نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۸، شماره ۲، خرداد - تیر ۱۳۸۹، ص ۲۹۷-۲۸۴

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 8, No. 2, May – Jun. 2010, p. 284-297

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

موسی ایزدخواه شیشوان[1*]- مهدی تاجبخش سیشوان[2] - عبدالله حسن زاده قورت تپه[3]

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 نهاده ها و ستاده ها 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 شده۵۲۶۳۵/۷۳ 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 بهره وری 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 آبیاری۲۴/۹٪، کود ازته ۲۲/۳۶٪، بذر سیب زمینی ۱۹/۷۲٪. و بیشترین انرژی مصرفی در روش کشت مکانیزه به ترتیب آبیاری۲۳/۲۱٪، کود ازته۱۹/۳۲٪ و ماشین الات کشاورزی ۱۵/۲۷٪ بود. که این می تواند 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

باتوجه به محدودیت منابع طبیعی و زوال ذخایر سوخت‌های فسیلی، استفاده بهینه از این منابع امری بدیهی و الزامی بوده و به نظرمی رسد که مشخص نمودن راندمان انرژی در فرایند تولید، اولین قدم در راستای بهینه نمودن استفاده از منابع موجود می باشد. متاسفانه درشرایط فعلی درکاربرد بعضی از نهاده ها بدون آنکه بهره وری مناسبی داشته باشند افراط می شود. سیستم‌های زراعی رایج که بیشتر متکی به نهاده‌های بیرونی هستند ازجنبه‌های 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 فزاینده ای به تزریق انرژی‌های کمکی وابسته شده است (۱و۹). بدون تردید دسترسی به این انرژی ها به طور نامحدود نخواهد بود، و ادامه تامین آنها درسطح فعلی نیز میسر نیست و از طرفی به علت آلودگی محیط زیست و هم چنین افزایش قیمت این نهاده ها در آینده مصرف آنها از نظر زیست محیطی و اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود. در نظام‌های تولیدی غذا در آینده، افزایش کارایی مصرف نهاده ها و بهره برداری از انرژی‌های به اصطلاح درونی بجای اتکاء به نهاده خارجی از اولویت خاصی

۱و 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

برخوردار خواهد بود. نظام‌های زراعی فعلی که کاملا متکی به نهاده‌های بیرونی هستند از جنبه‌های مختلف آسیب پذیر هستند (۱و۹) و به همین دلیل در قرن بیست ویکم دیدکاه‌های جدیدی چون کشاورزی پایدار، زراعت ارگانیک، کشاورزی اکولوژیک، کشاورزی کم نهاده، کشاورزی تجدید شونده وغیره تعریف شده اند. در این سیستم‌ها علاوه بر بهبود در کیفیت و کمیت تولید به کارایی انرژی نیز اهمیت فراوان داده می شود. این دید گاه ها در قالب کارایی بیشتر نهاده ها، حفاظت از محیط زیست ومنابع طبیعی، اقتصاد اکو لوژیک و نهایتا" تا"مین غذا وامنیت غذایی مطرح می باشد (۲۵). بدون تردید درهر 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 مبا حث مهم بوم نظام های کشاورزی می باشد و در نقاط مختلف جهان نسبت انرژی‌های خروجی و ورودی در بوم نظام های مختلف کشاورزی محاسبه شده است. بسیاری از محققان، برروی 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 (۱۴و۱۶)، گندم در ا یران (۳۴)، سویا، ذرت و گندم در ایتالیا (۳۵)، سویا و سیب زمینی در هندوستان (۲۶و۳۹)، ذرت و سوگوم در آمریکا (۱۹)، پنبه و آفتابگردان در یونان (۲۳و۳۸)، کلزای پاییزه در آلمان (۳۳). سینگ و همکاران (۳۶) درارزیابی کارایی انرژی و بازده اقتصادی نظام‌های کشاورزی هیمالیا ملاحظه کردند که دربوم نظام‌های 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 ازهر 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 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، چغندرعلوفه 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 و۱/۹۹ 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 قند۷۷ /۱، 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). وهمچنین 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 ازاین تحقیق، ازریابی تاثیر 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 زارعت سیب زمینی این مطالعه به صورت میدانی در مزارع تولید سیب‌زمینی 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. داده‌های 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

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

$$n = \frac{\left(\sum N_h S_h\right)}{N^2 D^2 + \sum N_h S^2{}_h} \qquad (۱)$$

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 ($\overline{x} - \overline{X}$) ، 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 هکتار بود. در مناطق مورد مطالعه ارقام کشت شده، ماشین آلات مورد استفاده، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نوع نهاده های کشاورزی مصرفی یکسان بود. برای محاسبه کارآیی انرژی در این تحقیق از نهاده های مصرفی چون نیروی کار، ماشین آلات، گازوییل، کودهای شیمیایی، آفت کش، بذر و میزان تولید سیب زمینی استفاده شد. برای تبدیل داده های مربوط به معادل های 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 ماشین های بکارگرفته 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.

$$\text{ظرفیت موثر (هکتار در ساعت)} = \frac{\text{راندمان} \times \text{سرعت (کیلومتر در ساعت)} \times \text{عرض کار (متر)}}{۱۰۰۰} \qquad (۲)$$

برای تبدیل هکتار در ساعت به ساعت در هکتار، عدد یک ، به عدد به دست آمده از رابطه فوق تقسیم می شود (۷).

میزان سوخت مصرفی و میزان کارکرد ماشین آلات مصرفی در هکتار، به طریق معادله (۴) محاسبه گردید (۷).

(۳) (PTO (hp × (راندمان انتقال نیرو بر حسب درصد) × ۰/۷۳ × ۰/۰۶ = 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 ۷۵-۶۵ اسب بخار استفاده می شود که شامل تراکتورهای مسی فرگوسن (ام-اف) ۲۸۵ و تراکتورهای اونیورسال می باشد، 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 آورده شده است (۲، ۷ و ۱۵).

(۴) گالن در ساعت ۲/۲۹۹۵= ۷۰ × ۰/۷۵ × ۰/۷۳ × ۰/۰۶= 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 می باشد. لذا وزن تراکتور برای هر هکتار حدود ۲۵ کیلوگرم تخمین زده شده است (۷).

معمولا" انرژی مصرفی در کشاورزی به ۴ گروه انرژی های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر تقسیم بندی می‌شوند (۱۹و ۲۸).

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	۱۷۷۴۲۵۲/۱۶۲	

* یک گالن برابر ۳/۷۸ لیتر می باشد ۸/۶۹۲= ۳/۷۸ ×۲/۲۹۹۵

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. داده‌های به دست آمده میانگین گیری و سپس میانگین داده ها با استفاده از فرمول‌های مربوطه و میزان انرژی هر واحد نهاده بر اساس کیلو کالری در هکتار بیان شده اند (۷، ۶، ۵). برای تبدیل انرژی عوامل و نهاده‌های بکار برده شده و ستاده‌های به دست آمده براساس 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 نهاده‌های به کار برده شده و ستاده (تولیدی) تعیین گردید. مجموع انرژی عوامل و نهاده‌های بکار برده شده با توجه به میزان نهاده‌های مصرفی و عملیات زراعی در دو روش کاشت سیستم متداول و مکانیزه محاسبه شد و به میزان‌های 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، ۷ و ۸ محاسبه شد (۱۶ و ۳۵).

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

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

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

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

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 (۳و۴).

میزان انرژی موجود در یک کیلوگرم سیب زمینی برابر ۱۰۱۲ به دست آمد (جدول ۲). در محاسبه انرژی حاصل از محصول صرفا 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 صرفنظر 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).

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل کارآیی 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 درهکتار بود که بیشترین مقدار انرژی مصرفی را آبیاری، کود نیتروژن و بذر به ترتیب ۲۴/۱۲، ۲۲/۳۰، و۱۹/۷۵ 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).

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 هرکیلوگرم	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 (۲و۳)

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

پرونجان و همکاران (۳۰) گزارش کردند که از مجموع انرژی مصرفی درتولید سیب زمینی ماشین آلات، کودهای شیمیایی، بذورمصرفی، سموم شیمیایی و دیگر نهاده ها به ترتیب ۴۸٪، ۳۳٪، ۶٪، ۳٪، ۱۰٪ انرزی مصرفی را تشکیل دادند. متوسط تولید در مزارع مورد مطالعه و کل انرژی تولیدی به ترتیب برابر ۳۵ تن درهکتار و ۱۴۸۲۶۸/۱۲ مگاژول درهکتار 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 ۷۷۳۵۷۵/۱ مگاژول در هر هکتار گزارش کرد. در یک تحقیق دیگر باربر (۱۱) در نیوزیلند، کل انرژی مصرفی درکشت سیب زمینی را مقدار ۶۲۳۰۰ مگا ژول در هرهکتار 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 واین 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 چغندرقند 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 درهکتار 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 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. پمنتل و همکاران (۳۲) در امریکا و در انگلستان کارایی انرژی را به ترتیب ۱. ۲ و ۱. ۶ محاسبه کردند.

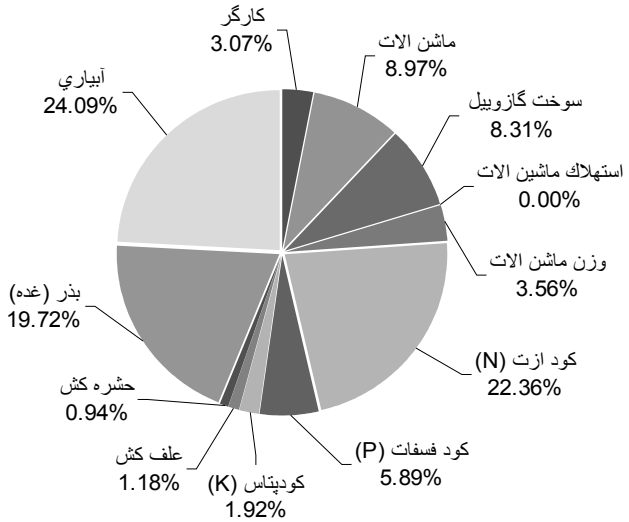
توزیع انرژی بصورت صورت مستقیم، غیر مستقیم، قابل تجدید و غیرقابل تجدید در جدول ۶ نشان داده شده است. همانطوریکه در جدول مشاهده می شود از کل انرژی مصرفی ۴۴/۴۳٪ مستقیم، ۵۵/۵۷٪ غیرمستقیم، ۴۶/۹۶٪ تجدید پذیر و ۵۳/۰۶٪ را انرژی های تجدید ناپذیر تشکیل می دهد.

تحقیقات متعدد نشان داده که نسبت انرژی مصرفی غیر مستقیم

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، ۱۸و ۳۹). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که درسستیم کشت متداول انرژی‌های مصرفی به صورت غیر مستقیم ۱/۲۵برابر انرژی‌های مصرفی به صورت مستقیم بوده که قسمت عمده آن انرژی مصرفی در عملیات مربوط به مصرف کود ازته تشکیل می دهد (جدول ۶). این عمل علاوه بر کاهش کارایی انرژی مصرفی باعث آلودگی منابع آبی وخاکی 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 آلایندگی می توان کارایی انرژی را با شرایط مو جود افزایش داد.

جدول٤- بیلان 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	۹۰۰۰۰	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

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

جدول ٦- مقایسه مجموع انرژی مصرفی به صورت مستقیم، غیر مستقیم، قابل تجدید و غیرقابل تجدید در دو سیستم کشت متداول و مکانیزه در مزارع سیب زمینی استان آذربایجان شرقی

نوع انرژی	روش کشت			
	کشت متداول		کشت مکانیزه	
	انرژی مصرفی MJ/ha	درصد ازکل %	انرژی مصرفی MJ/ha	درصد ازکل %
[a]مستقیم	۲۷۰۰۵/۷۴	۴۴/۴۳	۲۸۵۰۰/۳۴	۵۴/۱۷
[b]غیرمستقیم	۳۳۷۷۷/۵۰	۵۵/۵۷	۲۴۱۳/۳۹	۴۵/۸۳
[c]قابل تجدید	۲۸۵۳۴/۱۶	۴۶/۹۶	۲۰۵۲۹/۸۸	۳۹/۰۱
[d]غیرقابل تجدید	۳۲۲۴۹/۰۸	۵۳/۰۶	۳۲۱۰۵/۸۵	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 انرژی‌های فسیلی استفاده شده است

جدول ۷- مقایسه راندمان انرژی با تخمین عملکرد غده و در صد 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	۷۰۰۰۰۰	۲۸۰۰۰۰۰	۵/۲۵
چربی	۱	۹/۲	۳۵۰۰۰	۳۱۵۰۰۰۰	۴/۶۱
کربوهیدرات	۲۱	۴	۷۳۵۰۰۰	۲۹۴۰۰۰۰۰	۰/۴۹
کشت مکانیزه با تخمین عملکرد ۵۵ تن در هکتار					
پروتئین	۲	۴	۱۱۰۰۰۰۰	۴۴۰۰۰۰۰	۲/۸۶
چربی	۱	۹/۲	۵۵۰۰۰۰	۵۰۶۰۰۰۰	۲/۴۹
کربوهیدرات	۲۱	۴	۱۱۵۵۰۰۰۰	۴۶۲۰۰۰۰۰	۰/۲۷

با توجه به ارزش انرژی زایی ترکیبات شیمیایی غده سیب زمینی این نتیجه حاصل می شود که درسستیم کشت متداول برای تولید هر واحد پروتیین و چربی به ترتیب ۵/۲۵ و ۴/۶۱ واحد انرژی هزینه می‌گردد، درحالیکه با صرف کمترازیک واحد (۰/۴۹) انرژی می توان یک واحد کر بو هیدرات که قسمت اعظم آن نشاسته است برداشت نمود (جدول ۷).

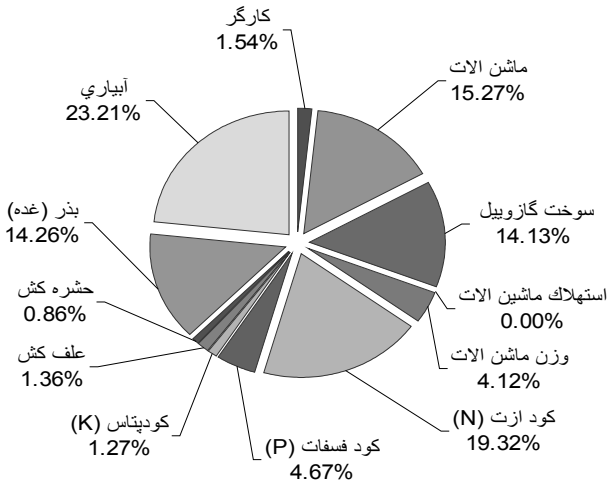
تجزیه و تحلیل کارآیی انرژی در تولید سیب زمینی در روش کشت مکانیزه

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مجموع انرژی مصرفی در تولید سیب زمینی در روش کشت مکانیزه در استان آذربایجان شرقی، مقدار ۵۲۶۳۵/۷۳ مگاژول درهکتار بود که بیشترین مقدار انرژی مصرفی را به ترتیب آبیاری، کود ازته و ماشین آلات کشاورزی معادل ۲۳/۲۱، ۱۹/۳۲، و۱۵/۲۷ 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 آب‌های زیرزمینی در منطقه می توان دانست و همچنین نیاز آبی گیاه سیب 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 تعین دقیق نیاز آبی گیاه، جایگزینی روشهای آبیاری مدرن به جای سایر روشها، صرفه جوی در مصرف آب از طریق کوتاه کردن دوره رشد و استفاده از ارقام زود رس و پر محصول، عدم کاشت سیب زمینی در خاکهای شور، مصرف کود بر اساس آزمون خاک، تقسیط کود در زمان های مختلف رشد گیاه و همچنین استفاده از کود سبز، کود کمپوست و مدیریت مناسب مزرعه جهت به حداقل رساندن مصرف کودهای شیمیایی اقدام کرد. پمنتال و همکاران (۳۱) در آمریکا گزارش کردند که از مجموع انرژی مصرفی درتولید سیب‌زمینی 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، ۱۷/۱۶ در صد انرژی مصرفی را تشکیل دادند. انرژی گازوییل عمدتا بمنظور آماده سازی زمین، عملیات کاشت داشت و برداشت و نیز حمل و نقل مورد استفاده قرار می گیرد.

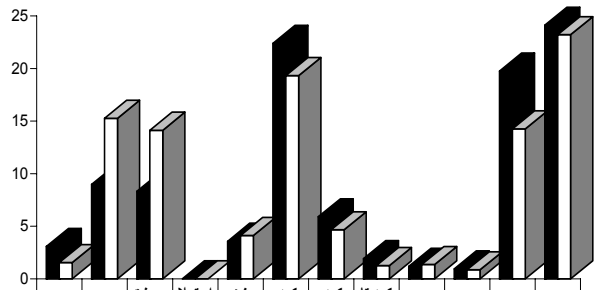
متوسط تولید و کل انرژی تولیدی در مزارع مورد مطالعه به ترتیب برابر ۵۵ تن و ۲۳۲۹۹۲/۷۶ مگاژول در هکتار بود (جدول ۸). پمنتال و همکاران (۳۱) انرژی مصرفی و انرژی تولیدی سیب زمینی در روش کشت مکانیزه را به ترتیب ۸۶۶۲۲۷۰ و ۱۹۷۱۲۰۰۰ کیلوکالری در هرهکتار گزارش کردند. انرژی مصرفی، انرژی تولیدی، کارایی انرژی، انرژی ویژه، بهره وری انرژی و انرژی خالص تولیدی مزارع سیب‌زمینی 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 واین بیانگر این است که در ازای هر واحد انرزی مصرفی ۱/۰۴ واحد انرژی حاصل شد. در این پژوهش انرژی ویژه و انرژی خالص در تولید سیب زمینی در روش کشت مکانیزه به ترتیب ۰/۹۶ مگاژول در کیلوگرم و ۱۸۰۳۵۷/۰۳ مگاژول درهکتار محاسبه گردید. کارایی انرژی در کشت مکانیزه برابر ۴/۴۴ بود (جدول ۸). یعنی به ازای هر یک کیلو کالری انرژی مصرفی ۴/۴۴ کیلوکالری انرژی تولید می شود. پمنتال 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. معمولا" 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 غده‌های 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، ۱۸و ۳۹). نتایج این بررسی نشان داد در سیستم کشت مکانیزه انرژی‌های مصرفی به صورت مستقیم ۱/۱۸برابر انرژی‌های مصرفی به صورت غیر مستقیم بوده که قسمت عمده آن انرژی مصرفی در عملیات آبیاری تشکیل می دهد. به نظر می رسد با بهبود روش‌های تهیه زمین و اصلاح روش‌های 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 سیب 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 ۲۰۶۱۵نفر 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 سیب 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 (جداول ۴، ۷ و ۸). با توجه به ارزش انرژی زایی ترکیبات شیمیایی غده سیب زمینی این نتیجه حاصل می شود که در روش کشت مکانیزه برای تولید هر واحد پروتیین و چربی به ترتیب ۲/۸و 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. می‌توان نتیجه گرفت که در سیستم کشت مکانیزه در ازای تولید هر واحد پروتیین، چربی و کربوهیدرات درمقایسه با کشت متداول انرژی کمتری مصرف و هزینه می گردد (جدول ۷).

جدول ۸- بیلان 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	مقدار مصرفKcal/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 الات 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	٤	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	۲۳۲۹۹۲/۷۶
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



	کارگر	ماشین الات	سوخت گازوییل	استهلاک ماشین	وزن ماشین الات	کود ازت (N)	کود فسفات (P)	کودپتاس (K)	علف کش	حشره کش	بذر (غده)	آبیاري
کشت سنتي (درصد از کل)	3.07	8.98	8.32	0.001	3.57	22.39	5.9	1.92	1.18	0.94	19.75	24.12
کشت مکانیزه (درصد از کل)	1.54	15.27	14.13	0.001	4.12	19.32	4.67	1.27	1.36	0.86	14.26	23.21

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

نتیجه گیری نهایی

بر اساس این پژوهش نتایج زیر به دست آمد:

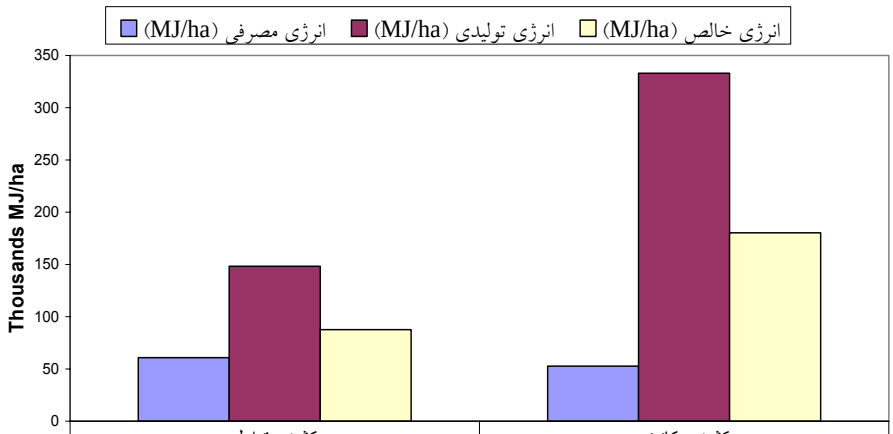
۱- کل انرژی مصرفی برای تولید سیب زمینی در نظام کشت متداول ۶۰۷۸۳/۲۴ و در نظام کشت مکانیزه ۵۲۶۳۵/۷۳ مگاژول در هکتار به دست آمد که بیشترین انرژی مصرفی در روش کشت متداول به ترتیب: آبیاری ۲۴/۹٪، کود ازته ۲۲/۳۶٪، بذر سیب زمینی ۱۹/۷۲٪ و در روش کشت مکانیزه به ترتیب: آبیاری ۲۳/۲۱٪، کود ازته ۱۹/۳۲٪ و ماشین الات کشاورزی ۱۵/۲۷٪ بود (شکل۳ 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 ازکود 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 روش‌های تهیه زمین و اصلاح روش‌های 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 (شکل ۴).

۳- کارایی انرژی، بهره وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص در کشت متداول به ترتیب: ۲/۴۴ ،۱/۰۷/۵۸و ۸۷۴۸۴/۸۸ و در کشت مکانیزه به ترتیب ۴/۴۳، ۱/۰۴ 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.

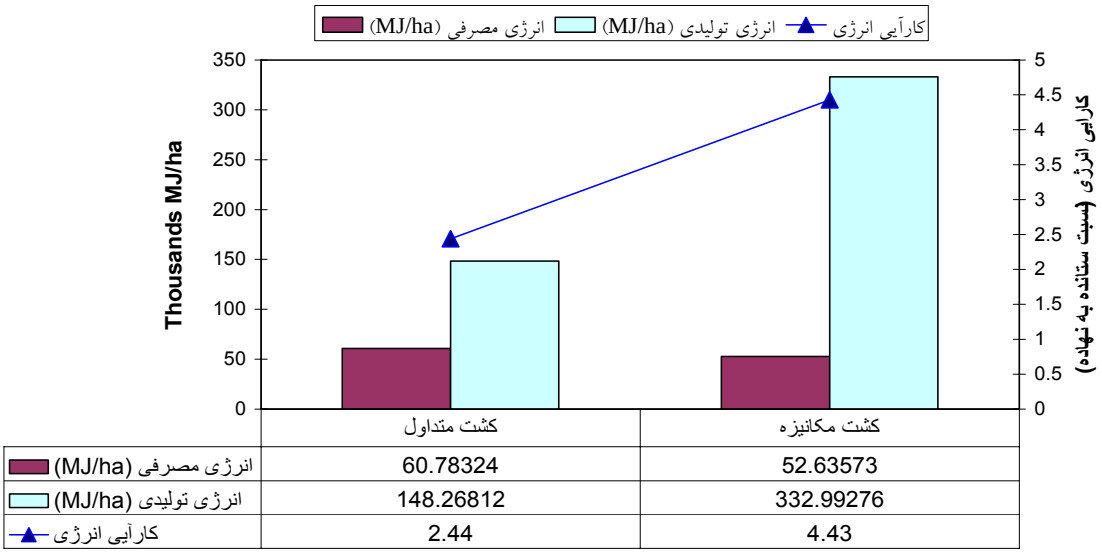
۵- نسبت انرژی مصرف شده در کشت متداول به کشت مکانیزه ۱/۱۵ برابر بود در حالیکه انرژی تولید شده در کشت مکانیزه ۱/۶ برابر کشت متداول بود این نشان دهنده این است که انرژی مصرفی از قانون میچرلیخ (بازده نزولی) پیروی می کند. به عبارت دیگر هر نهاده زراعی تا یک سطحی، عملکرد و انرژی تولیدی را افزایش خواهد داد و 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).



	کشت متداول	کشت مکانیزه
انرژی مصرفی (MJ/ha)	60.78324	52.63573
انرژی تولیدی (MJ/ha)	148.26812	332.99276
انرژی خالص (MJ/ha)	87.48488	180.35703

نظام های کاشت سیب زمینی

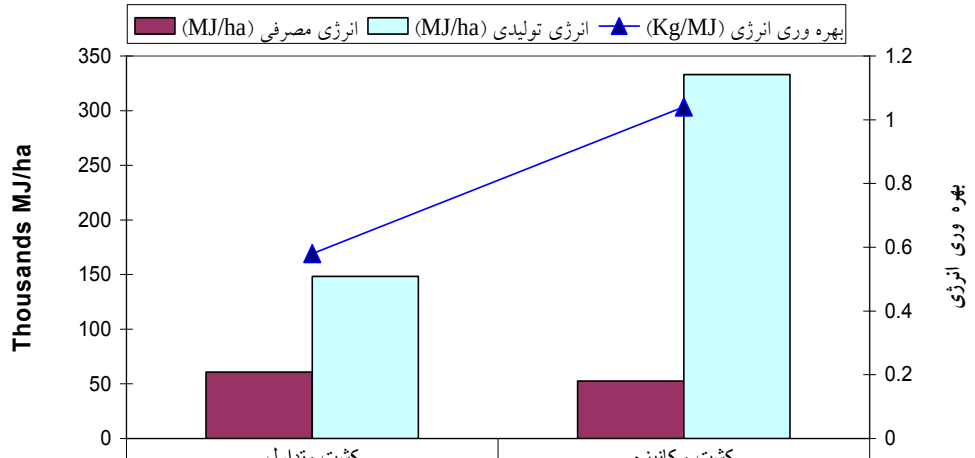
شکل ٤ – مقایسه ستانده، نهاده و انرژی خالص نظام های مختلف کاشت سیب زمینی



	کشت متداول	کشت مکانیزه
انرژی مصرفی (MJ/ha)	60.78324	52.63573
انرژی تولیدی (MJ/ha)	148.26812	332.99276
کارآیی انرژی	2.44	4.43

نظام های کاشت

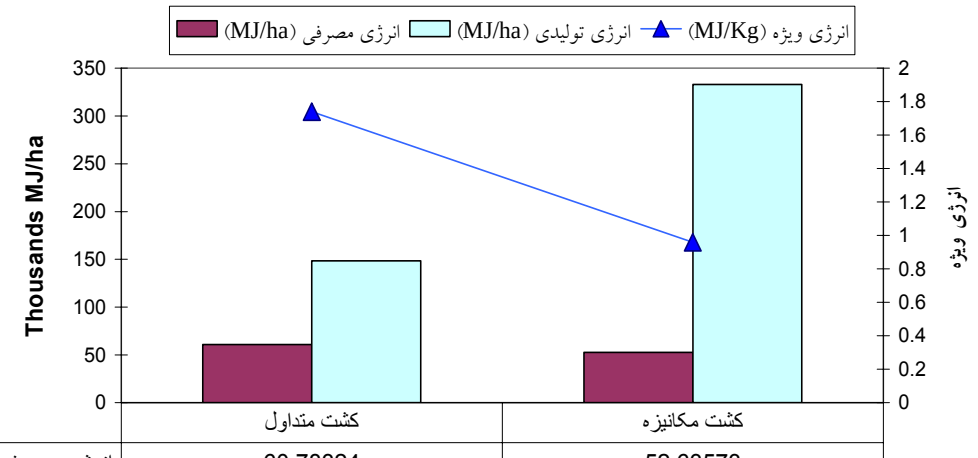
شکل ٥ – مقایسه انرژی مصرفی، انرژی تولیدی و کارایی انرژی دو نظام کشت سیب زمینی



	کشت متداول	کشت مکانیزه
انرژی مصرفی (MJ/ha)	60.78324	52.63573
انرژی تولیدی (MJ/ha)	148.26812	332.99276
بهره وری انرژی (Kg/MJ)	0.58	1.04

نظام های کاشت

شکل ٦ – مقایسه مصرفی، انرژی تولیدی و بهره وری انرژی در دو نظام کشت سیب زمینی



	کشت متداول	کشت مکانیزه
انرژی مصرفی (MJ/ha)	60.78324	52.63573
انرژی تولیدی (MJ/ha)	148.26812	332.99276
انرژی ویژه (MJ/Kg)	1.74	0.96

نظام های کاشت

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

منابع

۱- آینه بند، الف. ۱۳۸۶. اکولوژی بوم نظام های کشاورزی. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۳۷۴ صفحه

۲- ایزدخواه شیشوان، م.، م. تاجبخش، م. ر.، زردشتی، ع.، حسن زاده قورت تپه، ز.، تاجبخش، و م. پاکپور. ۱۳۸۸. بیلان انرژی در مزارع کلزا (*Brassica napus* L.) استان آذربایجانشرقی و نقش آن درتامین انرژی مصرفی انسان. اولین همایش ملی گیاهان دانه روغنی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان. ۱-۲ مهر ماه

۳- حسن زاده قورت تپه، ع.، ا. قلاوند، م. احمدی و س. خ. میر نیا ۱۳۸۰. بررسی تاثیر سیستم‌های مختلف تغذیه بر راندمان انرژی ارقا م

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 کارآیی 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 comp atison. Agric Ecosystem and Environ. 65: 231- 24

16- Demircan, V., K. Ekinci, H. M. Keener, D. Akbolat and C. Ekinci. 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>.

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 analisys 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
32- farming systems by means of an agroecological indicator- the energy indicator. Agric Syst. 72:149–72.
33- Pimental, D., G. Bevadi and S. Fast. 1983. Energy efficiency of farming system: Organic and conventional agriculture. Agric. Ecosyst. Environ. 9:353-372.
34- Pimentel, D. 1999. Energy inputs in production agriculture. In- Fluck RC, editor.
35- Energy in farm production. Amsterdam: Elsevier. p. 13–29
36- 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.
37- Safa, M. and A. Tabatabaeefar. 2002. Energy consumption in wheat production in irrigated and dry land farming. In: Proc. Intl. Agric. Eng. Conf., Wuxi, China, November 28–30.
38- 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.
39- Biosyst. Eng. 91 (2):245–56.
40- 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 .
41- 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.
42- Tsatsarelis, C. A. 1991. Energy requirements for cotton production in central Greece. J
43- Agric Eng Res. 50:239–46.
44- 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.
45- Yamane, T. 1967.Elementary sampling theory. Engle Wood Cliffs, NJ, USA: Prentice-
46- Hall Inc.
47- Yilmaz, I., H. Akcaoz and B. Ozkan. 2005. An analysis of energy use and input costs for
48- cotton production in Turkey. Renew Energy. 30:145–55.