

بررسی و تعیین میزان نسبت انرژی برای تولید سیبزمینی در سطوح مختلف کشت در غرب اصفهان (مطالعه موردی: فریدن و فریدون شهر)

*محمد قهدریجانی^۱، علیرضا کیهانی^۲، سیداحمد طباطبایی فر^۳ و محمود امید^۲

^۱مربی گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران، دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران
^۲دانشگاه تهران، ^۳استاد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران
تاریخ دریافت: ۸۶/۱۱/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۱/۱۴

چکیده

در این پژوهش به بررسی و تعیین میزان مصرف انرژی برای کشت سیبزمینی در سطوح مختلف کشت (زیر ۱ هکتار، بین ۱ تا ۵ هکتار و بالای ۵ هکتار) منطقه غرب اصفهان (فریدن و فریدون شهر) پرداخته شده است. به این منظور بین سیب زمینی‌کاران منطقه تعدادی پرسش‌نامه توزیع گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بیشترین سهم مصرف انرژی در محصول سیبزمینی مربوط به انرژی شیمیایی با متوسط ۵۱ درصد (کود، به‌ویژه ازت) بوده و کمترین میزان سهم مصرف انرژی مربوط به انرژی بیولوژیک با متوسط ۲ درصد (کارگر) بوده است. همچنین مشخص شد که اثر سطوح مختلف کشت برای محصول سیبزمینی بر میزان کارایی (نسبت) انرژی در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد به طوری که با افزایش سطوح زیر کشت برای سیبزمینی از زیر ۱ هکتار به بالای ۵ هکتار میانگین کارایی (نسبت) انرژی از ۱/۳ تا ۲/۰۸ افزایش یافت. با توجه به نتایج به دست آمده مشخص گردید که اثر نظام‌های مختلف زراعی بر میزان نسبت انرژی در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. همچنین مالکیت تراکتور و نوع تراکتور بر میزان انرژی سوخت مصرفی در هکتار دارای اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بود. در پایان نیز توصیه‌هایی جهت بهینه کردن مصرف انرژی در منطقه داده شده است.

واژه‌های کلیدی: نسبت انرژی، سیبزمینی، کود، نظام زراعی، فریدن و فریدون شهر

مقدمه

عنوان یک نهاده داشته است به طوری 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. (کوچکی و حسینی، ۱۹۹۴). پژوهش‌ها نشان داده که با رشد مکانیزاسیون و استفاده از مواد شیمیایی در کشاورزی، کارایی (نسبت)

کشاورزی یک فرآیند تبدیل انرژی است. در این فرآیند انرژی نوری خورشید، فرآورده‌های سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته، به غذا و الیاف مورد نیاز انسان تبدیل می‌گردد. تأمین غذا و نیازهای جمعیت روزافزون جامعه بشری نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتری در زمینه انرژی به

عملکرد سیب‌زمینی در شرایط شمال خوزستان افزایش می‌یابد اما بین مصرف ۱۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار تفاوت معنی‌داری در عملکردها مشاهده نشده است (گندمکار و پاکنژاد، ۲۰۰۴). برای کشت سیب‌زمینی در استان خراسان ۲۷ درصد از سهم کل مصرف انرژی مربوط به کود شیمیایی بوده است (کوچکی و حسینی، ۱۹۹۴).

سینگ و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی نشان دادند که استفاده از ارقام پرمحصول، سیستم‌های کشت فشرده، افزایش مصرف کودها و سموم شیمیایی و سطح بالای مکانیزاسیون کشاورزی، سبب افزایش مصرف انرژی در کشاورزی مدرن شده است. مقصودی میزان مناسب کود ازت را برای کشت سیب‌زمینی در منطقه فریدون‌شهر حداکثر ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار مشخص کرده است (مقصودی، ۲۰۰۵).

ازکان و همکاران (۲۰۰۴) نیز اعلام کردند که میزان انرژی ورودی در کشت ۳۶ محصول عمده ترکیه، به‌ازای هر هکتار از ۱۷/۴ به ۴۷/۴ گیگاژول در هکتار افزایش یافته است. در حالی‌که میزان خروجی انرژی طی همین مدت با رشدی کمتر، از ۳۸/۸ به ۵۵/۸ گیگاژول در هکتار رسیده است. به‌این ترتیب طی ۲۵ سال کارایی انرژی در ترکیه از ۲/۲۳ به ۱/۱۸ کاهش یافته است.

در بین انرژی کارگری که با متوسط ۲ درصد از کل مصرف انرژی در ردیف بعدی قرار دارد تنها سطوح زیر ۱ هکتار با ۲/۲ گیگاژول در هکتار انرژی چشمگیری را به‌خود اختصاص می‌دهد. این نتیجه ۲ برابر مقدار گزارش شده برای کشت گندم برای منطقه فریدن می‌باشد (قهدریجانی، ۲۰۰۷).

اوهلین (۱۹۹۸) نیز وضعیت روند کاهش بهره‌وری انرژی در کشاورزی سوئد را نگران‌کننده توصیف می‌کند. البته در تمامی زیربخش‌های کشاورزی، میزان بهره‌وری انرژی خورشیدی افزایش یافته که به افزایش عملکرد مربوط می‌شود. از بین منابع انرژی حمایتی، کودهای شیمیایی در راستای افزایش بهره‌وری انرژی خورشیدی بزرگ‌ترین نقش را ایفا کرده‌اند.

انرژی به‌تدریج کاهش می‌یابد (دارلینگتون، ۱۹۹۷). در گذر زمان نیز کارایی انرژی مصرفی در سیستم‌های کشاورزی کاهش یافته و کشاورزی اولیه ضمن داشتن پایداری بیشتر نسبت به کشاورزی فشرده و مدرن امروزی، کارایی به‌مراتب بهتری داشته است (بی‌متل و فلاک، ۱۹۹۹). این در حالی است که با توجه به افزایش روزافزون جمعیت، محدودیت در منابع آب و خاک، مکانیزاسیون به‌معنای خاص و عام آن و با هدف افزایش تولید در واحد سطح یک ضرورت به‌شمار می‌رود و ما برای انجام کارهای کشاورزی و مکانیزه کردن آنها مقادیر زیادی انرژی مصرف می‌کنیم و هزینه‌های قابل‌توجهی را برای تأمین قدرت موردنیاز در مکانیزاسیون می‌پردازیم. با این نگرش تجزیه و تحلیل بنیادی در مورد انرژی و منابع آن لازم به‌نظر می‌رسد. تجزیه و تحلیل انرژی مصرفی، انرژی تولیدی و تأثیر نهاده‌ها و شرایط مختلف بر روابط موجود طی فرآیند تولید برای کلیه محصولات کشاورزی امکان‌پذیر می‌باشد.

برای هر سیستم کشاورزی نسبت انرژی‌خروجی به انرژی‌ورودی متناسب با کارایی سیستم می‌باشد. در صورت لزوم سیستمی که کارایی انرژی بالاتری دارد، عملکرد بیشتری ندارد. بلکه موضوع سود و سرمایه است که ممکن است یک نرخ سود پایین برای یک سرمایه‌گذاری بزرگ، مقدار منفعت بیشتری از یک نرخ سود بالا و سرمایه‌گذاری اندک داشته باشد (دارلینگتون، ۱۹۹۷). پژوهش‌های متعددی در زمینه انرژی انجام گرفته است. رجبی و سپهری در پژوهشی به بررسی اثرات نیتروژن و تراکم بوته بر خصوصیات فیزیولوژیکی رشد سیب‌زمینی در شرایط استان همدان پرداخته و گزارش کردند که مناسب‌ترین مقدار ازت خالص مصرفی در کشت سیب زمینی ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد، همچنین مشاهده کردند که مصرف ۱۸۰ کیلوگرم ازت خالص باعث کاهش عملکرد، همچنین مصرف بیش از ۳۴۵ کیلوگرم ازت در هکتار باعث افزایش میزان نیترات به بیش از حد مجاز و در حد سمی می‌شود (رجبی و سپهری، ۲۰۰۴). گندمکار و پاکنژاد اعلام کردند با مصرف کود ازت تا ۱۵۰ کیلوگرم

سیب‌زمینی در منطقه و مقایسه با مناطق دیگر (داخل کشور و خارج از کشور).
۳- بررسی عواملی مانند: سطوح مختلف کشت (اندازه زمین)، مالکیت زمین و نوع نظام زراعی در کارایی انرژی و همچنین اثر مالکیت و نوع تراکتور در میزان مصرف انرژی سوخت در تولید سیب‌زمینی.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی است، چون نتایج آن برای برنامه‌ریزان، دست‌اندرکاران سیاست‌های توسعه کشاورزی کشور قابل استفاده می‌باشد. متغیرهای تحقیق شامل متغیرهای مستقل و وابسته است. متغیر وابسته این تحقیق عبارت است از کارایی (نسبت) انرژی. (نسبت انرژی خروجی یا ستانده به انرژی ورودی یا نهاده). برای دستیابی به اطلاعات مورد نیاز پرسش‌نامه‌های مقدماتی طراحی شد که برای پیش‌آزمون اولیه در مصاحبه با تعدادی کشاورزان در ۲ منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت.

متغیرهای مستقل پژوهش عبارتند از: سطوح مختلف زیر کشت (مساحت)، مالکیت زمین، مالکیت تراکتور و ادوات، نظام‌های مختلف زراعی. با توجه به آمار موجود در سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان و جهاد کشاورزی شهرستان‌های فریدن و فریدون‌شهر و همچنین تکمیل پرسش‌نامه ابتدایی در نهایت برای محصول سیب‌زمینی سه سطح در نظر گرفته شد. سطوح مختلف کشت برای سیب‌زمینی عبارت‌اند از: ۱- زیر ۱ هکتار، ۲- ۱ تا ۵ هکتار، ۳- بالای ۵ هکتار (جدول ۱).

مک‌لافین و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که کودهای دامی جانشین بسیار مناسبی برای کودهای شیمیایی می‌باشند. ضمن این‌که محتوای انرژی کودهای دامی می‌تواند جانشین بخش بزرگی از انرژی صرف شده برای تولید کودهای شیمیایی شود. به این ترتیب جهت تأمین کودهای ازته برای کشت ذرت، حدود ۳۱ تا ۳۴ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌شود.

کوچکی و حسینی (۱۹۹۴)، کارایی انرژی را برای تولید چند محصول کشاورزی در استان خراسان برآورد کردند. بر مبنای محاسبات آنها، کارایی انرژی تولید سیب‌زمینی در مشهد و نیشابور، به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۷ بوده است. ارجمند و حسن‌زاده‌قوتی (۲۰۰۴) در ارزیابی کشت سیب‌زمینی در استان آذربایجان شرقی کارایی انرژی را ۳/۳ برآورد کردند. حاج‌سیدهادی در تحقیقی که در سال ۲۰۰۶ در مناطق فیروزکوه، اردبیل، همدان و خراسان انجام داد نسبت انرژی را برای محصول سیب‌زمینی ۰/۹۸ برآورد کرد (حاج‌سیدهادی، ۲۰۰۶). صفا و طباطبایی‌فر (۲۰۰۲) انرژی لازم برای تولید گندم آبی و دیم را در منطقه ساوه به ترتیب ۱۰/۵ و ۱۰/۶ مگاژول بر کیلوگرم برآورد کردند که بیشترین منبع مصرفی انرژی سوخت تشخیص داده شد که برای اراضی آبی ۶۷ درصد و برای اراضی دیم ۵۲ درصد محاسبه شد.

در پژوهش حاضر چندین روش مختلف متداول تولید سیب‌زمینی در غرب اصفهان (فریدن و فریدون‌شهر) مورد بررسی قرار گرفته که در نهایت هدف از پژوهش، بررسی و تحلیل مسائل زیر می‌باشد:

- ۱- تعیین میزان سهم هر یک از نهاده‌های مصرفی از نظر مصرف انرژی در تولید محصول سیب‌زمینی.
- ۲- تعیین میزان مصرف انرژی برای تولید ۱ کیلوگرم

جدول ۱- تعداد پرسش‌نامه‌های توزیع شده بین کشاورزان منطقه در سطوح مختلف.

سطوح زیر کشت	فریدن	فریدون‌شهر	جمع
زیر ۱ هکتار	۶۰	۵۰	۱۱۰
بین ۱ تا ۵ هکتار	۷۰	۴۰	۱۱۰
بیش از ۵ هکتار	۷۰	۳۰	۱۰۰
جمع	۲۰۰	۱۲۰	۳۲۰

$$n = \frac{Nt^2 \cdot S^2}{Nd^2 + t^2 \cdot S^2} \quad (1)$$

$$d^2 = \frac{t^2 \cdot S^2}{n}$$

در معادله فوق:

n : حجم نمونه، N : حجم جامعه، S^2 : واریانس، d : دقت احتمالی مطلوب و $t \neq 2$ می‌باشد.

برای تعیین واریانس نمونه و همچنین دقت احتمالی مطلوب، تعداد ۳۰ نفر از کشاورزان منطقه که در سال زراعی مورد نظر اقدام به اخذ کشت سیب‌زمینی نموده بودند، به صورت تصادفی انتخاب و پیش‌آزمون شدند. جهت به‌دست آوردن واریانس، متغیر وابسته اول پژوهش، یعنی کارایی انرژی، مبنای کار قرار گرفت. واریانس متغیر مذکور برابر با $6/85$ بود. سپس میزان دقت احتمالی مطلوب $0/88$ محاسبه گردید که به منظور افزایش دقت و صحت نتایج به $0/55$ تعدیل شد. در نهایت با قرار دادن مقدار دقت احتمالی مطلوب، واریانس و حجم جامعه در فرمول کوکران، حجم نمونه ۳۱۱ نفر برآورد گردید که به منظور افزایش دقت و صحت نتایج، به ۳۲۰ نفر افزایش یافت. سپس این تعداد متناسب با جمعیت سیب‌زمینی کاران دو شهرستان توزیع گردید. ذکر این نکته لازم است که علاوه بر پرسش‌نامه جهت تکمیل اطلاعات از روش‌های مصاحبه و تحقیق میدانی نیز استفاده شده است. جهت محاسبه مصرف سوخت در هکتار به این صورت عمل شد که قبل از شروع عملیات (شخم، دیسک یا...) باک تراکتور پر و سرریز می‌شد و پس از انجام عملیات در ۱ هکتار، با استفاده از ظروف مدرج اقدام به سرریز کردن باک کرده و میزان سوخت مصرفی اندازه‌گیری می‌شد. برای محاسبه مقدار انرژی مصرفی در انجام عملیات مختلف یا محتوای انرژی موجود در نهاده‌ها، از هم‌ارزها و فرمول‌های استخراج شده از منابع مختلف استفاده شده است.

علاوه‌بر استفاده از هم‌ارزهای انرژی رایج شده در جدول ۲، برای محاسبه میزان انرژی مصرفی برای آبیاری از معادله ذیل استفاده شد (ارکولیا و همکاران، ۱۹۹۹):

مالکیت زمین به ۲ سطح؛ ۱- شخصی و ۲- اجاره‌ای تقسیم‌بندی شد. در مورد مالکیت ماشین و ادوات، سطوح به ۳ قسمت؛ ۱- شخصی، ۲- شراکتی (تعاونی) و ۳- خدمات خصوصی تقسیم‌بندی شد. کشاورزان منطقه به طور عمده علاوه بر کار کشاورزی به فعالیت‌هایی از قبیل دام‌پروری و باغبانی اشتغال دارند. نظام زراعی در منطقه به ۴ گروه؛ ۱- زراعت، ۲- زراعت و دام‌پروری، ۳- زراعت و باغبانی و ۴- زراعت، دام‌پروری و باغبانی تقسیم‌بندی شد.

جامعه آماری این تحقیق شامل سیب‌زمینی‌کاران شهرستان‌های فریدن و فریدون‌شهر می‌باشد. تعداد سیب‌کاران شهرستان فریدون‌شهر بالغ بر ۱۴۳۰ نفر بوده و همچنین تعداد سیب‌زمینی‌کاران شهرستان فریدن ۱۷۵۰ نفر بودند (بی‌نام، ۲۰۰۶). در این مطالعه از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده دو مرحله‌ای استفاده شده. نمونه‌گیری تصادفی در واقع آسان‌ترین روش نمونه‌گیری است و نتایج آن با رعایت اصول نمونه‌گیری قابل اعتماد و قابل تعمیم به کل جامعه است. دلیل دیگر جهت انتخاب این روش نمونه‌گیری هماهنگی و تطابق آن با روش اتخاذ شده توسط مرکز آمار ایران و سازمان مدیریت و برنامه ریزی در آمارگیری کشور است. در این روش نمونه‌گیری، احتمال انتخاب در هر مرحله برای کلیه واحدهای جامعه یکسان می‌باشد (منصورفر، ۱۹۹۷). بر این اساس در مرحله اول از بین ۵ دهستان فریدون‌شهر و ۹ دهستان فریدن در مجموع ۶ دهستان به صورت تصادفی انتخاب شد. در مرحله بعدی روستاهای موجود در هر دهستان فهرست گردید که شامل ۹۶ روستا بود. سپس از این تعداد روستا، ۲۵ روستا به طور تصادفی انتخاب و فهرست کشاورزان آن تهیه شد. سپس با استفاده از نمونه‌گیری تصادفی و با انتساب متناسب پرسش‌نامه‌ها بین آنها توزیع گردید. برای پیدا کردن حجم نمونه از معادله کوکران استفاده شده است. کوکران برای محاسبه تعداد نمونه لازم در روش نمونه‌گیری تصادفی معادله زیر را ارائه کرده است (منصورفر، ۱۹۹۷).

$$DE = \frac{\gamma HQ}{\epsilon_p \epsilon_q} \quad (2)$$

در معادله فوق:

DE: انرژی مستقیم (ژول بر هکتار)، γ : چگالی آب (۱۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب)، g: شتاب گرانش (متر بر مجذور ثانیه)، Q: میزان کل آب مورد نیاز جهت محصول در یک فصل زراعی (مترمکعب بر هکتار)، H: هد دینامیکی چاه (متر)، ϵ_p : بازدهی پمپ (تابع ارتفاع عمودی بالاتر، سرعت و جریان آب) معمولاً برابر $0.7-0.9$ ، ϵ_q : بازدهی کل تبدیل انرژی و توان (برای پمپ‌های برقی معمولاً برابر $0.18-0.2$ در نظر گرفته می‌شود).

انرژی غیرمستقیم شامل موادخام، ساخت و انتقال کلیه عواملی که در آبیاری دخالت دارند همانند دیگر اجزای تأسیسات زیرساختاری با توجه به طول عمر سیستم از آنجا که تعیین این مقدار مشکل است، معمولاً درصدی از انرژی مستقیم را برای سیستم تحت فشار (۰/۱۸) و برای آبیاری سطحی با بازیافت هرز آب ۰/۳۷ استفاده می‌کنند.

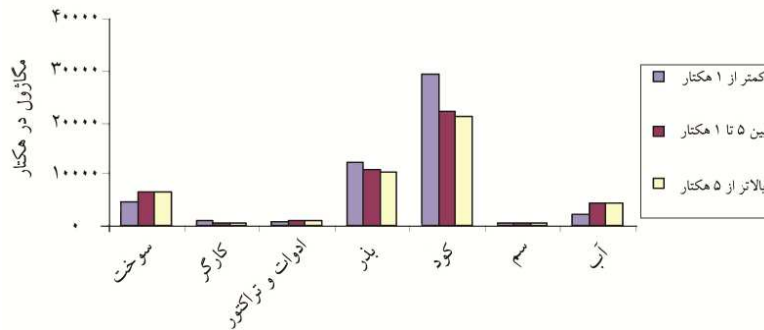
بعد از انجام مصاحبه با کشاورزان و تکمیل پرسش‌نامه‌ها، داده‌های خام استخراج شده از پرسش‌نامه به تفکیک کاربر و جهت تعیین اثر پارامترهای مورد نظر در این تحقیق که عبارت بودند از: اندازه زمین، مالکیت زمین، مالکیت تراکتور و ادوات و نوع نظام زراعی بر نسبت انرژی از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده گردید به‌طوری‌که پارامتر اندازه زمین ثابت در نظر گرفته شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت. در این راستا از نرم افزار Spss 13 استفاده و نمودارها به‌وسیله نرم افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

تحقیقات در مورد تعیین میزان مصرف انرژی برای سیب‌زمینی نشان داد که مصرف کود با متوسط ۵۱ درصد از کل مصرف انرژی بیشترین میزان سهم انرژی را به‌خود اختصاص داده است (شکل ۱).

جدول ۲- هم‌ارزهای انرژی برای نهاده‌های مورد استفاده در تولید سیب‌زمینی.

منابع	معادل انرژی (مگاژول بر واحد)	نهاده‌ها
(مرینی و همکاران، ۲۰۰۱؛ کندی، ۲۰۰۰؛ کیتانی، ۱۹۹۸)		کودهای شیمیایی (کیلوگرم)
	۷۸/۱	ازت
	۱۷/۴	فسفر
	۱۳/۷	پتاسیم
(کیتانی، ۱۹۹۸)		سوخت (لیتر)
	۴۷/۸	گازوئل
	۴۶/۳	بنزین
(کیتانی، ۱۹۹۸)		بذر (کیلوگرم)
(ازکان و همکاران، ۲۰۰۳؛ کیتانی، ۱۹۹۸)		سم (لیتر)
	۸۵	علف‌کش‌ها
	۱۱۵	قارچ‌کش‌ها
	۲۹۵	حشره‌کش‌ها
(کیتانی، ۱۹۹۸)		ماشین و ادوات (ساعت)
	۱۳۸	
(ازکان و همکاران، ۲۰۰۳؛ کندی، ۲۰۰۰؛ مندل و همکاران، ۲۰۰۲؛ کیتانی، ۱۹۹۸)		کارگر (ساعت)
	۰/۲۷-۱/۹۶	



شکل ۱- سهم هر یک از نهاده‌های مختلف در میزان مصرف انرژی در سطوح مختلف برای سیب‌زمینی.

انرژی با متوسط ۱۲ درصد از کل مصرف انرژی مربوط به سوخت بوده است (شکل ۱). چنان که از روی شکل ۱ نیز مشخص است مصرف سوخت در سطوح زیر ۱ هکتار، کمترین مقدار را در بین دیگر سطوح دارد. علت این امر ناشی از به‌کارگیری نیروی کارگری به‌جای ماشین در اغلب عملیات‌ها (به‌جز عملیات خاک‌ورزی) می‌باشد. کلیه عملیات‌های کاشت، داشت و برداشت با دست انجام می‌گیرد. انرژی آب بعد از انرژی سوخت با متوسط ۸ درصد از کل مصرف انرژی بیشترین سهم مصرف انرژی را در کشت سیب‌زمینی در منطقه به‌خود اختصاص داده است. در این خصوص، در سطوح زیر ۱ هکتار به‌علت استفاده از آب جوی‌ها (کانال‌ها) و چشمه به‌جز نیروی کارگری، انرژی خاصی برای آبرسانی لازم نیست. متوسط دفعات انجام آبیاری در منطقه ۸ تا ۱۰ بار می‌باشد. در بین انرژی کارگری که با متوسط ۲ درصد از کل مصرف انرژی در ردیف بعدی قرار دارد تنها سطوح زیر ۱ هکتار با ۲/۲ گیگاژول در هکتار انرژی چشم‌گیری را به خود اختصاص می‌دهد. این نتیجه دو برابر مقدار گزارش شده برای کشت گندم برای منطقه فریدن می‌باشد (قهدریجانی، ۲۰۰۷). که علت اختلاف دو مقدار مذکور را می‌توان در تفاوت تعداد نیروی انسانی مورد نیاز برای عملیات برداشت و پس از برداشت محصولات مورد بحث جستجو کرد. براساس یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر، ۳۸ درصد نیروی انسانی موردنیاز برای جمع‌آوری و برداشت محصول را زنان تشکیل می‌دهند. سهم انرژی مصرفی جهت استهلاک ادوات و تراکتور ۲ درصد از کل

همچنین با افزایش سطح زیر کشت مشاهده می‌شود که کود مصرفی کاهش یافته است. در این بین کودهای ازت نقش اصلی را در ازدیاد مصرف انرژی داشتند. در منطقه مورد مطالعه معمولاً از کود پتاس برای سیب‌زمینی بسیار کم استفاده می‌شود. چنان‌که عنوان شد سهم کودهای شیمیایی و حیوانی در فریدن و فریدون‌شهر بیش از نیمی از انرژی ورودی می‌باشد (۲۵/۶ گیگاژول در هکتار). این نسبت برای کشت سیب‌زمینی در استان خراسان ۲۷ درصد گزارش شده است (کوچکی و حسینی، ۱۹۹۴). به‌نظر می‌رسد که علت اختلاف نتیجه حاصل از این پژوهش با مقدار گزارش شده در کشت سیب‌زمینی در استان خراسان به‌علت نبود بررسی‌های لازم در زمینه مصرف انرژی در این منطقه و احتمالاً آگاهی ناکافی کشاورزان می‌باشد. متأسفانه در برخی از مزارع سیب‌زمینی فریدن و فریدون‌شهر اصفهان، بیش از ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و فسفات آمونیومی مصرف می‌شود. در صورتی که میزان مناسب کود ازت برای کشت سیب‌زمینی در منطقه حداکثر ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار است (مقصودی، ۲۰۰۵)، نیاز سیب‌زمینی به فسفر در مقایسه با ازت و پتاسیم بسیار کمتر است. میزان انرژی بذر با متوسط ۲۴ درصد بعد از کود بیشترین سهم انرژی مصرفی را به‌خود اختصاص داده است. چنان‌که از روی شکل ۱ نیز کاملاً مشخص است بذر کاشته شده در مزرعه با افزایش سطح زیر کشت، کاهش یافته است. در سطوح زیر یک هکتار (به‌خصوص در فریدون‌شهر) بذر به صورت دستی کشت می‌شود. بعد از بذر بیشترین مصرف

انرژی مصرفی را شامل می‌شود. همچنین مشخص شد که انرژی سم کمترین میزان انرژی مصرفی را در بین دیگر نهاده‌ها به خود اختصاص داده است.

در این پژوهش میزان کارایی (نسبت) مصرف انرژی در تولید سیب‌زمینی به دست آمده و اثر عوامل مختلفی همچون اندازه زمین، مالکیت زمین، مالکیت ادوات و ماشین‌ها و نوع نظام زراعی مورد بررسی قرار گرفت.

الف) اثر مساحت زمین و نظام زراعی بر کارایی (نسبت) انرژی برای محصول سیب‌زمینی: نسبت انرژی محاسبه شده در سطوح مختلف کشت سیب‌زمینی در شکل ۲ نشان داده شده است. چنان که مشخص می‌باشد با افزایش سطح زیر کشت، نسبت انرژی نیز افزایش یافته و همان‌طور که از جدول تجزیه واریانس ۳ مشخص است سطح زیر کشت در سطح ۱ درصد اثر معنی‌داری بر نسبت انرژی داشته است. براساس مقایسه میانگین‌های ارائه شده در شکل ۲ بیشترین میزان نسبت انرژی با متوسط ۲/۰۸ مربوط به سطوح بالای ۵ هکتار و کمترین آن با متوسط ۱/۳ مربوط به سطوح زیر ۱ هکتار می‌باشد. علت آن این است که عمده عملیات کشاورزی در سطوح بالا به صورت مکانیزه انجام می‌گیرد، و جهت کاشت، داشت و برداشت از ماشین‌های مختلف استفاده می‌گردد و استفاده از نهاده‌ها با مدیریت بهتری انجام می‌گیرد.

ارجمند و حسن‌زاده‌قزقی (۲۰۰۴) در ارزیابی کشت سیب‌زمینی در استان آذربایجان شرقی کارایی انرژی را ۳/۳ برآورد کردند. میزان انرژی ورودی برابر با ۶۵ گیگاژول در هکتار برآورد شد که بذرها و ماشین‌ها و سوخت بیشترین سهم را در انرژی ورودی داشتند. میزان انرژی خروجی

۲۱۵ گیگاژول (معادل بیش از ۶۰ تن محصول) گزارش شده است.

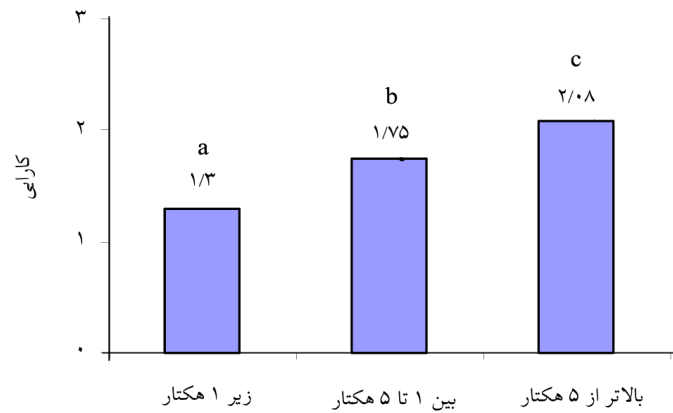
همچنین حاج‌سیدهادی در پژوهشی که در سال ۲۰۰۶ در مناطق فیروزکوه، اردبیل، همدان و خراسان انجام داد نسبت انرژی را برای محصول سیب‌زمینی ۰/۹۸ برآورد کرد (در این پژوهش میزان انرژی ورودی ۱۸۷۴۷۱۸۳/۲ کیلوکالری و انرژی خروجی ۱۸۵۱۰۷۸۹ کیلوکالری برآورد شد. چنان‌که از جدول ۳ مشخص است غیر از سطوح مختلف که مورد بررسی قرار گرفت، نوع نظام زراعی در سطح ۱ درصد اثر معنی‌داری بر کارایی انرژی دارد. با توجه به شکل ۳ مشاهده می‌شود که کمترین میزان نسبت انرژی مربوط به کشاورزانی است که علاوه بر کار زراعت به دامپروری و باغبانی نیز مشغول می‌باشند.

یکی از دلایلی که این نوع نظام زراعی (زراعت، دامپروری و باغبانی) را از کارایی پایینی برخوردار کرده، این است که عمده این کشاورزان از قطعات کوچک و خرده بهره می‌برند به گونه‌ای که مجموعه کشاورزی، دامپروری و باغ خود را در یک منطقه نزدیک به هم گرد آورده‌اند و در پاره‌ای موارد یکی را بر دیگری ترجیح می‌دهند (گاهی اوقات کشاورزان، کود مورد نیاز درختان باغ را صرف زراعت می‌کردند و یا در پاره‌ای از مواقع نوبت آبیاری زراعت خود را در باغبانی مصرف می‌کردند). نظام زراعی که تنها به کار کشاورزی مشغول بوده‌اند با متوسط کارایی ۲/۰۲ در یک گروه جدا طبقه‌بندی شده است. اثر متقابل سطوح مختلف و نظام زراعی تأثیر معنی‌داری بر کارایی انرژی نداشته است.

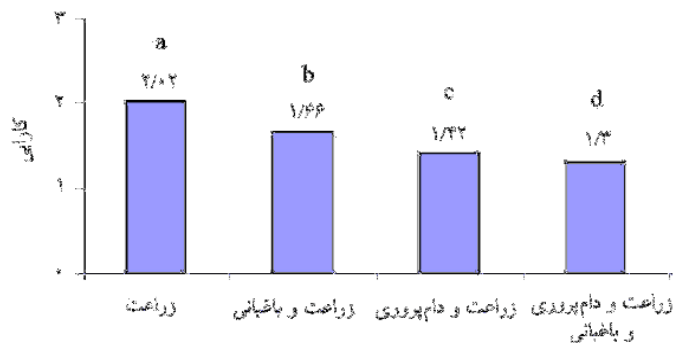
جدول ۳- تجزیه واریانس کارایی انرژی در سه سطح مساحت و چهار سطح نظام زراعی برای محصول سیب‌زمینی.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
اندازه زمین	۲	۱/۳۴	۰/۶۷۳	۲۷/۱۴**
نظام زراعی	۳	۰/۳۳۹	۰/۱۱۳	۴/۵۵**
اندازه زمین \ نظام زراعی	۵	۰/۱۸۸	۰/۰۳۸	۱/۵۱ ^{ns}
تکرار	۱۰۹	۲/۴۷	۰/۰۲۳	۰/۹۱۶
خطا	۲۰۰	۴/۹۶	۰/۰۲۵	
مجموع کل	۳۲۰	۹۷۰/۹۰		

ns: غیر معنی‌دار، * در سطح ۵ درصد معنی‌دار، ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار.



شکل ۲- نسبت انرژی در سطوح مختلف زیر کشت.



شکل ۳- نسبت انرژی در نظام‌های مختلف زراعی.

جدول ۴ نشان داده شده، اثر کارایی انرژی با مالکیت زمین در هیچ سطحی معنی‌دار نشده است. علت این امر، تعداد بسیار کم کشاورزانی است که زمین را اجاره کرده‌اند. این تعداد محدود نیز در سطوح مختلف زمین اقدام به کشت کرده‌اند.

ج) بررسی اثر مالکیت تراکتور و نوع تراکتور در انرژی سوخت برای کشت سیب‌زمینی (میزان سوخت مصرف شده در هکتار): جهت کشت سیب‌زمینی از عملیات خاک‌ورزی تا پس از برداشت (حمل و نقل) انرژی سوخت مصرف می‌شود. همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده شده است، اثر انرژی سوخت با مالکیت تراکتور و نوع تراکتور در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. اثر متقابل مالکیت و نوع تراکتور تأثیر معنی‌داری در انرژی سوخت نداشت.

ب) اثر مساحت زمین و مالکیت زمین بر کارایی (نسبت) انرژی برای محصول سیب‌زمینی: در منطقه مورد مطالعه، کشاورزان معمولاً زمین را جهت کشت گندم، کلزا یا یونجه اجاره می‌کنند زیرا قیمت این سه محصول به‌طور معمول همه ساله از سوی وزارت جهاد کشاورزی به‌صورت تضمینی اعلام می‌شود و کشاورزان با آسودگی خاطر بیشتری به کشت محصول می‌پردازند. این در حالی است که ۸۰ درصد سیب‌زمینی منطقه در سال ۲۰۰۴ پس از شیرین شدن در انبارها به یک‌باره آتش زده شد. بنابراین کشت سیب‌زمینی در منطقه (به‌خصوص در چند سال اخیر) با ریسک فراوان روبرو شده است. از این رو کشاورزان تمایل کمتری به اجاره زمین و کشت سیب‌زمینی دارند. در بین کشاورزان سیب‌کار منطقه در سال زراعی ۸۵ تنها ۴ درصد از کشاورزان اقدام به اجاره زمین جهت کشت سیب‌زمینی کرده بودند. همان‌طور که در

جدول ۴- تجزیه واریانس کارایی انرژی در سه سطح مساحت و دو سطح مالکیت زمین برای محصول سیب زمینی.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
اندازه زمین	۲	۴/۱۴	۲/۰۷	۷۲/۴۷**
مالکیت زمین	۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۱۷۲ ^{ns}
اندازه زمین × مالکیت زمین	۲	۰/۱۱۸	۰/۰۵۹	۲/۰۶ ^{ns}
تکرار	۱۰۹	۲/۹۵	۰/۰۲۷	۰/۹۸۴
خطا	۲۰۵	۵/۸۶۱	۰/۰۲۹	
مجموع کل	۳۲۰	۹۷۰/۹۰		

ns: غیر معنی دار، * در سطح ۵ درصد معنی دار، ** در سطح ۱ درصد معنی دار.

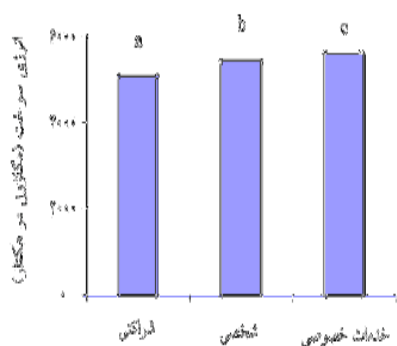
جدول ۵- تجزیه واریانس انرژی سوخت (مگاژول بر هکتار) در سه سطح مالکیت تراکتور و پنج سطح مدل تراکتور برای محصول سیب زمینی.

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
مالکیت تراکتور	۲	۱۸۰۶۰۸۲۵/۱۷۲	۹۰۳۰۴۱۲/۵۵	۷/۴۶**
نوع تراکتور	۴	۳۱۸۸۳۹۳۵/۱۹	۷۹۷۰۹۸۳/۷۹	۶/۵۶**
نوع تراکتور × مالکیت تراکتور	۸	۱۶۷۳۶۷۹۲/۰۲	۲۰۹۲۰۹۹	۱/۷۲ ^{ns}
تکرار	۱۰۹	۳۶۹۰۳۰۱۹/۷۲	۳۳۸۵۵۹/۸۱	۰/۲۷۸
خطا	۱۹۶	۲۳۸۱۰۰۶۹۴/۴۲	۱۲۱۴۷۹۹۷۹/۴۶	
مجموع کل	۳۲۰	۱۱۱۰۹۸۵۰۰۹/۰۴		

ns: غیر معنی دار، * در سطح ۵ درصد معنی دار، ** در سطح ۱ درصد معنی دار.

بعد از مالکان شراکتی، مالکان شخصی و خدمات خصوصی در یک گروه (وضعیت) قرار گرفته‌اند و تفاوت معنی دار بین آنها دیده نشده است. اثر تراکتورهای مختلف در میزان انرژی سوخت نیز در جدول مقایسه میانگین ۶ مشاهده می‌شود. به طوری که مشخص است مصرف سوخت تراکتورهای MF285 و MF399 و JD2040 کمتر از دیگر تراکتورها می‌باشد. همچنین بیشترین میزان مصرف انرژی مربوط به تراکتور U650 و JD3140 می‌باشد.

از طرفی با مراجعه به شکل ۴ مشاهده می‌شود که مالکیت شراکتی در کشت سیب زمینی با متوسط ۵۲۸۲/۷۷۵ مگاژول در هکتار در وضعیت بهتری از دو مالکیت دیگر یعنی شخصی با متوسط ۵۸۵۱/۱۵ و مالکیت خصوصی با متوسط ۵۹۹۲/۵۲۲ مگاژول در هکتار از نظر مصرف سوخت قرار دارد. این مالکان که تقریباً شامل ۱۷ درصد از کشاورزان سیب زمینی کار هستند مشکلاتی را که برای گندم کاران در چند سال اخیر به وجود آمده ندارند (بحث پراکندگی کار به دلیل کشت مکمل کلزا).



شکل ۴- میزان انرژی سوخت مصرفی برای مالکیت‌های متفاوت تراکتور.

جدول ۶- مقایسه میانگین انرژی سوخت (مگاژول بر هکتار) در پنج سطح نوع تراکتور با استفاده از آزمون دانکن (۵ درصد) برای محصول سیب‌زمینی.

زیرمجموعه		a	فراوانی	نوع تراکتور
b	c			
		۵۳۲۲/۷۸۲	۱۰	مسی فرگوسن ۳۹۹
		۵۳۷۱/۹۴۹	۱۶۷	مسی فرگوسن ۲۸۵
	۵۷۵۷/۴۵۱	۵۷۵۷/۴۵۱	۱۵	جان‌دیر ۲۰۴۰
۶۳۶۲/۱۱۷	۶۳۶۲/۱۱۷		۱۱۳	یونیورسال (رومانی) ۶۵۰
۶۴۹۰/۳۸			۱۵	جان‌دیر ۳۱۴۰

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

گیگاژول در هکتار برای سطوح زیر ۱ هکتار و ۴۳/۸۳ گیگاژول برای سطوح بالاتر از ۵ هکتار برآورد گردید.

در پایان این پژوهش پیشنهاد می‌گردد که:

۱- تعیین مقدار مناسب کود (به‌ویژه ازت) جهت کشت سیب‌زمینی و همچنین ترویج و تشویق کشاورزان جهت استفاده از کودهای آلی (حیوانی) بیشتر با توجه به نتایج آزمایش‌های خاک و نظر کارشناسان کشاورزی منطقه.

۲- تعیین مقدار مناسب بذر جهت کشت، ارزیابی، معرفی و ترویج ارقام جدید سیب‌زمینی متناسب با شرایط منطقه جهت حصول بیشینه عملکرد به‌ویژه در شهرستان فریدون شهر.

۳- برای کاهش مصرف سوخت در عملیات‌های مختلف به‌ویژه خاک‌ورزی، روش‌های زیر می‌تواند مفید واقع شود: انجام به‌موقع عملیات زراعی، انجام سرویس‌های روزانه و تعمیرات به‌موقع، مدیریت صحیح و جلوگیری از رفت و آمدهای غیرضروری، انتخاب تراکتور و ادوات مناسب و غیره.

۱- بررسی نتایج به‌دست آمده بیانگر آن است که بیشترین سهم مصرف انرژی در محصول سیب‌زمینی مربوط به انرژی شیمیایی با متوسط ۵۱ درصد (کود، به‌ویژه ازت) و کمترین میزان سهم مصرف انرژی مربوط به انرژی بیولوژیک با متوسط ۲ درصد (کارگر) بوده است.

۲- اثر سطوح مختلف کشت برای محصول سیب‌زمینی بر میزان کارایی (نسبت) انرژی در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید به‌طوری‌که با افزایش سطوح زیر کشت برای سیب‌زمینی از زیر ۱ هکتار به بالای ۵ هکتار میانگین کارایی انرژی نیز افزایش یافت.

۳- اثر نوع نظام زراعی بر میزان نسبت انرژی در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید. درحالی‌که مالکیت زمین فاقد اثر معنی‌دار بر میزان نسبت انرژی داشته است.

۴- اثر عوامل مالکیت تراکتور و نوع تراکتور بر میزان مصرف انرژی سوخت در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید.

۵- میزان انرژی ورودی برای کشت سیب‌زمینی از ۵۱/۴۶

منابع

1. Arjmand, A., and Hasanzadeh Ghourtapeh, A. 2004. Evaluation of energy consumption in potato cultivation, Case stude: Eastern Azarbayejan, Pp: 26-34. 8th agronomy and plant breeding conference, Shahid Chmran University of Ahvaz. (In Persian)
2. Anonymous. 2006. Statistics Year book of Ministry of Agriculture, Vice chancellor of Economical and planning, Center of Statistics and Information Technology. Pp: 45-54.
3. Darlington, D. 1997. What is efficient agriculture? Available at URL: [http:// www.veganorganic.net/agri.htm](http://www.veganorganic.net/agri.htm).
4. Ercolia, L., Mariottib, M., Masonib, A., and Bonaria, E. 1999. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on biomass yield and efficiency of energy use in crop production of Miscanthus. Field Crops Research, 63: 68-81.
5. Gandomkar, A., Paknejad, A. 2004. Use management of N fertilizer as dressing with chlorophyll copy

- in Potato fields of Khozestan. Pp: 70-78. 8th agronomy and plant breeding conference, Shahid Chmran University of Ahvaz. (In Persian)
6. Ghahderijani, M. 2007. Determination of energy amount consumed in potato and wheat production in west regions of Esfahan, M.Sc. Thesis, Agricultural Machinery Engineering Dept. University of Tehran, Karaj, Iran, Pp: 55-91. (In Persian)
 7. Haj Seyed Hadi, M.R. 2006. Energy Efficiency and Ecological Sustainability in Conventional and Integrated Potato Production. System. www.actapress.com/PaperInfo.aspx?PaperID=23135.
 8. Kennedy, S. 2000. Energy use in American agriculture. Sustainable Energy Term Paper. 5/1/2000. Pp: 130-142.
 9. Kitani, O. 1998. CIGR, Handbook of agricultural engineering volume 5, Energy & Biomass Engineering. ASAE publication. Pp: 17-21.
 10. Kouchaki, A., and Hoseini, M. 1994. Energy Performance in Agricultural Eco-systems. Ferdowsi University of Mashhd Press, Pp: 65-72. (In Persian)
 11. Maghsoudi, H. 2005. Sustainability Investigation of potato cultivation in Fereidunshahr township, M.Sc. Thesis, Agricultural Economic and Development Dept. University of Tehran, Karaj, Iran, Pp: 65-86. (In Persian)
 12. Mandel, K.G., Saha, K.P., Ghosh, P.K., Hati, K.M., and Bandyopadhyay, K.K. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybeanbased crop production systems in central India. *Biomass Bioenergy*, 23: 5. 337-345.
 13. Mansourfar, K. 1997. Statistical Methods, University of Tehran Press. 120p. (In Persian)
 14. Mc Laughlin, N.B., Grant, B.A., King, D.J., and Wall, G.J. 1997. Energy inputs for a combined tillage and liquid manure injection system. *Canadian Agricultural Engineering*, 39: 4.289-295.
 15. Memarzadeh, A. 1994. Final Report: Investigation of effects of N fertilizer together with plant population on potato yield. Ministry of Agriculture, Research Organization of Agricultural Education & Extension, Agricultural And Natural Resources research center of Hamedan. Pp: 17-22. (In Persian)
 16. Mrini, M., Senhaji, F., and Pimentel, D. 2001. Energy analysis of sugar beet production under traditional and intensive farming systems and impacts on sustainable agriculture in Morocco. *Journal of Sustainable Agriculture*, 20: 4. 5-28.
 17. Ozkan, B., Akcaoz, H., and Karadcniz, F. 2003. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey, *Energy Conversion and Management*, 44: 46-56.
 18. Ozkan, B., Akcaoz, H., Fert, C. 2004. Energy input output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*. 29: 1. 39-51.
 19. Pimentel, D. 1999. Energy inputs in production agriculture. In: Fluck, R.C. (Ed), *Energy in Farm Production*, Elsevier, Amsterdam, Pp: 13-29.
 20. Rajabi, M., and Sepehri, A. 2004. Assessment of Impacts of N fertilizer and plant population on physiological characteristics of apple grown in Hamedan province, Pp: 58-69. 8th agronomy and plant breeding conference, Shahid Chmran University of Ahvaz. (In Persian)
 21. Safa, M., and Tabatabaeefar, A. 2002. Energy consumption in wheat production in irrigated and dry land farming. Pp: 28-30. IN: Proc.Intl.Agric, Engg. Conf, Wuxi, China, Now.
 22. Singh, G., Singh, S., and Singh, J. 2004. Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. *Energy Conversion and Management*, Pp: 453-465.
 23. Uhlin, H. 1998. Why energy productivity is increasing: an I-O analysis of Swedish agriculture. *Agric Syst.*, 56: 4. 443-465.

**Evaluation and Determination of energy ratio for potato production
in different levels of cultivated area in the western Isfahan
(Case study: Fereydan and Fereydoonshahr)**

***M. Ghahderijani¹, A.R. Keyhani², S.A. Tabatabaeifar³ and N. Omid²**

¹Instructor Dept. of Agricultural Machinery Science and Research branch Islamic Azad University, Tehran, Iran,

²Associate Prof., Dept. of Agricultural Machinery Tehran University, Iran, ³Professor Dept. of Agricultural Machinery Tehran University, Iran

Abstract

In this research, the energy ratio for potato production in different levels of cultivated areas (lower than 1 hectare, between 1-5 hectare, and higher than 5 hectare) in the western Isfahan province (Fereidan and Fereidunshahr townships) was assessed and determined. For this purpose, a number of questionnaires were prepared and distributed among the potato producers of the examined region. The results show that the highest share of energy consumed was for chemical energy especially N fertilizer with average of 51% and the lowest one was for biological energy (human labor) with average of 2%. Also the effect of different levels of potato cultivation on energy ratio was found to be significant at 1% probability levels so that with increasing cultivation level from lower than 1 hectare to higher than 5 hectares. As with increase in cultivated area from lower than 1 hectare to higher than 5 hectare, energy ratio increased from 1.3 to 2.08. It also observed that cropping systems had marked effect on energy ratio at 1% level of probability. Also it revealed that both tractor type and tractor ownership were significant in their effect on fuel consumption on a per hectare basis.

Keywords: Energy ratio; Potato; Fertilizer; cropping system; Fereidan and Fereidunshahr