی هر ماشین را با به کار بردن رابطه (۳) که توسط کپنر و همکاران (Kepner *et al.*, 1982) ارائه شده است، می‌توان محاسبه نمود.

$$P(KW) = \frac{F(KN).V(km/hr)}{3.6} \quad (۳)$$

در این رابطه، P توان مالبندی، F نیروی مالبندی و V سرعت پیشروی ماشین در مزرعه است. برای جبران تلفات توان در کشش و انتقال، توان مالبندی به دست آمده به ضریب کشش و انتقال (T&T) تقسیم می‌گردد تا توان مصرفی محور توان‌دهی به دست آید (P_P). مقدار ضریب (T&T) برای خاک‌های مختلف و شرایط کاری متفاوت در استاندارد ASAE (۲۰۰۵) موجود است (جدول ۲). سپس با کاربرد رابطه (۴) می‌توان مقدار بار وارده به موتور را به دست آورد (Kepner *et al.*, 1982).

(۴) بیشینه توان محور توان‌دهی / توان مصرفی محور توان‌دهی = بار موتور

بیشینه توان محور تواندهی، ۰/۸۷ توان ترمزی موتور تراکتور در نظر گرفته می‌شود (بهروزی لار، ۱۳۸۰). همچنین ارزش کارایی سوخت (q_f) برای بارهای مختلف در جدول (۳) آمده است. رابطه (۵) میزان سوخت مصرفی در ساعت برای هر عملیات را نشان می‌دهد.

$$P_P\ (KW)/q_f\ (KWh/lit)\ L\ (lit/hr) = \quad (۵)$$

در مورد بارهایی که در جدول ذکر نشده، از روش میان‌یابی، ارزش کارآیی سوخت محاسبه می‌شود. به دلیل نبود مبانی تئوریک جهت محاسبه توان مورد نیاز ماله‌کشی، سوخت مصرفی این عملیات با یک نوع تراکتور، برابر با میزان سوخت مصرفی مربوط به عملیات دیسک‌زنی با همان تراکتور در نظر گرفته شد.

جدول ۱- نیروی کششی مورد نیاز برخی ادوات (کپنر و همکاران، ۱۹۸۲)

ماشین	نیروی مورد نیاز
گاوآهن برگرداندار	(نیوتن بر سانتی‌متر مربع)۶/۲–۳/۴
دیسک دوزانویی (سبک)	(کیلونیوتن بر متر)۲/۹–۱/۵
دیسک افست (سنگین)	(کیلونیوتن بر متر) ۵/۸–۳/۵

جدول ۲- ضریب درگیری و انتقال (T&T) در خاک‌های مختلف و بارهای متفاوت مالبندی ستاندارد (ASAE, 2005)

نوع بستر	بار سبک	بار متوسط	بار سنگین
بتن	۰/۷۵	۰/۸۵	۰/۹
شخم نخورده	۰/۶	۰/۷۵	۰/۸
شخم خورده سفت	۰/۴	۰/۶	۰/۶۵
تازه شخم خورده	۰/۲۵	۰/۴	۰/۴۵

جدول ۳- ارزش کارآیی سوخت (کیلووات ساعت بر لیتر) تراکتور در حالت تمام گاز (هانت، ۲۰۰۱)

درصد بار روی موتور	موتور دیزل معمولی
۱۰۰	۲/۹
۸۰	۲/۸۴
۶۰	۲/۶
۴۰	۲/۱۳
۲۰	۱/۳۸

جهت محاسبه سوخت مصرفی عملیات مرزکشی، نیروی کششی مورد نیاز این وسیله برابر با نیروی مورد نیاز گاوآهنی به عرض کار ۵۰ و عمق کار ۳۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد. همچنین برای عملیات کودپاشی و سم‌پاشی، بار موتور حدود ۲۰ درصد در نظر گرفته می‌شود (میسمی، ۱۳۸۴). سوخت مصرفی عملیات بذرکاری با کمبینات برابر با سوخت مصرفی استاندارد تراکتور مورد استفاده در حالت تمام بار و سوخت مصرفی کمباین جاندیر بر اساس اظهارات رانندگان کمباین و کارشناسان جهاد کشاورزی ۱۶ لیتر بر ساعت در نظر گرفته شد. مقدار انرژی هر لیتر سوخت دیزل ۴۷/۸ مگاژول بر لیتر در نظر گرفته می‌شود (Hets *et al.*, 1992).

– انرژی معادل توان انسان: انرژی معادل هر ساعت کار یک نفر ۱/۹۶ مگاژول در نظر گرفته می‌شود (Mandal *et al.*, 2002).

– انرژی معادل بذر، سم و کود شیمیایی: مقادیر انرژی معادل بذر، سم و کود شیمیایی با توجه به مقدار مصرف آنها و با استفاده از ضرایب معادل انرژی تولید و ساخت هر کیلوگرم از این نهاده‌ها که در منابع مختلف موجود است ; Yaldiz *et al.*, 1993) Kaltscmitt *et al.*, 1996) محاسبه گردید.

– محاسبه انرژی ستانده: انرژی معادل هر کیلوگرم گندم حدوداً ۱۴/۷ و برای کاه ۱۲/۵ مگاژول است (Mandal *et al.*, 2002، Singh, 2002، میسمی، ۱۳۸۷). ارقام گندم کشت شده در دشت مهیار اغلب از ارقام متوسط (از نظر ارتفاع بوته) می‌باشد. نسبت کاه به دانه از عملکرد بیولوژیک این ارقام حدوداً ۶۰ به ۴۰ است.

نتایج و بحث

– سهم انرژی‌های مختلف ورودی در کشت گندم: آنچنان‌که در جدول ۴ آمده است، انرژی آبیاری، بیش از ۷۷ درصد از انرژی مصرفی در تولید گندم در دشت مهیار را به خود اختصاص می‌دهد که این به خاطر عمیق بودن چاه‌های منطقه در اثر افت سطح آب زیر زمینی است. در تحقیقات مشابه نیز انرژی معادل آبیاری، بیشترین سهم از انرژی مصرفی را به خود اختصاص داد (کولیوند و همکاران، ۱۳۹۴ ؛ عطار، ۱۳۹۰). بیشترین مصرف انرژی در بین گروه نهاده‌های بذر، سم و کود شیمیایی، مربوط به ازت خالص و بذر است. بیشترین سهم از انرژی سوخت مصرفی ماشین‌آلات مربوط به سه عملیات شخم، دیسک‌زنی و برداشت است. میانگین میزان مصرف بذر با کاربرد دو نوع بذر و دو روش کاشتِ متداول در منطقه در جدول ۵ آمده است. براساس نتایج این جدول مقدار بذر اصلاح شده مصرفی در روش پاششی تفاوت چندانی با کاربرد محصول سال قبل (بذر معمولی) ندارد، ولی در روش بذرکاری توسط کمبینات مصرف این نوع بذر ۱۷ درصد کاهش داشته است.

– برآورد شاخص‌های انرژی: با توجه به مقادیر محاسبه شده انرژی نهاده و ستانده، شاخص‌های انرژی در کشت گندم در جدول ۶ درج گردیده است. بهره‌وری انرژی که واحد آن به صورت کیلوگرم بر مگاژول بیان می‌شود، بیشتر برای مقایسه دو محصول یکسان در سیستم‌های مختلف کشاورزی، استفاده می‌گردد. ولدیانی و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیقی، نسبت انرژی ستانده به نهاده گندم دیم را، ۰/ ۷۸۸ برآورد نموده‌اند. میسمی و همکاران (۱۳۸۷) نسبت انرژی ستانده به نهاده برای گندم در بناب را بدون در نظر گرفتن انرژی آبیاری ۲/۹ به دست آورده‌اند. در تحقیق حاضر این نسبت ۰/ ۷۱۷ برآورد شده که بدون در نظر گرفتن انرژی آبیاری ۳/۱۳ و بیشتر از تحقیقات فوق خواهد بود که به خاطر عملکرد نسبتاً زیاد گندم در دشت مهیار است. حسن‌زاده و مظاهری (۱۳۷۵) نسبت انرژی نهاده به ستانده را در منطقه فلاورجان اصفهان، ۲/۷ به دست آورده‌اند. این اختلاف به این خاطر است که در فلاورجان، آب زاینده‌رود در اختیار کشاورزان بوده و عمق چاه‌های منطقه نیز بسیار کمتر از چاه‌های مهیار است.

جدول ٤- سهم نهاده‌های انرژی در کشت گندم

نهاده	انرژی معادل (مگاژول بر هکتار)	درصد از کل
آبیاری	۹۶۸۸۵/۵۵	۷۷/۱
سوخت مصرفی	۹۹۸۳	۷/۹
ساخت و استهلاک ماشین‌ها	۱۳۳۲/۹۳	۱/۰۶
انسان	۳۸۷	۰/۳۱
بذر، کود وسموم شیمیایی	۱۶۴۴۲/۵	۱۳/۱
حمل و نقل	۶۴۳/۷۷	۰/۵۱
مجموع	۱۲۵۶۷۴/۸	۱۰۰

جدول ٥- میانگین مصرف بذر در دو نوع روش کاشت و دو نوع بذر

میانگین مصرف بذر (کیلوگرم)			
بر اساس نوع ماشین		بر اساس نوع بذر	
بذرپاش سانتریفوژ	کمبینات بذرکار	بذر معمولی	بذر اصلاح شده
۲۹۸/۲	۲۴۷/۳	۳۰۲/۷	۲۷۷/۸

جدول ٦- شاخص‌های انرژی در کشت گندم در دشت مهیار

شاخص	واحد	مقدار
بهره‌وری انرژی (EP) (برای دانه)	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۰۴۸
خالص افزوده انرژی (NEG) (برای دانه)	گیگاژول	– ۳۵/۵۷
خالص افزوده انرژی (برای دانه و کاه)	گیگاژول	۷۹/۳۴
شدت انرژی (EI) (برای دانه)	مگاژول بر کیلوگرم	۲۰/۸۴
نسبت انرژی ستانده به نهاده (ER) (دانه)	بی‌بعد	۰/۷۱۷
نسبت انرژی ستانده به نهاده (دانه و کاه)	بی‌بعد	۱/۶۳

نتیجه‌گیری کلی

برآورد انرژی معادل نهاده‌های کشاورزی در تولید گندم دشت مهیار نشان داد که انرژی آبیاری، بیش از ۷۷ درصد از انرژی مصرفی در تولید گندم در دشت مهیار را به خود اختصاص می‌دهد که این به خاطر عمیق بودن چاه‌های منطقه در اثر افت سطح آب زیر زمینی است. در مجموع اختلاف نتایج این پژوهش با پژوهش‌های انجام شده در دیگر مناطق نیز بیشتر به انرژی پمپاژ آب برمی-گردد. افزایش عمق چاه‌های آب نه تنها باعث هدر رفتن مقادیر زیادی از انرژی الکتریکی می‌گردد، بلکه اثرات زیست محیطی فراوانی در اثر پائین رفتن سطح سفره‌های آب زیرزمینی ایجاد می‌کند.

فهرست منابع

بهروزی لار، م. ۱۳۸۰. مدیریت تراکتور و ماشین‌های کشاورزی (ترجمه). چاپ سوم. مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران.

پیمان، م. ح.، روحی، ر. و علیزاده، م. ۱۳۸۴. تعیین انرژی مصرفی در دو روش سنتی و نیمه مکانیزه برای تولید برنج (بررسی موردی استان گیلان). مجله تحقیقات کشاورزی. ۶ (۲۲): ۸۰-۶۷.

حسن‌زاده قورت تپه، ع. و مظاهری، د. ۱۳۷۵. ارزیابی بیلان انرژی در سه مزرعه گندم، سیب‌زمینی و برنج در فلاورجان اصفهان. چکیده مقالات چهارمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان: ۳۱۰-۳۰۹.

رجبی، م. ح.، سلطانی، ا.، زینلی، ا. و سلطانی، ا. ۱۳۹۱. ارزیابی مصرف انرژی در تولید گندم در گرگان. مجله پژوهش های تولید گیاهی، جلد نوزدهم، شماره سوم.

شریفی عاشورآبادی، ا.، نورمحمدی، ق.، متین، ا.، قلاوند، ا. و کرباسچی، م. ۱۳۸۱. مقایسه کارایی انرژی مصرفی در روش‌های مختلف حاصلخیزی (شیمیایی، تلفیقی و ارگانیک) خاک. مجله پژوهش و سازندگی۱۵(۴-۳ (پی آیند ۵۷-۵۶)): ۹۱-۹۷.

طیب و طاهر، م.، الماسی، م. و افضلی، س. م. ج. ۱۳۸۷. بررسی چگونگی سیر مصرف انرژی در تولید نیشکر و ارائه راهکارهای مناسب جهت افزایش بهره وری در یک واحد کشت و صنعت شمال خوزستان. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه فردوسی مشهد.

عجب‌شیرچی، ی. ۱۳۸۵. مدیریت مصرف انرژی در کشاورزی. درسنامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

عطار، س. ۱۳۹۰. بررسی انرژی مصرفی در تولید محصول گندم آبی در شرق خوزستان. اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار.

کولیوند، م.، رنجبر، ا. و رشیدی، م. ۱۳۹۴. تعیین شاخص های انرژی در کشت گندم و جو آبی در شهرستان ملایر. همایش بین‌المللی پژوهش های کاربردی در کشاورزی.

محمدیان صبور، پ. ۱۳۸۶. بررسی امکان بهینه کردن نهاده‌های مکانیزاسیون با استفاده از شاخص‌های انرژی درکشاورزی شهرستان مشهد. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

میسمی، م. ۱۳۸۴. بررسی وضعیت موجود ارائه راه‌کارهای مناسب برای مکانیزاسیون کشاورزی شهرستان بناب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

میسمی، م.، رنجبر، ا. و عجب‌شیرچی، ی. ۱۳۸۷. الگوی مصرف انرژی در تولید برخی محصولات کشاورزی و برآورد شاخص‌های انرژی: مطالعه موردی در سطح شهرستان بناب. مجموعه مقالات پنجمین کنگره مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه فردوسی مشهد.

ولدیانی، ع.، حسن‌زاده قورت تپه، ع. و ولدیانی، ر. ۱۳۸۴. ارزیابی بیلان انرژی در مزارع تکثیر بذر ارقام دیم گندم (*Triticum aestivum L.*) آذربایجان شرقی و تاثیر آن بر محیط زیست. مجله دانش کشاورزی. ۱۵(۲): ۱۲-۱.

Anonymous. 2005. ASAE standards. American Society of Agricultural Engineering.

Alam, M. S., M. R. Alam, and K. K. Islam. 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. American journal of environmental science. 1(3): 213-220.

Hatirli, S. A., B. Ozkan, and C. Fert. 2005. An economic analysis of energy input-output in Turkish agriculture. Renewable and Sustainable Energy Reviews 9(5): 608-623.

Hets, H., E. Riquelme, and S. Canto., 1992. Energy requirements for the production of oats in rotation with wheat under three tillage systems and four nitrogen levels in the Andean foothills of Nuble. Agro giencia. Vol. 8 (1):33-39.

Hunt D, 2001. Farm power and machinery management. 10th Edition. Iowa State University Press.

Kaltscmitt, M., G. A. Reinhardt, and T. Stelzer. 1996. LCA of biofuels under different environmental aspects. In: Biomass for energy and the environment, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference (Chatier P, Ferrero GL, Henius UM, Hultberg S, Sachau J & Wiinblad M eds.). Elsevier Science Ltd: Oxford. 369-386.

Karkacier, O., and G. Goktolga. 2005. Input- Output Analysis of Energy Use in Agriculture. Energy Conversion and Management. 46: 1523-1521.

Kepner, R. A., R. Bainer, and E. L. Barger. 1982. Principles of farm machinery. Third Edition. AVI Publishing Company, Inc.

Mandal, K. G., K. P. Saha, P. L. Gosh, K. M. Hati, and K. K. Bandyopadhyay. 2002. Bioenergy and economic analyses of soybean-based crop production systems in central India. Biomass Bioenergy. 23: 337–345.

Singh, G. 2006. Estimation of a Mechanization Index and Its Impact on Production and Economic Factors, A Case Study in India. Biosystems Engineering, 93(1): 99-106.

Singh, J. M. 2002. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Thesis for Master of Science in Sustainable Energy Systems and Management, University of Flensburg, Germany.

Singh, S., S. Singh, C. J. S. Pannu, and J. P. Mitta. 1998. Pre-harvest energy use and crop yield relationships for growing wheat in Punjab. Energy Convers. Vol. 39(13): 1377-1382.

Yaldiz, O., H. H. Ozturk, Y. Zeren, and A. Bascetincelik. 1993. Energy usage in production of field crops in Turkey. 5th Int. Cong. on Mechanization and Energy Use in Agriculture, 11-14-Oct. Kusadasi, Turkey.