

ارزیابی و مقایسه کارایی انرژی دو نظام کشت متداول و مکانیزه در مزارع سیب زمینی استان آذربایجان شرقی

موسی ایزدخواه شیوان^{۱*} - مهدی تاجبخش شیوان^۲ - عبدالله حسن زاده قورت تپه^۳

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۸۸/۹/۲۳

چکیده

این بررسی به منظور ارزیابی و مقایسه سیر انرژی در دو نظام کشت متداول و مکانیزه در مزارع سیب زمینی استان آذربایجان شرقی در سال زراعی ۸۶-۸۵ انجام شد. داده‌ها با استفاده از آمار و اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان و تهیه پرسشنامه از زارعین سیب زمینی کار استان برآورد گردید. داده‌های مربوط به نهاده‌ها و ستاده‌ها به میزان‌های معادل انرژی‌های مصرفی و تولیدی تبدیل شدند و سپس راندمان انرژی محاسبه گردید. میزان کل انرژی عوامل و نهاده‌های بکار برده شده در سیستم کشت متداول برابر ۶۰۷۸۳/۲۴ مگا ژول در هکتار (۴۴/۴۳٪ انرژی مستقیم، ۵۵/۵۷٪ غیر مستقیم، ۴۶/۹۶٪ انرژی قابل تجدید و ۵۳/۰۳٪ انرژی غیر قابل تجدید) و میزان انرژی خروجی ۱۴۸۲۶۸/۱۲ مگا ژول در هکتار و در سیستم کشت مکانیزه میزان کل انرژی عوامل و نهاده‌های بکار برده شده ۵۲۶۳۵/۷۳ مگا ژول در هکتار (۵۴/۱۷٪ انرژی مستقیم، ۴۵/۸۳٪ انرژی غیر مستقیم، ۳۹/۰۱٪ انرژی قابل تجدید و ۶۰/۹۴٪ انرژی غیر قابل تجدید) و میزان انرژی خروجی آن ۲۳۲۹۹۲/۷۶ مگا ژول در هکتار برآورد گردید. میزان کارایی انرژی (نسبت ستاده به نهاده) در روش کشت متداول ۲/۴۴ و در روش کشت مکانیزه برابر ۴/۴۳ محاسبه گردید. همچنین مقدار انرژی خالص تولیدی، انرژی ویژه و بهره‌وری انرژی سیب زمینی در روش کشت مکانیزه در هر هکتار به ترتیب برابر ۱۸۰۳۵۷/۰۳ مگاژول، ۰/۹۶ مگاژول کیلوگرم و ۱/۰۴ کیلوگرم مگاژول و در روش کشت متداول به ترتیب ۸۷۴۸۴/۸۸ مگا ژول، ۱/۷۴ مگا ژول کیلوگرم و ۰/۵۸ کیلوگرم مگاژول در هکتار محاسبه شد. داده‌ها نشان دادند که بیشترین انرژی مصرفی در روش کشت متداول به ترتیب آبیاری ۲۴/۹٪، کود ازته ۲۲/۳۶٪، بذر سیب زمینی ۱۹/۷۲٪ و بیشترین انرژی مصرفی در روش کشت مکانیزه به ترتیب آبیاری ۲۳/۲۱٪، کود ازته ۱۹/۳۲٪ و ماشین‌الات کشاورزی ۱۵/۲۷٪ بود. که این می‌تواند ناشی از شرایط آب و هوایی، توپوگرافی زمین و حتی مسائل خاص مربوط به فرهنگ منطقه باشد.

واژه‌های کلیدی: راندمان انرژی، نهاده، ستاده، نظام کشت متداول، کشت مکانیزه و سیب زمینی

مقدمه

بیشتر متکی به نهاده‌های بیرونی هستند از جنبه‌های مختلف تکنولوژی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی آسیب پذیر می‌باشند. طی چند دهه اخیر ضرورت استفاده ارقام پرمحصول، نیاز به کودهای شیمیایی جهت تقویت خاک و نیز سموم شیمیایی جهت مبارزه با آفات را افزایش داده است، به طوری که امروزه کلیه جنبه‌های تولیدات کشاورزی به طور فزاینده‌ای به تزریق انرژی‌های کمکی وابسته شده است (۹ و ۱). بدون تردید دسترسی به این انرژی‌ها به طور نامحدود نخواهد بود، و ادامه تامین آنها در سطح فعلی نیز میسر نیست و از طرفی به علت آلودگی محیط زیست و هم چنین افزایش قیمت این نهاده‌ها در آینده مصرف آنها از نظر زیست محیطی و اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود. در نظام‌های تولیدی غذا در آینده، افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها و بهره‌برداری از انرژی‌های به اصطلاح درونی بجای اتکاء به نهاده خارجی از اولویت خاصی

باتوجه به محدودیت منابع طبیعی و زوال ذخایر سوخت‌های فسیلی، استفاده بهینه از این منابع امری بدیهی و الزامی بوده و به نظری رسد که مشخص نمودن راندمان انرژی در فرایند تولید، اولین قدم در راستای بهینه نمودن استفاده از منابع موجود می باشد. متأسفانه در شرایط فعلی در کاربرد بعضی از نهاده‌ها بدون آنکه بهره‌وری مناسبی داشته باشند افراط می‌شود. سیستم‌های زراعی رایج که

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

* - نویسنده مسئول: (Email: ms.izadkhah@gmail.com)

۳- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی، ارومیه

انرژی تولیدی به مصرفی برای محصولات زراعی استان خراسان از جمله پنبه، گندم آبی، جو آبی، جو دیم، ذرت دانه ای، یونجه، شبدر، ذرت عوفه ای، اسپرس، سورگوم، چغندر قند، چغندر عوفه ای و عدس به ترتیب ۲/۰۴، ۲/۴۴، ۲/۱، ۱/۷، ۲/۹، ۲/۲، ۲/۵۹، ۴/۴۲، ۲/۴۸، ۲/۰۲، ۵/۷۴، ۸/۵۵، ۱/۳ و ۱/۹۹ گزارش شده است (۸). حسن زاده و مظاهری (۴) در ارزیابی بیلان انرژی در سه مزرعه گندم، سیب زمینی و برنج در منطقه فلاورجان اصفهان، میزان کارایی انرژی برای سه محصول گندم، سیب زمینی و برنج به ترتیب معادل ۲/۷، ۲/۲۷ و ۱/۳ گزارش کردند. ایزدخواه شیشوان و همکاران (۲) کارایی انرژی را در مزارع کلزای پاییزه در استان آذربایجان شرقی ۲/۲۴ گزارش نمودند. بهشتی و همکاران (۱۲) کارایی انرژی را در محصولات آبی: گندم ۱/۳۲، جو ۱/۲۲، ذرت ۱/۸۱، سیب زمینی ۰/۸۵، پیاز ۰/۸۶، چغندر قند ۱/۷۷، عدس ۰/۷۰، نخود ۰/۷۳، هندوانه ۰/۹۳، سویا ۱/۷۸، خیار ۰/۳۸، گوجه فرنگی ۰/۴۷، پنبه ۰/۴۹ و در محصولات دیم- گندم ۱/۲۰، جو ۱/۳۳، عدس ۱/۳۰، نخود ۱/۰۸ و در سویا ۴/۴۶ گزارش کرده اند. تحقیقات محققان آمریکایی نشان داد که نسبت انرژی تولیدی به مصرفی زراعت سیب زمینی در این کشور ۱/۲۳ واحد می رسد (۷). همچنین تحقیقات محققان انگلیسی در سال ۱۹۷۶ نشان داد که نسبت انرژی تولیدی به مصرفی زراعت سیب زمینی در این کشور ۱/۵۷ می باشد (۷). پیمنتال و همکاران (۳۱) با بررسی کارایی انرژی نظام کشت ارگانیک و متداول در محصولات ذرت، گندم، سیب زمینی گزارش کردند که کارایی انرژی نظام ارگانیک محصولات ذرت و گندم ۲۹ الی ۷۰ درصد نسبت به نظام متداول افزایش دارد و برعکس در سیب زمینی کارایی انرژی نظام متداول بین ۷۰ الی ۹۳ درصد بیشتر از نظام ارگانیک می باشد. هدف از این تحقیق، ارزیابی تأثیر دو نظام کشت متداول و مکانیزه سیب زمینی بر انرژی های مصرفی (نهاده)، انرژی های تولیدی (ستاده) و کارایی انرژی در تولید سیب زمینی در استان آذربایجان شرقی بود.

مواد و روش ها

به منظور ارزیابی کارایی انرژی در نظام های متداول و مکانیزه در زراعت سیب زمینی این مطالعه به صورت میدانی در مزارع تولید سیب زمینی استان آذربایجان شرقی در سال زراعی ۱۳۸۶-۱۳۸۵ اجرا شد. در این تحقیق ۱۲ روستا به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند و بر روی تعداد ۶۰ کشاورز سیب زمینی کار استان انجام گرفت. داده های این تحقیق از دو طریق به دست آمد یکی از طریق مصاحبه رو در رو و چهره به چهره با زارعان سیب زمینی کار و تکمیل پرسشنامه در طی ماه های مرداد و شهریور ماه سال ۱۳۸۶ و دومین منبع اطلاعاتی از طریق آمار و اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی

برخوردار خواهد بود. نظام های زراعی فعلی که کاملاً متکی به نهاده های بیرونی هستند از جنبه های مختلف آسیب پذیر هستند (۹ و ۱) و به همین دلیل در قرن بیست و یکم دیدگاه های جدیدی چون کشاورزی پایدار، زراعت ارگانیک، کشاورزی اکولوژیک، کشاورزی کم نهاده، کشاورزی تجدید شونده و غیره تعریف شده اند. در این سیستم ها علاوه بر بهبود در کیفیت و کمیت تولید به کارایی انرژی نیز اهمیت فراوان داده می شود. این دیدگاه ها در قالب کارایی بیشتر نهاده ها، حفاظت از محیط زیست و منابع طبیعی، اقتصاد اکو لوژیک و نهایتاً تا "مین غذا و امنیت غذایی مطرح می باشد (۲۵). بدون تردید در هر نظام تولیدی کارایی بهره وری از نهاده ها از اصول اولیه بوده و بالا بردن کارایی تولید از اهداف اساسی است. گردش انرژی یکی از مباحث مهم بوم نظام های کشاورزی می باشد و در نقاط مختلف جهان نسبت انرژی های خروجی و ورودی در بوم نظام های مختلف کشاورزی محاسبه شده است. بسیاری از محققان، بر روی انرژی، تحلیل اقتصادی و تعیین کارایی انرژی بر تولیدات کشاورزی را مطالعه کرده اند از جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد- نیشکر در موروکو (۲۷)، گندم، ذرت، چغندر قند، آفتاب گردان، انگور، زیتون، بادام، جو، یولاف، چاودار، پرتقال، لیمو، سیب، گلابی، هلو، زردآلو و گوجه در ایتالیا (۳۷)، برنج در مالزی (۱۳)، گیلاس، مرکبات، زردآلو، گوجه فرنگی، پنبه، چغندر قند، محصولات گلخانه ای و برخی محصولات مزرعه ای و سبزیجات در ترکیه (۱۶ و ۱۴)، گندم در ایران (۳۴)، سویا، ذرت و گندم در ایتالیا (۳۵)، سویا و سیب زمینی در هندوستان (۲۶ و ۳۹)، ذرت و سوگوم در آمریکا (۱۹)، پنبه و آفتابگردان در یونان (۲۳ و ۳۸)، کلزای پاییزه در آلمان (۳۳). سینگ و همکاران (۳۶) در ارزیابی کارایی انرژی و بازده اقتصادی نظام های کشاورزی هیمالیا ملاحظه کردند که در بوم نظام های زراعی که تنوع محصولات کشت شده بیشتر بود کارایی انرژی و بازده اقتصادی نیز بالاتر بود. در همین مطالعه کارایی مصرف انرژی و بازده اقتصادی برای گندم بیشتر از برنج و در مورد سیب زمینی بیشتر از هر دو محصول گندم و برنج گزارش شده است (۳۶). کامفرتی و گیام فیترو (۱۵) کارایی انرژی برای ۷۵ کشور جهان را بین ۱ تا ۲۰ تعیین نموده اند. آنها متوسط کارایی انرژی در کشاورزی ایران را ۱/۷۹ گزارش کردند. تحقیقات متعددی در ایران و سایر نقاط جهان بر روی محصولات انجام گرفته است. کوچکی و حسینی (۱۳۷۳) راندمان انرژی زراعت سیب زمینی در مزارع نیشابور را ۰/۷ محاسبه نموده اند. به عبارت دیگر به ازای هر واحد انرژی مصرفی حدود ۰/۷ واحد انرژی خروجی در این سیستم وجود دارد. لازم به ذکر است که عدد ۰/۷ بر اساس درصد هر کدام از مواد تشکیل دهنده غده سیب زمینی با احتساب عملکرد غده ۱۶۰۰۰ کیلو گرم در هکتار به دست آمده است. پژوهشگران فوق راندمان انرژی زراعت سیب زمینی در مزارع مشهد را ۰/۷۵ و با احتساب عملکرد غده ۲۰۰۰۰ کیلو گرم در هکتار محاسبه نموده اند. نسبت

هکتار بود. در مناطق مورد مطالعه ارقام کشت شده، ماشین آلات مورد استفاده، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نوع نهاده‌های کشاورزی مصرفی یکسان بود. برای محاسبه کارایی انرژی در این تحقیق از نهاده‌های مصرفی چون نیروی کار، ماشین آلات، گازوییل، کودهای شیمیایی، آفت کش، بذر و میزان تولید سیب زمینی استفاده شد. برای تبدیل داده‌های مربوط به معادل‌های انرژی از جدول ۱ استفاده گردید. در این مطالعه ظرفیت موثر هر کدام از ادوات بکار گرفته شده با توجه به عرض کار، راندمان دستگاه و سرعت تراکتور با استفاده از معادله ۱ محاسبه گردید (۷) و پس از آن میزان انرژی مصرفی در ماشین‌های بکار گرفته شده برآورد شد. باید توجه داشت که انرژی مصرفی برای هر ساعت کاری تراکتور شامل مصرف سوخت و همچنین انرژی لازم جهت ساخت و استهلاک تراکتور و ادوات آن است.

استان بود. مزارع به صورت تصادفی از بین روستاهای ناحیه مورد مطالعه انتخاب شده و اندازه هر نمونه با استفاده از معادله یک روش نیم (۴۰) محاسبه گردید.

$$n = \frac{\left(\sum N_h S_h \right)}{N^2 D^2 + \sum N_h S_h^2} \quad (1)$$

در این معادله n : اندازه نمونه مورد نیاز، N : تعداد کل اعضای (افراد) جامعه، N_h : تعداد اعضای (افراد) طبقه h ام، S_h : انحراف معیار طبقه h ام، S_h^2 : واریانس نمونه ای مشاهدات طبقه h ام، d : دقت $(\bar{X} - \bar{X})$ ، z : ضریب اطمینان (۱/۹۶)، نشان دهنده ۹۵٪ اطمینان، $D^2 = d^2/z^2$ ، خطای مجاز در اندازه نمونه، ۵٪ و با درجه اطمینان ۹۵٪ تعریف گردید و اندازه نمونه در ۶۰ مزرعه مورد مطالعه محاسبه گردید اندازه متوسط مزرعه در روش کشت مکانیزه ۵-۳ و در کشت متداول ۲-۱

$$\text{راندمان} \times \text{سرعت (کیلومتر در ساعت)} \times \text{عرض کار (متر)} = \frac{\text{(ظرفیت موثر (هکتار در ساعت))}}{1000} \quad (2)$$

آورده شده است (۲، ۷ و ۱۵).
 (۴) گالن در ساعت = $70 \times 0.75 \times 0.73 \times 0.06 = 2.2995$
 سوخت مصرفی
 با توجه به میزان کارکرد ماشین آلات و ادوات بکاربرده شده در هر دو سیستم کشت میزان انرژی مصرفی بر حسب کیلوکالری در هکتار محاسبه و در جدول ۱ آورده شده است.
 جهت برآورد وزن ماشین آلات نیز به این طریق عمل شده است که قدرت ماشین لازم برای هر هکتار در حدود یک اسب بخار می‌باشد. با این برآورد وزن تراکتور نیز به ازای هر اسب بخار قدرت موجود در آن حدود ۲۵ کیلوگرم می‌باشد. لذا وزن تراکتور برای هر هکتار حدود ۲۵ کیلوگرم تخمین زده شده است (۷).
 معمولاً انرژی مصرفی در کشاورزی به ۴ گروه انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم بندی می‌شوند (۱۹ و ۲۸).

برای تبدیل هکتار در ساعت به ساعت در هکتار، عدد یک، به عدد به دست آمده از رابطه فوق تقسیم می‌شود (۷).
 میزان سوخت مصرفی و میزان کارکرد ماشین آلات مصرفی در هکتار، به طریق معادله (۴) محاسبه گردید (۷).
 $(3) \text{ PTO (hp)} \times \text{راندمان انتقال نیرو بر حسب درصد} \times 0.73 \times 0.06 = \text{سوخت مصرفی (بر حسب گالن در ساعت)}$
 در این فرمول - منظور از hp قدرت تراکتور بر حسب اسب بخار، ۰/۰۶ ضریب ویژه تعیین سوخت مصرفی تراکتورهای بنزینی و ۰/۷۳ ضریب مربوط به سوخت مصرفی تراکتورهای گازوئیلی است.
 با توجه به اینکه در استان آذربایجان شرقی به طور عمده از تراکتورهایی با قدرت متوسط ۶۵-۷۵ اسب بخار استفاده می‌شود که شامل تراکتورهای مسی فرگوسن (ام-اف) ۲۸۵ و تراکتورهای اونیورسال می‌باشد، لذا در این محاسبه، قدرت تراکتور، به طور متوسط ۷۰ اسب بخار و راندمان نیرو ۷۵ درصد در نظر گرفته شده و میزان سوخت مصرفی با استفاده از معادله ۳ محاسبه و در جدول ۱

جدول ۱- میزان انرژی مصرفی در ماشین آلات و ادوات بکار گرفته شده با توجه به نوع مزرعه و روش کشت

نوع مزرعه و روش کشت	کارکرد تراکتور hr/ha	سوخت مصرفی lit*/hr	سوخت مصرفی lit/ha	انرژی واحد Kcal	میزان انرژی مصرفی Kcal/ha
سیب زمینی - متداول	۱۴/۵	۸/۶۹۲	۱۲۶/۰۳	۹۵۸۳/۳	۱۲۰۷۷۸۳/۲۹
سیب زمینی - مکانیزه	۲۱/۳	۸/۶۹۲	۱۸۵/۱۴	۹۵۸۳/۳	۱۷۷۴۳۵۲/۱۶۲

* یک گالن برابر ۳/۷۸ لیتر می‌باشد $2/2995 \times 3/78 = 8/692$

بر اساس روابط معادل های انرژی مندرج در جدول ۳ استفاده گردید (۴ و ۳). برای برآورد بیلان انرژی در دو روش کشت متداول و مکانیزه میزان هر یک از عوامل و نهاده های به کار برده شده و ستاده (تولیدی) تعیین گردید. مجموع انرژی عوامل و نهاده های بکار برده شده با توجه به میزان نهاده های مصرفی و عملیات زراعی در دو روش کاشت سیستم متداول و مکانیزه محاسبه شد و به میزان های معادل انرژی تبدیل گردیدند این انرژی ها، انرژی ورودی بوم نظام را تشکیل دادند (۵ و ۶). انرژی خروجی یا ستاده انرژی از حاصل ضرب عملکرد غده سیب زمینی در مقدار انرژی هر گرم آن محاسبه شد. در نهایت کارایی انرژی، بهره وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص با استفاده از معادلات ۵، ۶ و ۷ محاسبه شد (۱۶ و ۳۵).

در این مطالعه انرژی های غیرمستقیم شامل انرژی بذر، کود های شیمیایی، سموم شیمیایی و ماشین آلات در نظر گرفته شد. در حالیکه انرژی مستقیم در برگیرنده نیروی کار، سوخت گازوئیل مورد استفاده در تولید سیب زمینی بود. انرژی تجدید ناپذیر شامل سوخت گازوئیل، کود و سموم شیمیایی، ماشین آلات کشاورزی و انرژی های تجدیدپذیر شامل نیروی کار، بذر و آب مورد استفاده در آبیاری بود. اطلاعات اولیه انرژی های مصرفی (نهاده) و انرژی های تولیدی (ستاده) و عملکرد سیب زمینی در نرم افزارهای SPSS15، Exell، ثبت شد. داده های به دست آمده میانگین گیری و سپس میانگین داده ها با استفاده از فرمول های مربوطه و میزان انرژی هر واحد نهاده بر اساس کیلو کالری در هکتار بیان شده اند (۷، ۶، ۵). برای تبدیل انرژی عوامل و نهاده های بکار برده شده و ستاده های به دست آمده

$$(۵) \quad \text{کارایی یاراندمان انرژی} = \frac{\text{انرژی تولیدی (ستاده) مگاژول در هکتار}}{\text{انرژی مصرفی (نهاده) مگاژول در هکتار}}$$

$$(۶) \quad \text{بهره وری انرژی} = \frac{\text{عملکرد سیب زمینی (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{انرژی مصرفی (نهاده) مگاژول در هکتار}}$$

$$(۷) \quad \text{انرژی ویژه} = \frac{\text{انرژی مصرفی (نهاده) مگاژول در هکتار}}{\text{عملکرد سیب زمینی (کیلوگرم در هکتار)}}$$

$$(۸) \quad \text{انرژی مصرفی (نهاده) مگاژول در هکتار} - \text{انرژی تولیدی (ستاده) مگاژول در هکتار} = \text{انرژی خالص}$$

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل کارایی انرژی در تولید سیب زمینی در روش متداول

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مجموع انرژی مصرفی در طول دوره تولید سیب زمینی در روش کشت متداول، مقدار ۶۰۷۸۳/۲۴ مگاژول در هکتار بود که بیشترین مقدار انرژی مصرفی را آبیاری، کود نیتروژن و بذر به ترتیب ۲۴/۱۲، ۲۲/۳۰، و ۱۹/۷۵ درصد و کمترین آن را حشره کش، علف کش و کود پتاس به ترتیب ۰/۹۴، ۱/۱۸ و ۱/۹۲ در صد به خود اختصاص دادند که این می تواند ناشی از شرایط آب و هوایی، توپوگرافی زمین، ویژگی های خود گیاه و حتی مسائل خاص مربوط به فرهنگ زارعین منطقه باشد. (جدول ۴ و شکل ۱).

محاسبه میزان انرژی در هر کیلوگرم غده سیب زمینی

با توجه به میزان ترکیبات موجود در صد گرم قسمت قابل مصرف سیب زمینی میزان انرژی در هر کیلوگرم غده سیب زمینی محاسبه گردید (۴ و ۳).

میزان انرژی موجود در یک کیلوگرم سیب زمینی برابر ۱۰۱۲ به دست آمد (جدول ۲). در محاسبه انرژی حاصل از محصول صرفاً انرژی موجود در ترکیبات پروتئین، چربی و کربوهیدرات محاسبه گردید سایر مواد موجود در محصول تولیدی نظیر آب و سایر ترکیبات فاقد ارزش غذایی بوده و از آنها صرف نظر گردید. درصد ترکیبات شیمیایی سیب زمینی در جدول (۲) ارائه شده است با استفاده از این داده ها انرژی حاصل از هر یک از ترکیبات سیب زمینی، نسبت انرژی تولیدی به مصرفی (ستاده به نهاده) یا همان کارایی انرژی و نسبت انرژی مصرفی به تولیدی محاسبه گردیده (جدول ۴ و ۸).

جدول ۲- میزان ترکیبات شیمیایی و ارزش انرژی زائی سیب زمینی بر حسب کیلو کالری (میزان ترکیبات گرم در صد گرم بخش قابل مصرف سیب زمینی)

نام ترکیبات	درصد ترکیبات	مقدار در هر کیلوگرم	انرژی هر واحد در گرم	انرژی هر کیلوگرم (کیلو کالری)
پروتئین	۲	۲۰	۴	۸۰
چربی	۱	۱۰	۹/۳	۹۲
کربوهیدرات	۲۱	۲۱۰	۴	۸۴۰
جمع				۱۰۱۲

جدول ۳- انرژی عوامل و نهاده‌های بکاربرده شده و ستاده‌های به دست آمده (۳ و ۲)

ردیف	نوع	واحد	میزان انرژی (کیلوکالری)
۱	کار انسان	ساعت	۴۶۵
۲	کودازته	کیلوگرم	۱۷۶۰۰
۳	کود فسفره	کیلوگرم	۳۱۹۰
۴	کود پتاسه	کیلوگرم	۱۶۰۰
۵	کود دامی	تن	۱۵۰۰۰
۶	حشره کش	لیتر	۲۷۱۷۰
۷	قارچ کش	کیلوگرم	۲۷۱۷۰
۸	علف کش	لیتر	۵۷۰۰۰
۹	سوخت	لیتر	۹۵۸۳/۳
۱۰	آبیاری	متر مکعب	۲۷۲/۵
۱۱	استهلاک ماشین آلات به ازای هر کیلو کالری سوخت مصرفی	کیلو کالری	۰/۸۴
۱۲	بذر سیب زمینی	کیلوگرم	۷۱۷

برابر ۱/۵۳ (۱۷) انجام گرفته است. در این پژوهش انرژی ویژه و انرژی خالص در تولید سیب زمینی به ترتیب ۱/۷۴ مگاژول در کیلوگرم و ۸۷۴۸۴/۸۸ مگاژول در هکتار محاسبه گردید (جدول ۵). کاناکی و همکاران (۱۴) انرژی ویژه برای گندم، پنبه، ذرت، کنجد، گوجه فرنگی، خربزه و هندوانه را به ترتیب ۵/۲۵، ۱۱/۲۴، ۳/۸۸، ۱۶/۲۱، ۱/۱۴، ۰/۹۸ و ۰/۹۷ گزارش نمودند.

کارایی انرژی در این تحقیق برابر ۲/۴۴ محاسبه گردید یعنی به ازای هر یک کیلو کالری انرژی مصرفی ۲/۴۴ کیلوکالری انرژی تولید می شود (جدول ۵). حاج سید هادی (۲۱) کارایی انرژی را در مزارع سیب زمینی مورد مطالعه خود ۰/۹۸ گزارش داد. پمپتل و همکاران (۳۲) در امریکا و در انگلستان کارایی انرژی را به ترتیب ۰/۱ و ۰/۱ محاسبه کردند.

توزیع انرژی بصورت صورت مستقیم، غیر مستقیم، قابل تجدید و غیرقابل تجدید در جدول ۶ نشان داده شده است. همانطوریکه در جدول مشاهده می شود از کل انرژی مصرفی ۴۴/۴۳٪ مستقیم، ۵۵/۵۷٪ غیرمستقیم، ۴۶/۹۶٪ تجدید پذیر و ۵۳/۰۶٪ را انرژی های تجدید ناپذیر تشکیل می دهد.

تحقیقات متعدد نشان داده که نسبت انرژی مصرفی غیر مستقیم

پرونیجان و همکاران (۳۰) گزارش کردند که از مجموع انرژی مصرفی در تولید سیب زمینی ماشین آلات، کودهای شیمیایی، بذرمصرفی، سموم شیمیایی و دیگر نهاده ها به ترتیب ۴۸٪، ۳۳٪، ۶٪، ۳٪، ۱۰٪ انرژی مصرفی را تشکیل دادند. متوسط تولید در مزارع مورد مطالعه و کل انرژی تولیدی به ترتیب برابر ۳۵ تن در هکتار و ۱۴۸۲۶۸/۱۲ مگاژول در هکتار بود.

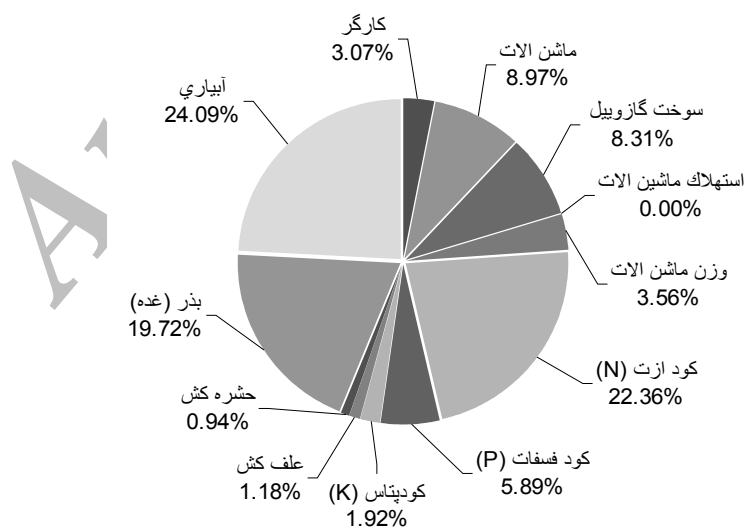
حاج سید هادی (۲۱) عملکرد، انرژی مصرفی و انرژی تولیدی در تولید سیب زمینی را به ترتیب ۲۵۸۱۷ کیلوگرم در هر هکتار، ۲۳، ۷۸۳۶ مگاژول در هکتار و ۷۸۳۶۳/۲۳ و ۷۷۴۵۷۵/۱ مگاژول در هر هکتار گزارش کرد. در یک تحقیق دیگر برابر (۱۱) در نیوزیلند، کل انرژی مصرفی در کشت سیب زمینی را مقدار ۶۲۳۰۰ مگا ژول در هر هکتار بدست آورد. انرژی مصرفی، انرژی تولیدی، کارایی انرژی، انرژی ویژه، بهره وری انرژی و انرژی خالص تولیدی مزارع سیب زمینی در استان آذربایجان شرقی در جدول ۵ نشان داده شده است. بهره وری انرژی در مزارع مورد مطالعه برابر ۰/۵۸ بود و این بیانگر این است که در ازای هر واحد انرژی مصرفی ۰/۵۸ واحد انرژی حاصل شد. در مورد بهره وری انرژی تحقیقات زیادی در محصولات مختلف از قبیل گوجه فرنگی برابر ۱ (۱۸)، در پنبه ۰/۰۶ (۴۱) و در چغندر قند

تشکیل می دهد (جدول ۶). این عمل علاوه بر کاهش کارایی انرژی مصرفی باعث آلودگی منابع آبی و خاکی می شود به نظر می رسد با استفاده از انجام آزمون شیمیایی خاک، به اندازه نیاز شیمیایی خاک به زمین کود تزریق کرده وبا مصرف بهینه کود علاوه بر حفظ خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک و کاهش آلاینده‌گی می توان کارایی انرژی را با شرایط موجود افزایش داد.

بیشتر از انرژی های مستقیم و نسبت انرژی های تجدید ناپذیر بیشتر از انرژی های تجدید پذیر می باشد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد (۱۷، ۱۸ و ۳۹). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در سیستم کشت متداول انرژی های مصرفی به صورت غیر مستقیم ۱/۲۵ برابر انرژی های مصرفی به صورت مستقیم بوده که قسمت عمده آن انرژی مصرفی در عملیات مربوط به مصرف کود ازته

جدول ۴- بیان انرژی جهت تولید سیب زمینی در یک هکتار سیب زمینی سیستم کشت متداول در استان آذربایجان شرقی

نوع انرژی مصرفی	واحد	میزان انرژی واحد Kcal	مقدار مصرف Kcal/ha	میزان انرژی Kcal/ha
کار انسان	ساعت	۴۶۵	۹۶۰	۴۴۶۴۰۰
ماشین آلات	ساعت	۹۰۰۰	۱۴/۵	۱۳۰۵۰۰۰
سوخت	لیتر	۹۵۸۳/۳	۱۲۶/۰۳	۱۲۰۷۷۸۳/۲۹
استهلاک ماشین آلات (در ازای هر لیتر سوخت مصرفی)	لیتر	۰/۸۴	۱۰۵/۸۷	۸۸/۹۳
وزن ماشین الات و تجهیزات دستی	کیلوگرم	۲۰۷۱۲	۲۵	۵۱۷۸۰۰
کود نیتروژن(خالص)	کیلوگرم	۱۷۶۰۰	۱۸۴	۳۲۳۸۴۰۰
کود فسفره(خالص)	کیلوگرم	۳۱۹۰	۲۶۹	۸۵۸۱۱۰
کود پتاسه(خالص)	کیلوگرم	۱۶۰۰	۱۷۵	۲۸۰۰۰۰
علف کش	لیتر	۵۷۰۰۰	۳	۱۷۱۰۰۰
حشره کش	لیتر	۲۷۱۷۰	۵	۱۳۵۸۵۰
بذر (غده)	کیلوگرم	۷۱۷	۴۰۰۰	۲۸۶۸۰۰۰
آبیاری (۱۲ بار)	مترمکعب	۲۷۲/۵	۱۲۸۵۲	۳۵۰۲۱۷۰
مجموع انرژی مصرف شده مگاژول در هکتار				۶۰۷۸۳/۲۴۱
مجموع انرژی تولید شده مگاژول در هکتار		۱۰۱۲	۳۵۰۰۰	۱۴۸۲۶۸/۱۲
انرژی خالص تولیدی مگاژول در هکتار				۸۷۴۸۴/۸۸
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی (بازده انرژی)				۲/۴۴



شکل ۱- درصد انرژی مصرفی هر یک از عوامل و نهاده ها، در مزارع تولید سیب زمینی متداول استان آذربایجان شرقی

جدول ۵- مقایسه انرژی مصرفی، انرژی تولیدی، کارایی انرژی، بهره وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص در دو سیستم کشت متداول و مکانیزه در مزارع سیب زمینی استان آذربایجان شرقی

روش کشت		واحد	نوع انرژی
کشت متداول	کشت مکانیزه		
۶۰۷۸۳/۲۴	۵۲۶۳۵/۷۳	MJha ⁻¹	مصرفی
۱۴۸۲۶۸/۱۲	۲۳۲۹۹۲/۷۶	MJha ⁻¹	تولیدی
-/۵۸	۱/۰۴	MJha ⁻¹	بهره وری انرژی
۱/۷۴	۰/۹۶	MJha ⁻¹	انرژی ویژه
۲/۴۴	۴/۴۳	-	کارایی
۸۷۴۸۴/۸۸	۱۸۰۳۵۷/۰۳	MJha ⁻¹	انرژی خالص

جدول ۶- مقایسه مجموع انرژی مصرفی به صورت مستقیم، غیر مستقیم، قابل تجدید و غیر قابل تجدید در دو سیستم کشت متداول و مکانیزه در مزارع سیب زمینی استان آذربایجان شرقی

روش کشت		نوع انرژی	
کشت متداول	کشت مکانیزه	انرژی مصرفی MJ/ha	درصد از کل انرژی مصرفی %
۲۷۰۰۵/۷۴	۲۸۵۰۰/۳۴	۴۴/۴۳	۵۴/۱۷
۳۳۷۷۷/۵۰	۲۴۱۳/۳۹	۵۵/۵۷	۴۵/۸۳
۲۸۵۳۴/۱۶	۲۰۵۲۹/۸۸	۴۶/۹۶	۳۹/۰۱
۳۳۲۴۹/۰۸	۳۲۱۰۵/۸۵	۵۳/۰۶	۶۰/۹۹

^a انرژی های مستقیم شامل نیروی کار، سوخت گازوئیل

^b انرژی های غیرمستقیم شامل انرژی بذر، کود های شیمیایی، کود حیوانی، سموم شیمیایی و ماشین آلات

^c انرژی های تجدیدپذیر شامل نیروی کار، بذر، کود حیوانی و آب مورد استفاده در آبیاری

^d انرژی های تجدید ناپذیر شامل سوخت گازوئیل، کود و سموم شیمیایی، ماشین آلات کشاورزی که در ساخت آنها از انرژی های فسیلی استفاده شده است

جدول ۷- مقایسه راندمان انرژی با تخمین عملکرد غده و درصد ترکیبات آن در نظام های کشت متداول و مکانیزه سیب زمینی

نام ترکیبات	درصد ترکیبات	انرژی در هر گرم Kcal	مقدار در هکتار Kcal	انرژی هر هکتار Kg	نسبت انرژی مصرفی به تولیدی
کشت متداول با تخمین عملکرد ۳۵ تن در هکتار					
پروتئین	۲	۴	۷۰۰۰۰	۲۸۰۰۰۰	۵/۲۵
چربی	۱	۹/۲	۳۵۰۰۰	۳۱۵۰۰۰	۴/۶۱
کربوهیدرات	۲۱	۴	۷۳۵۰۰۰	۲۹۴۰۰۰۰	۰/۴۹
کشت مکانیزه با تخمین عملکرد ۵۵ تن در هکتار					
پروتئین	۲	۴	۱۱۰۰۰۰	۴۴۰۰۰۰	۲/۸۶
چربی	۱	۹/۲	۵۵۰۰۰۰	۵۰۶۰۰۰۰	۲/۴۹
کربوهیدرات	۲۱	۴	۱۱۵۵۰۰۰	۴۶۲۰۰۰۰	۰/۲۷

یک واحد کر بو هیدرات که قسمت اعظم آن نشاسته است برداشت نمود (جدول ۷).

با توجه به ارزش انرژی زایی ترکیبات شیمیایی غده سیب زمینی این نتیجه حاصل می شود که در سیستم کشت متداول برای تولید هر واحد پروتئین و چربی به ترتیب ۵/۲۵ و ۴/۶۱ واحد انرژی هزینه می گردد، درحالیکه با صرف کمترین واحد (۰/۴۹) انرژی می توان

۴/۴۴ بود (جدول ۸). یعنی به ازای هر یک کیلو کالری انرژی مصرفی ۴/۴۴ کیلوکالری انرژی تولید می شود. پمیتال و همکاران (۳۱) در امریکا کارایی انرژی را در روش کشت متداول ۱/۲ و در کشت مکانیزه را ۲/۲۵ گزارش کردند که با نتایج این تحقیق هم خوانی دارد. معمولاً در نظام های تولید سنتی و متداول محصولات کشاورزی، نسبت انرژی تولیدی به مصرفی بیش از نظام مکانیزه خواهد بود (۱) ولی در این پژوهش نتایج مطالعه به دلیل بالا بودن عملکرد غده در هکتار و همچنین پایین بودن میزان انرژی مصرفی متفاوت از نتایج مورد انتظار بود و همچنین دلیل پایین بودن راندمان انرژی مصرفی در سیستم متداول را می توان به مصرف زیاد نهاده های کشاورزی از قبیل آبیاری، کود نیتروژنی بدون در نظر گرفتن مسایل زیست محیطی و عرف منطقه و میزان بذر مصرفی (ناهمگن بودن غده های مورد استفاده) و کارگر زیاد ربط داد. توزیع انرژی به صورت مستقیم، غیر مستقیم، قابل تجدید و غیرقابل تجدید در جدول ۶ نشان داده شده است. همانطوریکه در جدول مشاهده می شود از کل انرژی مصرفی ۵۴/۱۷٪ مستقیم، ۴۵/۸۳٪ غیرمستقیم، ۳۹/۰۱٪ تجدید پذیر و ۶۰/۹۹٪ را انرژی های تجدید ناپذیر تشکیل می دهد این نتایج با نتایج تحقیقات سایر محققان مطابقت دارد (۱۷، ۱۸، ۳۹). نتایج این بررسی نشان داد در سیستم کشت مکانیزه انرژی های مصرفی به صورت مستقیم ۱/۱۸ برابر انرژی های مصرفی به صورت غیر مستقیم بوده که قسمت عمده آن انرژی مصرفی در عملیات آبیاری تشکیل می دهد. به نظر می رسد با بهبود روش های تهیه زمین و اصلاح روش های آبیاری و افزایش راندمان انتقال آب در مزارع می توان کارایی انرژی را با شرایط موجود به بالا تر از ۵ افزایش داد. اگر انرژی مصرفی به صورت غذا برای یک فرد بالغ ۲۷۰۰ کیلو کالری در روز باشد محصول سبب زمینی در روش کشت متداول، می تواند انرژی مورد نیاز ۱۳۱۱۸ نفر در روز و سالیانه ۳۶ نفر و روش کشت مکانیزه، انرژی مورد نیاز ۲۰۶۱۵ نفر در روز و سالیانه ۵۷ نفر را در هر هکتار تامین نماید. با در نظر گرفتن ۶۰ گرم پروتئین روزانه مورد نیاز هر فرد، محصول سبب زمینی در روش کشت متداول، پروتئین روزانه ۱۱۶۶ نفر را تامین کند یا به عبارت دیگر پروتئین مورد نیاز سالانه ۳۲ نفر و روش کشت مکانیزه پروتئین مورد نیاز ۱۸۳۳۳ نفر در روز و سالیانه ۵۱ نفر را در هکتار را تامین نماید (جدول ۴، ۷ و ۸). با توجه به ارزش انرژی زایی ترکیبات شیمیایی غده سبب زمینی این نتیجه حاصل می شود که در روش کشت مکانیزه برای تولید هر واحد پروتئین و چربی به ترتیب ۲/۸ و ۲/۹ واحد انرژی هزینه می گردد، درحالیکه با صرف کمتر از نیم واحد (۰/۲۷) انرژی می توان یک واحد کربوهیدرات که قسمت اعظم آن نشاسته است برداشت نمود. می توان نتیجه گرفت که در سیستم کشت مکانیزه در ازای تولید هر واحد پروتئین، چربی و کربوهیدرات درمقایسه با کشت متداول انرژی کمتری مصرف و هزینه می گردد (جدول ۷).

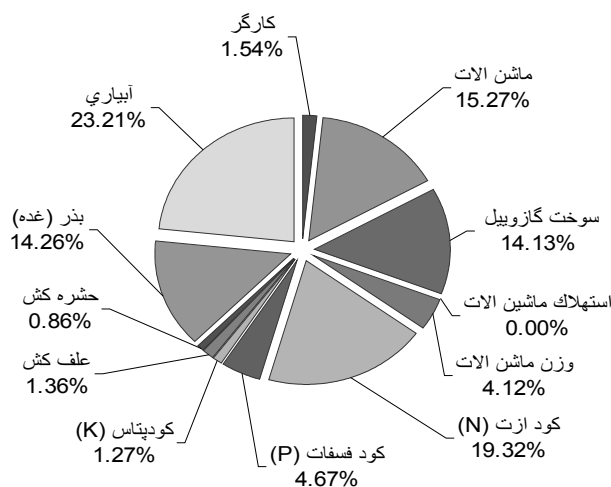
تجزیه و تحلیل کارایی انرژی در تولید سبب زمینی در روش کشت مکانیزه

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مجموع انرژی مصرفی در تولید سبب زمینی در روش کشت مکانیزه در استان آذربایجان شرقی، مقدار ۵۲۶۳۵/۷۳ مگاژول در هکتار بود که بیشترین مقدار انرژی مصرفی را به ترتیب آبیاری، کود ازته و ماشین آلات کشاورزی معادل ۲۳/۲۱، ۱۹/۳۲ و ۱۵/۲۷ در صد و کمترین آن را به ترتیب حشره کش، علف کش و کود پتاس معادل ۰/۸۶، ۱/۳۶ و ۱/۲۷ در صد به خود اختصاص دادند (جدول ۸ و شکل ۲) که این می تواند ناشی از الگوی کشت، کاهش میزان بارندگی در طی چندین سال گذشته و گرم شدن نسبی هوا و پائین رفتن آب های زیرزمینی در منطقه می توان دانست و همچنین نیاز آبی گیاه سبب زمینی می تواند کمتر از این مقدار باشد ولی زارعان به طور مرسوم آب زیادی را مصرف می کنند. برای افزایش تولید و راندمان عملکرد در این استان راهکارهایی چون تعیین دقیق نیاز آبی گیاه، جایگزینی روش های آبیاری مدرن به جای سایر روش ها، صرفه جوی در مصرف آب از طریق کوتاه کردن دوره رشد و استفاده از ارقام زود رس و پر محصول، عدم کاشت سبب زمینی در خاک های شور، مصرف کود بر اساس آزمون خاک، تقسیم کود در زمان های مختلف رشد گیاه و همچنین استفاده از کود سبز، کود کمپوست و مدیریت مناسب مزرعه جهت به حداقل رساندن مصرف کود های شیمیایی اقدام کرد. پمیتال و همکاران (۳۱) در امریکا گزارش کردند که از مجموع انرژی مصرفی در تولید سبب زمینی کود ازته، سوخت گازوییل و ماشین آلات کشاورزی کود فسفره، الکتریسیته و سایر نهاده ها به ترتیب ۳۰/۳، ۲۲/۷۵، ۱۱/۵۴، ۹/۴۵، ۸/۸ و ۱۷/۱۶ در صد انرژی مصرفی را تشکیل دادند. انرژی گازوییل عمدتاً بمنظور آماده سازی زمین، عملیات کاشت داشت و برداشت و نیز حمل و نقل مورد استفاده قرار می گیرد.

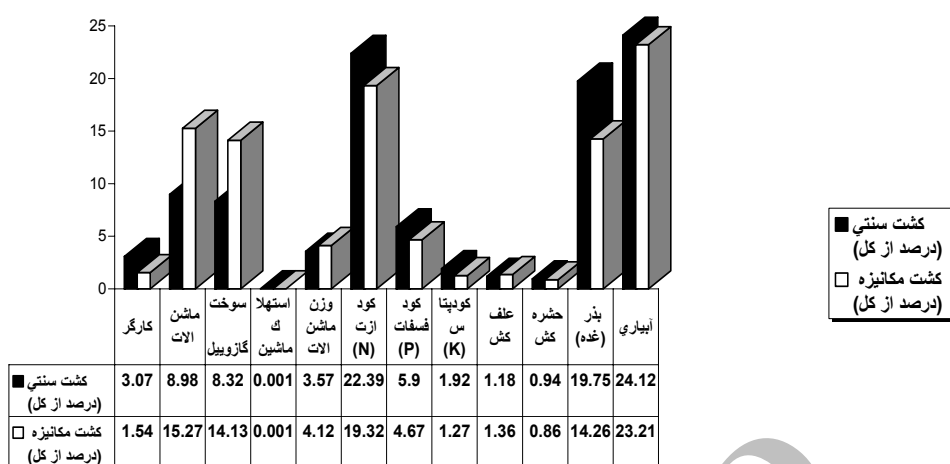
متوسط تولید و کل انرژی تولیدی در مزارع مورد مطالعه به ترتیب برابر ۵۵ تن و ۲۳۲۹۹۲/۷۶ مگاژول در هکتار بود (جدول ۸). پمیتال و همکاران (۳۱) انرژی مصرفی و انرژی تولیدی سبب زمینی در روش کشت مکانیزه را به ترتیب ۸۶۶۲۷۰ و ۱۹۷۱۲۰۰۰ کیلوکالری در هر هکتار گزارش کردند. انرژی مصرفی، انرژی تولیدی، کارایی انرژی، انرژی ویژه، بهره وری انرژی و انرژی خالص تولیدی مزارع سبب زمینی در روش کشت مکانیزه در استان آذربایجان شرقی در جدول ۵ نشان داده شده است. بهره وری انرژی در مزارع مورد مطالعه در روش کشت مکانیزه برابر ۱/۰۴ بود و این بیانگر این است که در ازای هر واحد انرژی مصرفی ۱/۰۴ واحد انرژی حاصل شد. در این پژوهش انرژی ویژه و انرژی خالص در تولید سبب زمینی در روش کشت مکانیزه به ترتیب ۰/۹۶ مگاژول در کیلوگرم و ۱۸۰۳۵۷/۰۳ مگاژول در هکتار محاسبه گردید. کارایی انرژی در کشت مکانیزه برابر

جدول ۸- بیان انرژی جهت تولید سیب زمینی در یک هکتار سیب زمینی زراعت آبی سیستم کشت مکانیزه در استان آذربایجان شرقی

نوع انرژی مصرفی	واحد	میزان انرژی واحد Kcal/ha	مقدار مصرف Kcal/ha	میزان انرژی Kcal/ha
کار انسان	ساعت	۴۶۵	۴۱۶	۱۹۳۴۴۰
ماشین آلات	ساعت	۹۰۰۰۰	۲۱/۳۳	۱۹۱۹۷۰۰
سوخت	لیتر	۹۵۸۳/۳	۱۸۵/۱۴	۱۷۷۴۲۵۲/۱۶۲
استهلاک ماشین آلات (در ازای هر لیتر سوخت مصرفی)	لیتر	۰/۸۴	۱۵۵/۷۴	۱۳۰/۲
وزن ماشین آلات و تجهیزات دستی	کیلوگرم	۲۰۷۱۲	۲۵	۵۱۷۸۰۰
کود نیتروژن(خالص)	کیلوگرم	۱۷۶۰۰	۱۳۸	۲۴۲۸۸۰۰
کود فسفره(خالص)	کیلوگرم	۳۱۹۰	۱۸۴	۵۸۶۹۶۰
کود پتاسه(خالص)	کیلوگرم	۱۶۰۰	۱۰۰	۱۶۰۰۰۰
علف کش	لیتر	۵۷۰۰۰	۳	۱۷۱۰۰۰
حشره کش	لیتر	۲۷۱۷۰	۴	۱۰۸۶۸۰
بذر (غده)	کیلوگرم	۷۱۷	۲۵۰۰	۱۷۹۲۵۰۰
آبیاری (۱۲ بار)	مترمکعب	۲۷۲/۵	۱۰۷۱۰	۲۹۱۸۴۷۵
مجموع انرژی مصرف شده مگاژول در هکتار				۵۲۶۳۵/۷۳
مجموع انرژی تولید شده مگاژول در هکتار		۱۰۱۲	۵۵۰۰۰	۳۳۲۹۹۲/۷۶
انرژی خالص تولیدی مگاژول در هکتار				۱۸۰۳۵۷/۰۳
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی (بازده انرژی)				۴/۴۳



شکل ۲- درصد انرژی مصرفی هر یک از عوامل و نهاده ها، در مزارع تولید سیب زمینی مکانیزه استان آذربایجان شرقی



شکل ۳- مقایسه میزان انرژی مصرفی هر یک از نهاده ها بر حسب درصد در دو سیستم کشت متداول و مکانیزه

(شکل ۴).

نتیجه گیری نهایی

بر اساس این پژوهش نتایج زیر به دست آمد:

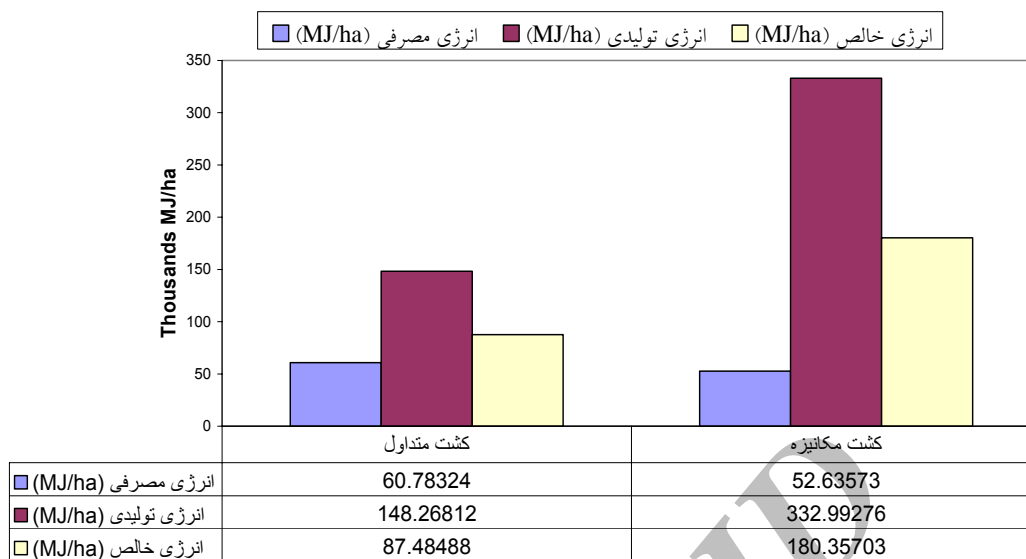
۳- کارایی انرژی، بهره وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص در کشت متداول به ترتیب: ۲/۴۴، ۷/۵۸، ۱/۰، ۸۷۴۸۴/۸۸ و در کشت مکانیزه به ترتیب ۴/۴۳، ۱/۰۴، ۱/۰ کیلوگرم مگاژول در هکتار، ۰/۹۶ مگاژول کیلوگرم در هکتار و ۱۸۰۳۵۷/۰۳ مگاژول در هکتار محاسبه شد (شکل ۵، ۶ و ۷).

۴- میزان انرژی مصرفی به صورت مستقیم، غیر مستقیم، قابل تجدید و غیرقابل تجدید در نظام کشت متداول به ترتیب ۲۷۰۰۵/۷۴، ۳۳۷۷۷/۵۰، ۲۸۵۳۴/۱۶ و ۳۲۲۴۹/۰۸ و در کشت مکانیزه به ترتیب ۲۸۵۰۰/۳۴، ۲۴۱۳/۳۹، ۲۰۵۲۹/۸۸ و ۳۲۱۰۵/۸۵ مگاژول در هکتار بود.

۵- نسبت انرژی مصرف شده در کشت متداول به کشت مکانیزه ۱/۱۵ برابر بود در حالیکه انرژی تولید شده در کشت مکانیزه ۱/۶ برابر کشت متداول بود این نشان دهنده این است که انرژی مصرفی از قانون میچرلیخ (بازده نزولی) پیروی می کند. به عبارت دیگر هر نهاده زراعی تا یک سطحی، عملکرد و انرژی تولیدی را افزایش خواهد داد و مصرف بیش از حد مطلوب آن نهاده نه تنها منجر به افزایش در عملکرد و انرژی تولیدی نمی گردد، بلکه موجب کاهش عملکرد نیز خواهد شد (۱).

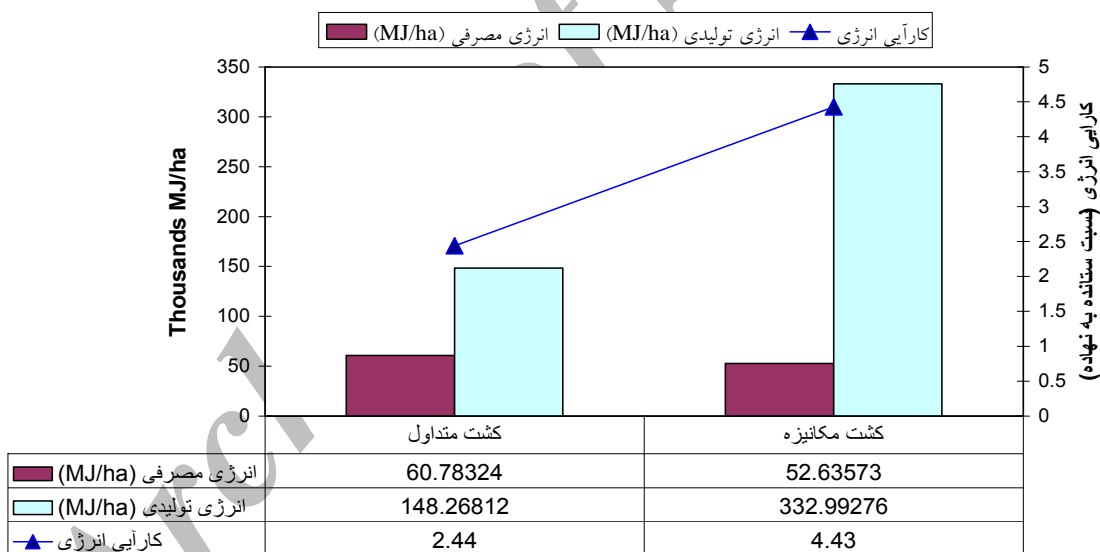
۱- کل انرژی مصرفی برای تولید سیب زمینی در نظام کشت متداول ۶۰۷۸۳/۲۴ و در نظام کشت مکانیزه ۵۲۶۳۵/۷۳ مگاژول در هکتار به دست آمد که بیشترین انرژی مصرفی در روش کشت متداول به ترتیب: آبیاری ۲۴/۹٪، کود ازته ۲۲/۳۶٪، بذر سیب زمینی ۱۹/۷۲٪ و در روش کشت مکانیزه به ترتیب: آبیاری ۲۳/۲۱٪، کود ازته ۱۹/۳۲٪ و ماشین الات کشاورزی ۱۵/۲۷٪ بود (شکل ۳ و ۴). با توجه به این که در هر دو روش کاشت بیشترین سهم انرژی مصرفی را کود نیتروژن و آبیاری تشکیل می دهد پیشنهاد می شود ضمن استفاده بهینه از کود های شیمیایی با انجام آزمون شیمیایی خاک، خاک های منطقه با استفاده از کودهای دامی، کود سبز و تناوب با گیاهانی که بقایای گیاهی زیادی را به جا می گذارند اصلاح کرد و همچنین با بهبود روش های تهیه زمین و اصلاح روش های آبیاری و افزایش راندمان انتقال آب در مزارع می توان کارایی انرژی را در هر دو روش کاشت افزایش داد و سرمایه هزاران ساله منطقه (سفره های آب زیرزمینی) نیز حفظ خواهد شد.

۲- کل انرژی تولیدی در نظام کشت متداول ۱۴۸۲۶۸/۱۲ و در نظام کشت مکانیزه ۲۳۲۹۹۲/۷۶ مگاژول در هکتار به دست آمد



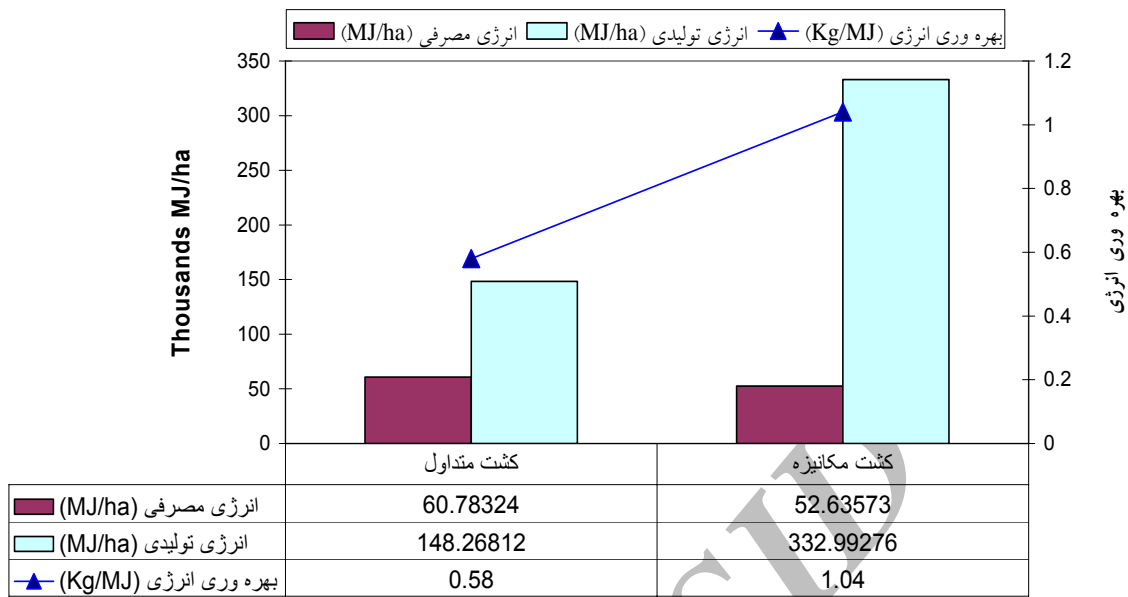
نظام های کاشت سیب زمینی

شکل ۴ - مقایسه ستانده، نهاده و انرژی خالص نظام های مختلف کاشت سیب زمینی

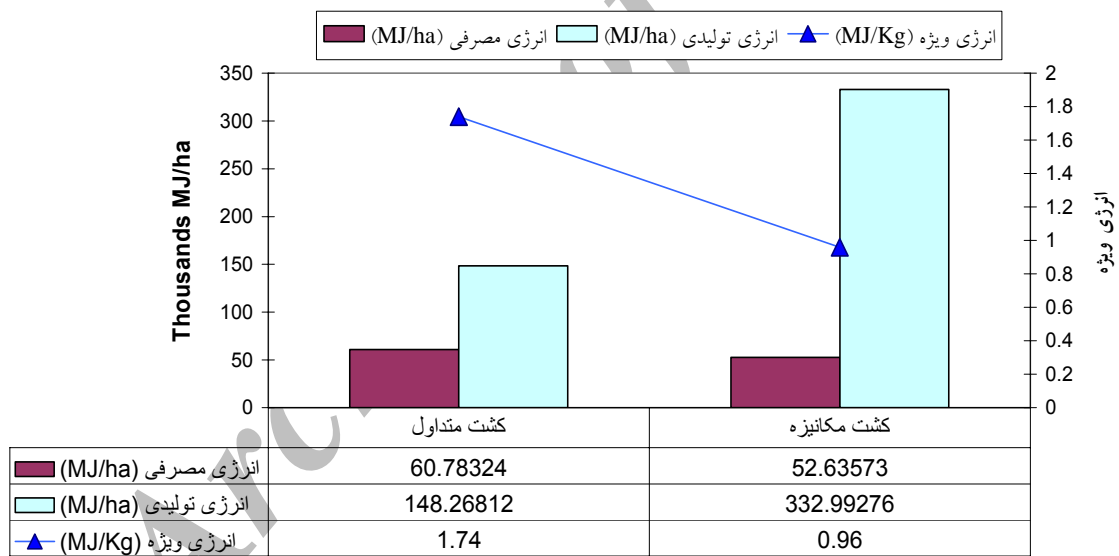


نظام های کاشت

شکل ۵ - مقایسه انرژی مصرفی، انرژی تولیدی و کارایی انرژی دو نظام کشت سیب زمینی



شکل ۶ - مقایسه مصرفی، انرژی تولیدی و بهره وری انرژی در دو نظام کشت سیب زمینی



شکل ۷ - مقایسه انرژی مصرفی، انرژی تولیدی و انرژی ویژه در دو نظام کشت سیب زمینی

منابع

- آینه بند، الف. ۱۳۸۶. اکولوژی بوم نظام های کشاورزی. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۳۷۴ صفحه
- ایزدخواه شیشوان، م.، م. تاجبخش، م. ر.، زردشتی، ع.، حسن زاده قورت تپه، ز.، تاجبخش، و م. پاکپور. ۱۳۸۸. بیان انرژی در مزارع کلزا (*Brassica napus L.*) استان آذربایجانشرقی و نقش آن در تامین انرژی مصرفی انسان. اولین همایش ملی گیاهان دانه روغنی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان. ۱-۲ مهر ماه
- حسن زاده قورت تپه، ع.، ا. قلاوند، م. احمدی و س. خ. میر نیا ۱۳۸۰. بررسی تاثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر راندمان انرژی ارقام

- آفتابگردان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان شماره دوم ص ۶۷ الی ۷۸.
- ۴- حسن زاده قورت تپه، ع. و د. مظاهری. ۱۳۷۵. ارزیابی بیلان انرژی در سه مزرعه گندم، سیب زمینی و برنج در منطقه فلاورجان اصفهان. چهارمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان. ۴-۷ شهریور
- ۵- روزبه، م. م. الماسی و ع. هیبت، ۱۳۸۱، ارزیابی و مقایسه میزان انرژی مورد نیاز در روش‌های مختلف خاک ورزی ذرت. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی سال نهم - ماه اول - صفحه ۱۱۷ الی ۱۲۶.
- ۶- زارع فیض آبادی، ا. ۱۳۷۷. بررسی کارایی انرژی و بازده اقتصادی نظام‌های زارعی متداول و اکولوژیک در تناوب‌های مختلف با گندم پایان نامه دوره دکتری دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۸۰ ص.
- ۷- کوچکی، ع. و م. حسینی. ۱۳۷۳. کارایی انرژی در اکوسیستم‌های کشاورزی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ص ۳۱۱.
- ۸- کوچکی، ع. و م. حسینی. ۱۳۷۴. بوم شناسی کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- 9- Alam, M. S. and M. R. Alam, K. K. Islam. 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. *Am J Environ Sci.* 1 (3):213-20.
- 10- Barber, A. A. 2003. Case study of total energy and carbon indicators for New Zealand
- 11- arable and outdoor vegetable production. Agricultural Engineering Consultant Agril INK. New Zealand Ltd.
- 12- Beheshti Tabar, I., A. R. Keyhani and S. Rafiee. 2010. Energy balance in Irans agronomy. *Renew energy.* 14:849-855
- 13- Bockari-Gevao, S. M., W. I. Wan Ishak, Y. Azmi and C. W. Chan. 2005. Analysis of energy consumption in lowland rice-based cropping system of Malaysia. *Sci. Technol.* 27 (4):819-26.
- 14- Canakci, M., M. Topakci, I. Akinc and A. Ozmerzi. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey. *Energy Convers Manage.* 46:655-66
- 15- Comforti, P. and M. Giampietro. 1996. Fossil energy use in agriculture: an international comparison. *Agric Ecosystem and Environ.* 65: 231- 24
- 16- Demircan, V., K. Ekinici, H. M. Keener, D. Akbolat and C. Ekinici. 2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey- a case study from Isparta province. *Energy Convers Manage.* 47:1761-9
- 17- Erdal, G., K. Esengun, H. Erdal and O. Gunduz. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy.* 32:35-41.
- 18- Esengun, K., G. Erdal, O. Gunduz and H. Erdal. 2007. An economic analysis and energy use in stake-tomato production in Tokat province of Turkey. *Renew Energy.* 32:1873-81.
- 19- Franzluebbers, A. J. and C. A Francis. 1995. Energy output-input ratio of maize and sorghum management systems in Eastern Nebraska. *Agric Ecosyst Environ.* 53 (3):271-8.
- 20- Giampietro, M., G. Cerretelli, and D. Pimental. 1992. Energy analysis of agricultural ecosystem management- Human return and sustainability. *Agric. Ecosyst. Environ.* 38: 219 - 244.
- 21- Haj Seyed Hadi, M. R. 2006. Energy efficiency and ecological sustainability in conventional and integrated potato production. *Advanced Technology in the Environmental Field.* p. 501-34. Available from- [www. actapress. Com](http://www.actapress.com).
- 22- Hulsbergan, K. J., B. Feil, S. Biermann, G. W. Rathke, W. D. Kalk and W. Diepenbrock. 2001. A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial, *Agric. Ecosyst. and Environ.* 86 (3): 303 -321 .
- 23- Kallivroussis, L., A. Natsis and G. Papadakis. 2002. The energy balance of sunflower
- 24- production for biodiesel in Greece. *Biosyst Eng.* 81 (3):347-54.
- 25- Kizilaslan, H. 2009. Input- output energy analysis of cherries production in Tokat province of Turkey. *Appl Energy.* 86 (7-8):1354-8
- 26- Koocheki, A. 1994. Sustainable aspects of traditional land management in Iran. *Inter. Conf. On Land and Water Resources Management in the Mediterranean Region.* 4-8 sept. Italy.
- 27- Mandal, K. G., K. P. Saha, P. K. Ghosh, K. M. Hati and K. K. Bandyopadhyay. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass Bioenergy.* 23 (5):337-45.
- 28- Mrini, M., F. Senhaji and D. Pimentel. 2001. Energy analysis of sugarcane production in Morocco. *Environ, Dev. Sustainability.* 3:109-26.
- 29- Ozkan, B., H. Akcaoz and F. Karadeniz. 2004. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. *Energy Convers Manage.* 45:1821-30.
- 30- Ozkan, B. C., C. F. Fert and C. F. Karadeniz. 2007. Energy and cost analysis for green houses and open-field grape

- production. Energy. 32:1500-4
- 31- Pervanchon, F., C. Bockstaller and P. Girardin. 2002. Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agroecological indicator- the energy indicator. Agric Syst. 72:149-72.
- 32- Pimental, D., G. Bevadi and S. Fast. 1983. Energy efficiency of farming system: Organic and conventional agriculture. Agric. Ecosyst. Environ. 9:353-372.
- 33- Pimentel, D. 1999. Energy inputs in production agriculture. In- Fluck RC, editor.
- 34- Energy in farm production. Amsterdam: Elsevier. p. 13-29
- 35- Rathke, G. W. and W. Diepenbrock. 2006. Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus L.*) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. Eur. J. Agron. 24:35-44.
- 36- Safa, M. and A. Tabatabaefar. 2002. Energy consumption in wheat production in irrigated and dry land farming. In: Proc. Intl. Agric. Eng. Conf., Wuxi, China, November 28-30.
- 37- Sartori, L., B. Basso, M. Bertocco and G. Oliviero. 2005. Energy use and economic evaluation of a three year crop rotation for conservation and organic farming in NE Italy.
- 38- Biosyst. Eng. 91 (2):245-56.
- 39- Sing, G. S., K. S. Rao and K. G. Saxena. 1997. Energy and economic efficiency of the mountain farming system. J. Sustain. Agric. 9:25-49 .
- 40- Triolo, L., H. Unmole, A. Mariani and L. Tomarchio. 1987. Energy analyses of agriculture: the Italian case study and general situation in developing countries. In: Third International Symposium on Mechanization and Energy in Agriculture, Izmir, Turkey, October 26-29. p. 172-84.
- 41- Tsatsarelis, C. A. 1991. Energy requirements for cotton production in central Greece. J Agric Eng Res. 50:239-46.
- 42- Yadav, R. N., R. K. P. Singh and S. Prasad. 1991. An economic analysis of energy requirements in the production of potato crop in bihar sharif block of nalanda districh (Bihar). Econ. Affair Kalkatta. 36:112-9.
- 43- Yamane, T. 1967. Elementary sampling theory. Engle Wood Cliffs, NJ, USA: Prentice-46- Hall Inc.
- 44- Yilmaz, I., H. Akcaoz and B. Ozkan. 2005. An analysis of energy use and input costs for 45- cotton production in Turkey. Renew Energy. 30:145-55.

Archive of SID