کارآیی انرژی و بهره‌وری در نظام‌های تولید سیب‌زمینی و چغندرقند استان اصفهان

مرتضی زاهدی[۱*]، حمید رضا عشقی‌زاده[۲] و فرزاد مندنی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۴/۱۹)

چکیده

این بررسی به‌منظور ارزیابی شاخص‌های انرژی و بهره‌وری تولید در نظام‌های کشت متداول مزارع سیب‌زمینی و چغندرقند استان اصفهان در سال زراعی ۹۰ - ۱۳۸۹ در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. داده‌ها با استفاده از آمار و اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان و تهیه پرسش‌نامه از زارعین سیب‌زمینی و چغندرکار تخمین زده شد. نتایج نشان داد که کل انرژی عوامل و نهاده‌های به‌کار برده شده در نظام تولید سیب‌زمینی برابر ۸۴۶۳۳ مگاژول در هکتار (۵۶/۴٪ انرژی مستقیم، ۴۳/۷٪ انرژی غیر مستقیم، ۳۳/۹٪ انرژی قابل تجدید و ۶۶/۱٪ انرژی غیرقابل تجدید) و میزان انرژی خروجی ۱۱۹۹۱۷ مگاژول در هکتار تخمین زده شد. کل انرژی در نظام تولید چغندرقند برابر ۶۱۸۶۲ مگاژول در هکتار (۶۶/۴٪ انرژی مستقیم، ۳۳/۶٪ انرژی غیر مستقیم، ۲۳/۲٪ انرژی قابل تجدید و ۷۶/۸٪ انرژی غیر قابل تجدید) و میزان انرژی خروجی ۵۶۳۶۴۵ مگاژول در هکتار برآورد شد. بیشترین انرژی مصرفی در نظام تولید سیب‌زمینی به‌ترتیب سوخت دیزل ۳۳/۷٪، آب آبیاری ۱۴/۳٪، کود نیتروژن ۱۴/۱٪، بذر سیب‌زمینی ۱۳/۲٪ و بیشترین انرژی مصرفی در نظام تولید چغندرقند به‌ترتیب سوخت دیزل ۴۰/۵٪، آب آبیاری ۱۶/۴٪، کود نیتروژن ۱۵/۹ بود. میزان کارایی انرژی (نسبت ستاده به نهاده) در نظام تولید سیب‌زمینی ۱/۴۲ و در نظام تولید چغندرقند ۹/۱۱ محاسبه شد. درآمد ناخالص و خالص در مزارع سیب‌زمینی برابر ۵۴۸۶ و ۴۲۷۰ دلار در هکتار و در مزارع چغندرقند برابر ۲۱۲۶ و ۹۵۸ دلار در هکتار بود. نسبت سود به هزینه در مزارع سیب‌زمینی ۲/۲ و در چغندرقند ۱/۳۳ و بهره‌وری تولید در مزارع سیب‌زمینی ۷/۲ و در مزارع چغندرقند ۱۱/۶ کیلوگرم بر دلار محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی: انرژی قابل تجدید، انرژی غیر مستقیم، نسبت سود به هزینه‌ها، درآمد خالص، فشردگی انرژی

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشیار و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳. استادیار گروه زراعت و اصلاح نبات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mzahedi@cc.iut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

کشاورزی در ایران بزرگ‌ترین بخش اقتصادی پس از بخش خدمات است که ۲۱ درصد تولید ناخالص ملی، ۷۵ درصد نیازهای غذایی جامعه و ۱۳ درصد صادرات غیر نفتی را به خود اختصاص داده است (۲). با توجه به اینکه ۲۸/۵ درصد جمعیت کشور را روستائیان تشکیل می‌دهند، حدود سه میلیون خانوار در این بخش شاغل هستند (۲). بدین ترتیب بخش کشاورزی را می‌توان از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی و به لحاظ نیاز مبرم به محصولات آن، یکی از بخش‌های مهم راهبردی به حساب آورد (۱۰).

در سال‌های اخیر هم‌زمان با افزایش هزینه‌های انرژی در جهان، تلاش در جهت استفاده بهینه از منابع در کلیه بخش‌ها از جمله بخش کشاورزی مورد توجه دولت قرار گرفته است. افزون بر این، به‌دلیل ملاحظات زیست محیطی، کاهش استفاده از نهاده‌های خارج از مزرعه و به‌ویژه نهاده‌های حامل انرژی مدنظر قرار گرفته است. مهم‌ترین دلیل رشد مصرف انرژی در بخش کشاورزی، توزیع یارانه‌ای آن بوده است. چنین روندی افزون بر استفاده ناکارا از منابع کمیاب انرژی و تحمیل هزینه بالا به دولت، موجب تخریب محیط زیست نیز خواهد شد (۱ و ۱۶). هم‌زمان باکاهش یارانه‌ها و افزایش قیمت حامل‌های انرژی، انتظار می‌رود از یک طرف میزان تقاضای انرژی کاهش یافته و از طرف دیگر بر میزان، نحوه و کارایی استفاده از نهاده‌ها و مدیریت تولید در مزرعه تأثیرگذار باشد.

نحوه گردش انرژی از جمله مباحث مهم مطرح در بوم شناسی کشاورزی می‌باشد. معمولاً نسبت انرژی خروجی به ورودی به‌عنوان شاخص کارایی انرژی در بوم نظام‌های مختلف کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۲ و ۱۷). هم‌چنین نحوه جریان انرژی به‌عنوان یکی از راه‌های ارزیابی توسعه پایدار کشاورزی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. از طرف دیگر آشنایی و درک شیوه‌های تخصیص انرژی به اجزای مختلف دخیل در بوم نظام زراعی در توسعه و مدیریت این بوم نظام‌ها اهمیت دارد (۴).

بهشتی‌تبار و همکاران (۵) با ارزیابی بیلان انرژی محصولات زراعی در ایران اعلام نمودند که کل انرژی ورودی از ۳۲/۴ گیگاژول در هکتار در سال ۱۳۶۹ به ۳۷/۲ گیگاژول در هکتار در سال ۱۳۸۵ افزایش یافته و طی این مدت میانگین کارایی انرژی محصولات آبی سیب‌زمینی ۰/۸۵ و چغندرقند ۱/۷۷، گندم ۱/۳۲، جو ۱/۲۲ و ذرت ۱/۸۱ بوده است. در گزارش ایشان بیشترین سهم انرژی مصرفی در نظام‌های زراعی ایران به آب آبیاری ۴۰/۰٪ و کودهای شیمیایی ۲۸/۴٪ به‌ویژه نیتروژن تعلق داشته است. حسن‌زاده و مظاهری (۹) در ارزیابی بیلان انرژی در منطقه فلاورجان اصفهان، کارایی مصرف انرژی در سه مزرعه گندم، سیب‌زمینی و برنج را به‌ترتیب معادل ۲/۷، ۲/۳ و ۱/۳ گزارش کردند. کوچکی و حسینی (۱۲) راندمان مصرف انرژی زراعت سیب زمینی در مزارع نیشابور را با احتساب ۱۶ تن عملکرد غده، ۰/۷ واحد انرژی خروجی به ازای هر واحد انرژی ورودی محاسبه نمودند. ایشان هم‌چنین کارایی انرژی زراعت سیب‌زمینی در مشهد را با احتساب عملکرد غده ۲۰ تن در هکتار، ۰/۷۵ گزارش کردند.

رجبی همدانی و همکاران (۱۵) میزان کل انرژی مصرفی در مزارع سیب‌زمینی استان همدان را با احتساب متوسط ۲۸ تن عملکرد غده در هکتار، برابر با ۹۲۲۹۶ مگاژول در هکتار برآورد کردند که در آن کود نیتروژن (۳۹٪)، سوخت دیزل (۲۱٪)، بذر (۱۴/۹٪)، آب (۷/۵٪) و کود آلی (۶/۴٪) مؤلفه‌های اصلی مصرف انرژی را تشکیل دادند. نتایج مطالعه ایزدخواه و همکاران (۱۱) در مزارع سیب‌زمینی استان آذربایجان شرقی نیز نشان داد که کل انرژی مصرفی برای تولید سیب‌زمینی در نظام کشت متداول و کشت مکانیزه به‌ترتیب برابر با ۶۰۷۸۳ و ۵۲۶۳۵ مگاژول در هکتار بود که بیشترین سهم انرژی مصرفی در روش کشت متداول به‌ترتیب: به آبیاری (۲۴/۹٪)، کود نیتروژن (۲۲/۳۶٪)، بذر سیب‌زمینی (۱۹/۷٪) و در روش کشت مکانیزه به‌ترتیب به آبیاری (۲۳/۲٪)، کود نیتروژن (۱۹/۳٪) و ماشین‌آلات کشاورزی (۱۵/۳٪) اختصاص داشت. در مطالعه

Archive of SID

www.SID.ir

ایشان انرژی مصرف شده در کشت متداول نسبت به کشت مکانیزه ۱/۱۵ برابر بود، درحالی‌که انرژی تولید شده در کشت مکانیزه ۱/۶ برابر کشت متداول بود.

اردال و همکاران (۷) گزارش نمودند که از کل انرژی مصرفی برای تولید چغندرقند (۳۹۶۸۵ مگاژول در هکتار) حدود ۴۹ درصد به کود مصرفی و ۲۴ درصد آن به سوخت اختصاص داشت. در مطالعه ایشان کارایی انرژی ۲۵/۷ درصد و بهره‌وری انرژی ۱/۵۳ کیلوگرم بر مگاژول و حدود ۸۲ درصد کل انرژی ورودی از نوع غیرقابل تجدید بود. نسبت سود به هزینه ۱/۱۷ و بیشترین هزینه انرژی مربوط به کارگر، اجاره زمین و کود مصرفی بود.

با توجه به اهمیت فرآورده‌های حاصل از تولید سیب‌زمینی (متوسط سرانه مصرف ۵۴ کیلوگرم) و چغندرقند (متوسط سرانه مصرف شکر ۲۹ کیلوگرم) در سبد غذایی هر خانوار ایرانی و نیز ضرورت افزایش بهره‌وری تولید از دیدگاه اقتصادی و مصرف انرژی، این مطالعه با هدف ارزیابی کارآیی انرژی و بهره‌وری اقتصادی تولید مزارع سیب‌زمینی و چغندرقند استان اصفهان جهت برنامه‌ریزی و سیاستگذاری در راستای تولید بهینه محصولات کشاورزی انجام شد.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر به‌صورت میدانی در مزارع تولید سیب‌زمینی و چغندرقند شهرستان‌های مختلف استان اصفهان (اصفهان، فریدونشهر، نجف‌آباد، کاشان، آران و بیدگل، چادگان، ورزنه، سمیرم، نایین، اردستان، شاهین‌شهر و میمه) در سال زراعی ۹۰ - ۱۳۸۹ انجام شد. جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از پرسشنامه‌های تهیه شده شامل اطلاعات مربوط به کلیه فعالیت‌های زراعی از قبیل آماده‌سازی زمین، میزان بذر مصرفی، میزان آب آبیاری، کودهای مصرفی، سموم شیمیایی، نیروی انسانی مورد نیاز و غیره از طریق مصاحبه چهره به چهره با زارعان سیب‌زمینی و چغندرکار انجام شد. آمار و اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت، عملکرد در واحد سطح، میزان تولید محصولات و تعداد زارعین محصولات مورد مطالعه از طریق منابع موجود در سازمان جهاد کشاورزی استان به‌دست آمد. در هر شهرستان تعداد مزارع برای نمونه‌گیری هر محصول از طریق معادلهٔ زیر مشخص شد (۱۴):

$$n = \frac{N \times S^2}{(N-1)S_X^2 + S^2} \qquad (۱)$$

در این معادله n: تعداد نمونه‌های مورد نیاز، N: تعداد زارعین تولید کننده محصول مورد نظر، S: انحراف معیار، S_X : انحراف معیار نمونه ($S_X = d/z$)، d: دقت (اشتباه مجاز) در اندازه نمونه که ۱۵ درصد میانگین برای سطح اطمینان ۹۵ درصد تعریف می‌شود و Z، ضریب اطمینان (برابر ۱/۹۶ در سطح اطمینان ۹۵ درصد) می‌باشد.

بر این اساس تعداد نمونه مورد بررسی برای چغندرقند ۴۰ و برای سیب‌زمینی ۳۵ برآورد گردید که به‌طور تصادفی از مزارع موجود در هر بخش انتخاب شدند. اطلاعات اولیه انرژی‌های مصرفی (نهاده) و انرژی‌های تولیدی (ستاده) و عملکرد محصولات در نرم‌افزارهای SPSS16 و Excell ثبت، میانگین داده‌های به‌دست آمده محاسبه شد. سپس میانگین داده‌ها با استفاده از فرمول‌های مربوطه و میزان انرژی هر واحد نهاده بر اساس مگاژول در هکتار بیان شدند.

آنالیزهای انرژی

میزان انرژی موجود در کلیه نهاده‌های ورودی و خروجی با استفاده از معادل انرژی آنها که در جدول ۱ ثبت شده است، برآورد گردید و سپس شاخص‌های انرژی با استفاده از معادلات زیر محاسبه شدند (۳ و ۸):

(۲): انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) / انرژی خروجی (مگاژول در هکتار) = کارایی مصرف انرژی

(۳): انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) / عملکرد گیاه زراعی (کیلوگرم در هکتار) = بهره‌وری انرژی

(۴): عملکرد گیاه زراعی (تن در هکتار) / انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) = انرژی مخصوص

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. معادل انرژی‌های ورودی و خروجی در نظام‌های تولید سیب‌زمینی و چغندرقند

اجزا	واحد	معادل انرژی ($MJ\ unit^{-1}$)
الف. ورودی‌ها		
۱- نیروی انسانی	h	۱/۹۵
۲- ماشین آلات	h	۶۲/۷۰
۳- سوخت دیزلی	l	۵۰/۲۳
۴- کودهای شیمیایی		
۴ – ۱- نیتروژن	kg	۷۵/۴۶
۴ – ۲- فسفات	kg	۱۳/۰۷
۴ – ۳ - پتاسیم	kg	۱۱/۱۵
۵- مواد شیمیایی	l یا kg	
۵ – ۱ - علف‌کش‌ها		۲۳۸/۰۰
۵ – ۲ - آفت‌کش‌ها		۱۰۱/۲۰
۵ -۳ - قارچ‌کش‌ها		۲۱۶/۰۰
۶- کودهای میکرو	l یا kg	۱۲۰/۰۰
۷- کود حیوانی	kg	۰/۳۰
۸- الکتریسیته	kWh	۳/۶۰
۹- آب آبیاری	m^3	۱/۰۲
۱۰- بذر چغندرقند	kg	۵۰/۰۰
۱۱- بذر سیب‌زمینی	kg	۳/۶۰
ب. خروجی‌ها		
۱- عملکرد چغندرقند	kg	۱۶/۸۰
۲- عملکرد سیب‌زمینی	kg	۳/۶۰

(۵): انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)- انرژی خروجی (مگاژول در هکتار)= انرژی خالص

(۶): هزینه کل تولید (دلار در هکتار) / انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) = فشردگی انرژی

سپس براساس نوع فعالیت‌های زراعی و نهاده‌های ورودی سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم و هم‌چنین سهم انرژی‌های تجدید شونده و غیر تجدید شونده از انرژی کل مصرفی محاسبه شد. انرژی‌های مستقیم شامل نیروی کارگری، سوخت، انرژی برق و آب و انرژی‌های غیر مستقیم شامل بذر، کود دامی، کودهای شیمیایی، علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و ماشین آلات بودند. انرژی‌های نیروی کارگری، بذر، آب و کود دامی به‌عنوان انرژی‌های تجدید شونده و انرژی‌های سوخت، برق، کودهای شیمیایی، علف‌کش‌ها، آفت کش‌ها، قارچ کش‌ها و ماشین آلات به‌عنوان انرژی‌های غیر تجدید شونده در نظر گرفته شدند (۱۱).

آنالیزهای اقتصادی

شاخص‌های اقتصادی شامل، سود خالص، سود ناخالص، نسبت سود ناخالص به کل هزینه (Benefit to cost ratio)، هزینهٔ کل تولید بر اساس دلار در هکتار، هزینهٔ کل تولید بر اساس دلار بر مگاژول و هزینهٔ کل تولید بر اساس دلار بر کیلوگرم می‌باشد که از معادلات مربوطه به‌دست آمد (۳ و ۸). در این زمان ارزش هر دلار به صورت دولتی ۱۲۵۰۰ ریال بود.

(۷): هزینه‌های متغیر (دلار در هکتار) – ارزش ناخالص تولید (دلار در هکتار) = درآمد ناخالص

(۸): قیمت محصول (دلار در هکتار) × عملکرد محصول

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. انرژی‌های ورودی و خروجی و معادل‌های آنها در نظام تولید سیب‌زمینی

انرژی	مقدار در واحد سطح (ha)	معادل انرژی (MJ unit^{-1})	معادل انرژی کل (MJ)	درصد کل انرژی ورودی (٪)
ورودی‌ها				
نیروی انسانی (h)	۷۱۴/۷	۱/۹۵	۱۳۹۳/۶	۱/۶
ماشین آلات (h)	۴۸/۵	۶۲/۷۰	۲۹۷۷/۱	۳/۵
سوخت دیزلی (l)	۵۶۸/۲	۵۰/۲۳	۲۸۵۴۳/۴	۳۳/۷
نیتروژن (kg)	۱۵۷/۹	۷۵/۴۶	۱۱۹۱۹/۹	۱۴/۱
فسفات (kg)	۱۴۳/۷	۱۳/۰۷	۱۸۷۸/۸	۲/۲۲
پتاسیم (kg)	۱۲۸/۸	۱۱/۱۵	۱۴۳۶/۷	۱/۷
کود حیوانی (kg)	۱۳۲۹۰	۰/۳	۳۹۸۷	۴/۷
کودهای میکرو (kg یا l)	۹/۶	۱۲۰	۱۱۵۸/۶	۱/۴
علف‌کش‌ها (l)	۲/۶	۲۳۸/۰۰	۶۳۰/۷	۰/۷۵
آفت‌کش‌ها (l)	۵/۰	۱۰۱/۲۰	۵۰۶/۰	۰/۶
قارچ‌کش‌ها (kg یا l)	۶/۰	۲۱۶/۰۰	۱۲۹۶/۰	۱/۵۳
الکتریسیته (kWh)	۱۵۶۰	۳/۶۰	۵۶۱۶	۶/۷۰
آب آبیاری (m^3)	۱۱۸۹۰	۱/۰۲	۱۲۱۲۷/۸	۱۴/۳
بذر (kg)	۳۱۰۰۵	۳/۶۰	۱۱۱۶۱/۸	۱۳/۲
کل انرژی ورودی			۸۴۶۳۳/۵	۱۰۰/۰۰
خروجی‌ها				
عملکرد سیب زمینی (kg)	۳۳۳۱۰/۳	۳/۶۰	۱۱۹۹۱۷/۱	

زراعی (کیلوگرم در هکتار) = ارزش ناخالص تولید

(۹): هزینه کل تولید (دلار در هکتار) – ارزش ناخالص تولید (دلار در هکتار) = درآمد خالص

(۱۰): هزینه‌های ثابت تولید (دلار در هکتار) + هزینه‌های جاری تولید (دلار در هکتار) = هزینه کل تولید

(۱۱): هزینه کل تولید (دلار در هکتار) / ارزش ناخالص تولید (دلار در هکتار) = نسبت سود به هزینه

(۱۲): هزینه کل تولید (دلار در هکتار) / عملکرد محصول زراعی (کیلوگرم در هکتار) = بهره‌وری

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل شاخص‌های انرژی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که متوسط انرژی مصرفی در مزارع سیب‌زمینی و چغندرقند استان اصفهان به‌ترتیب معادل ۸۴۶۳۳ و ۶۱۸۶۲ مگاژول در هکتار بود. در مزارع چغندرقند و سیب‌زمینی به‌ترتیب ۹۳۲ و ۷۱۴ ساعت نیروی کارگری و ۳۹ و ۴۸ ساعت ماشین آلات در هکتار مصرف شد (جدول ۲ و ۳). بدین ترتیب در مزارع سیب‌زمینی نسبت به چغندرقند، ۱/۴ برابر انرژی بیشتری مصرف شده است و از جمله عامل مؤثر در مصرف بالاتر انرژی در مزارع سیب‌زمینی مصرف بیشتر بذر بود. در مزارع سیب‌زمینی نیز بیشترین سهم انرژی مصرفی مربوط به سوخت (۳۳/۷ درصد) بود و پس از آن کود نیتروژن (۱۴/۱)، آب آبیاری (۱۴/۳) و میزان بذر مصرفی (۱۳/۲ درصد) بالاترین سهم را داشتند (جدول ۲).در بین عملیات زراعی در مزارع چغندرقند، سوخت دیزل بیشترین سهم (۴۰/۵ درصد) را داشت و پس از آن آب آبیاری (۱۶/۴ درصد)، کود نیتروژن

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. انرژی‌های ورودی و خروجی و معادل‌های آنها در نظام تولید چغندرقند

انرژی	مقدار در واحد سطح (ha)	معادل انرژی (MJ unit^{-1})	معادل انرژی کل (MJ)	درصد کل انرژی ورودی (٪)
ورودی‌ها				
نیروی انسانی (h)	۹۳۲/۹	۱/۹۵	۱۸۱۹/۱	۲/۹
ماشین آلات (h)	۳۹/۷	۶۲/۷۰	۲۴۸۸/۶	۴/۱
سوخت دیزلی (l)	۴۹۸/۶	۵۰/۲۳	۲۵۰۴۵/۷	۴۰/۵
نیتروژن (kg)	۱۳۰/۳	۷۵/۴۶	۹۸۳۳/۸	۱۵/۹
فسفات (kg)	۱۲۹/۶	۱۳/۰۷	۱۶۹۳/۶	۲/۷
پتاسیم (kg)	۱۰۸/۸	۱۱/۱۵	۱۲۱۳/۷	۱/۹
کود حیوانی (kg)	۷۰۶۲/۱	۰/۳	۲۱۱۸/۶۰	۳/۴
کودهای میکرو (kg یا l)	۵/۷۰	۱۲۰	۶۸۴/۰۰	۱/۱
علف‌کش‌ها (l)	۵/۶	۲۳۸/۰۰	۱۳۳۲/۸	۲/۱
آفت‌کش‌ها (l)	۵/۵۰	۱۰۱/۲۰	۵۵۶/۶۰	۱/۳
قارچ‌کش‌ها (kg یا l)	۲/۷	۲۱۶/۰۰	۵۹۴/۰۰	۱/۰
الکتریسیته (kWh)	۱۱۳۰	۳/۶۰	۴۰۶۸	۶/۶
آب آبیاری (m^3)	۹۹۵۰	۱/۰۲	۱۰۱۴۹	۱۶/۴
بذر (kg)	۵/۳	۵۰/۰	۲۶۵	۰/۴
کل انرژی ورودی				۱۰۰/۰۰
خروجی‌ها				
عملکرد چغندر قند (kg)	۳۳۵۵۰/۵	۱۶/۸	۵۶۳۶۴۵/۴	

(۱۵/۹ درصد) و الکتریسیته (۶/۶ درصد) بیشترین سهم را داشتند (جدول ۳).

اردال و همکاران (۷) در مطالعه‌ای دیگری در ترکیه گزارش نمودند که کل انرژی مصرفی برای تولید چغندرقند ۳۹۶۸۵ مگاژول در هکتار بود که از این میزان در حدود ۴۹ درصد مربوط به انرژی کود مصرفی و ۲۴ درصد مربوط به سوخت بود. محمدی و همکاران (۱۳) نیز مصرف انرژی کل در هکتار در مزارع سیب‌زمینی را برابر ۸۱۶۲۴ مگاژول گزارش کردند که بیشترین سهم مصرف انرژی با ۳۲/۶ درصد مربوط به کود نیتروژن و پس از آن مصرف سوخت‌های فسیلی با ۱۵/۸ بود. هم‌چنین آب آبیاری و بذر مصرفی در رده‌های بعدی بودند.

در این بررسی عملکرد چغندرقند و سیب‌زمینی به‌ترتیب ۳۳/۵۵ و ۳۳/۳۱ تن در هکتار برآورد گردید. کارایی مصرف انرژی نیز در مزارع چغندرقند و سیب‌زمینی به‌ترتیب ۹/۱۱ و ۱/۴۲ برآورد شد (جدول ۲ و ۳). کارایی مصرف انرژی در مزرعه چغندرقند حدود ۶/۴ برابر بیشتر از سیب‌زمینی بود که می‌تواند به‌دلیل بالاتر بودن نسبی عملکرد و هم‌چنین معادل انرژی خروجی از یک طرف و از سوی دیگر مصرف پایین‌تر انرژی در مزارع چغندرقند باشد. اردال و همکاران (۷) گزارش نمودند که کارایی انرژی چغندرقند در ترکیه ۲۵/۷۵ بود.

نامبردگان اظهار داشتند علت بالا بودن کارایی مصرف انرژی در چغندرقند مصرف پایین انرژی و هم‌چنین بالا بودن معادل انرژی هر واحد محصول تولیدی می‌باشد. ستینا و وردار (۶) نیز کارایی انرژی در سیستم تولید مزرعه‌ای گوجه‌فرنگی را ۰/۸ و بهره‌وری انرژی را برابر ۰/۹۹ کیلوگرم گوجه‌فرنگی بر مگاژول به‌دست آوردند. در این بررسی مشخص شد که

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. تجزیه و تحلیل شاخص‌های انرژی در نظام تولید سیب‌زمینی و چغندرقند

شاخص	واحد	مقدار	
		چغندرقند	سیب‌زمینی
کارایی مصرف انرژی	-	۹/۱۱	۱/۴۲
فشردگی انرژی	MJ $^{-1}$	۱۸/۹	۱۸/۷
انرژی خاص	MJ kg^{-1}	۱/۸	۲/۵
بهره‌وری انرژی	Kg MJ^{-1}	۰/۵	۰/۴
انرژی خالص	MJ ha^{-1}	۵۰۱۷۸۲/۹	۳۵۲۸۳/۶
انرژی مستقیم[۲]	MJ ha^{-1}	۴۱۰۸۱/۸ (٪۶۶/۴)[۱]	۴۷۶۸۰/۹ (٪۵۶/۴)
انرژی غیر مستقیم[۳]	MJ ha^{-1}	۲۰۷۸۰/۷ (٪۳۳/۶)	۳۶۹۵۲/۶ (٪۴۳/۷)
انرژی تجدید شونده[۴]	MJ ha^{-1}	۱۴۳۵۱/۷ (٪۲۳/۲)	۲۸۶۷۰/۲ (٪۳۳/۹)
انرژی غیر تجدید شونده[۵]	MJ ha^{-1}	۴۷۵۱۰/۸(٪۷۶/۸)	۵۵۹۳۶/۲ (٪۶۶/۱)
کل انرژی ورودی	MJ ha^{-1}	۶۱۸۶۲/۵ (٪۱۰۰)	۸۴۶۳۳/۴ (٪۱۰۰/۰)
کل انرژی خروجی	MJ ha^{-1}	۵۶۳۶۴۵/۴ (٪۱۰۰)	۱۱۹۹۱۷/۱ (٪۱۰۰/۰)

۱- بیانگر درصد از کل انرژی

۲- شامل نیروی انسانی، سوخت فسیلی، برق و آب

۳- شامل بذر، کود حیوانی، کود شیمیایی، علف‌کش، آفت‌کش، قارچ‌کش و ماشین آلات

۴- شامل نیروی انسانی، بذر، آب و کود مزرعه

۵- شامل سوخت فسیلی، کود شیمیایی، علف‌کش، آفت‌کش، قارچ‌کش و ماشین آلات

مهم‌ترین هزینه‌ها مربوط به هزینه‌های کارگر، ماشین‌آلات، اجاره زمین و آفت‌کش‌ها بود.

از کل انرژی مصرفی، انرژی مستقیم در مزارع چغندرقند و سیب‌زمینی به‌ترتیب ۶۶/۴ و ۵۶/۴ درصد و انرژی غیر مستقیم به‌ترتیب ۳۳/۶ و ۴۳/۷ درصد بود. هم‌چنین انرژی تجدیدپذیر در مزارع چغندرقند و سیب‌زمینی به‌ترتیب ۲۳/۲ و ۳۳/۹ درصد و انرژی غیر تجدیدپذیر ۷۶/۸ و ۶۶/۱ درصد بود (جدول ۴). بنابراین سهم انرژی‌های غیر مستقیم و غیر تجدید شونده در هر دو سیستم بیشتر از انرژی‌های مستقیم و تجدید شونده بود. بنابراین لازم است تا برای به‌دست آوردن کارایی مصرف انرژی بالاتر در تولید چغندرقند و سیب‌زمینی سهم انرژی‌های غیر تجدید شونده را کاهش داد.

اردال و همکاران (۷) نیز گزارش نمودند که بهره‌وری انرژی در چغندرقند، ۱/۵۳ کیلوگرم بر مگاژول بود و حدود ۸۲ درصد کل انرژی ورودی از نوع غیر قابل تجدید بود. در بررسی دیگر که در همدان توسط زنگنه و همکاران (۱۸) بر روی سیب‌زمینی صورت گرفت نامبرگان گزارش کردند که از کل انرژی ورودی برای تولید سیب‌زمینی، حدود ۶۰ درصد انرژی‌های مستقیم، ۴۰ درصد غیر مستقیم، ۸۰ درصد غیر قابل تجدید و ۲۰ درصد نیز انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشند و کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی و فشردگی انرژی نیز به‌ترتیب ۱/۱۴، ۰/۳۲ کیلوگرم بر مگاژول و ۳۸/۸۴ مگاژول بر دلار بود.

در مزارع چغندرقند و سیب‌زمینی کارایی مصرف انرژی به‌ترتیب ۹/۱۱ و ۱/۴۲، فشردگی انرژی ۱۸/۹ و ۱۸/۷ مگاژول بر دلار و بهره‌وری انرژی ۰/۵ و ۰/۴ کیلوگرم بر مگاژول بود

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. شاخص‌های اقتصادی در نظام تولید سیب‌زمینی و چغندرقند

مؤلفه‌های سود و هزینه	واحد	مقدار	
		چغندرقند	سیب‌زمینی
عملکرد	kg ha^{-1}	۳۳۵۵۰/۳۲	۳۳۳۱۰/۳۰
قیمت فروش	$ kg^{-1}	۰/۱۱	۰/۳۴
ارزش ناخالص تولید	$ ha^{-1}	۳۸۵۴/۵۱	۱۱۱۶۱/۹۰
هزینه‌های متغیر	$ ha^{-1}	۲۰۰۷/۳۸	۳۱۶۸/۸۶
هزینه‌های ثابت	$ ha^{-1}	۱۲۵۸/۹۸	۱۳۵۴/۷۲
کل هزینه‌ها	$ ha^{-1}	۳۲۶۶/۳۵	۴۵۲۳/۵۸
درآمد ناخالص	$ ha^{-1}	۱۸۴۷/۱۴	۷۹۹۳/۰۴
درآمد خالص	$ ha^{-1}	۵۵۸/۱۶	۶۶۳۸/۳۲
نسبت سود به هزینه	-	۱/۱۸	۲/۴۷
بهره‌وری	kg $$^{-1}$	۱۰/۲۷	۷/۳۶

(جدول ۴) که مورد اخیر بدین معنی است که با هر واحد انرژی (مگاژول) در مزارع چغندرقند ۰/۵ کیلوگرم و در مزارع سیب‌زمینی ۰/۴ کیلوگرم محصول تولید می‌شود. هم‌چنین براساس انرژی مخصوص محاسبه شده، در مزارع چغندرقند و سیب‌زمینی برای تولید هر کیلوگرم محصول به‌ترتیب ۱/۸ و ۲/۵ مگاژول انرژی صرف می‌شود (جدول ۵). نتایج این بررسی هم‌چنین نشان داد که میزان انرژی خالص در مزارع چغندرقند و سیب‌زمینی به‌ترتیب ۵۰۱۷۸۲ و ۳۵۲۸۳ مگاژول بر هکتار می‌باشد (جدول ۴).

تجزیه و تحلیل شاخص‌های اقتصادی

در مزارع سیب‌زمینی و چغندرقند، ارزش ناخالص تولید به‌ترتیب ۱۱۱۶۱ و ۳۸۵۴ دلار در هکتار، هزینه‌های متغیر ۳۱۶۸ و ۲۰۰۷ دلار در هکتار و هزینه‌های ثابت ۱۳۵۴ و ۱۲۵۸ دلار در هکتار برآورد گردید. با توجه به عملکرد نسبی مشابه، قیمت هر کیلوگرم سیب‌زمینی حدود ۰/۳۴ دلار و قیمت هر کیلوگرم چغندرقند ۰/۱۱ دلار در نظر گرفته شد. بنابراین تفاوت قابل مشاهده دو گیاه از نقطه نظر این شاخص قابل توجیه است.

کل هزینه تولید در چغندرقند (۳۲۶۶ دلار در هکتار) کمتر از سیب‌زمینی (۴۵۲۳ دلار در هکتار) بود (جدول ۵). که این تفاوت به‌دلیل مصرف بیشتر آب آبیاری، کودهای شیمیایی و آلی و به‌ویژه بذر (غده) در مزارع سیب‌زمینی در مقایسه با مزارع چغندرقند بود (جدول ۲ و ۳)، سهم هزینه‌های متغیر در دو نظام تولید بالاتر از هزینه‌های ثابت بود و در بین هزینه‌های متغیر هزینه بذر و حمل ونقل بالاترین سهم را در دو نظام تولیدی به خود اختصاص داد (جدول ۵).

درآمد ناخالص و خالص در مزارع چغندرقند برابر ۱۸۴۷ و ۵۵۸ دلار در هکتار و در سیب‌زمینی ۷۹۹۳ و ۶۶۳۸ دلار در هکتار به‌دست آمد که در مزارع چغندرقند به مراتب کمتر بود. به‌عبارت دیگر درآمد ناخالص و خالص در چغندرقند به‌ترتیب حدود ۴/۳ و ۱۱/۲ برابر کمتر از سیب‌زمینی بود. هم‌چنین نسبت سود به هزینه در مزارع چغندرقند ۱/۱۸ و در سیب‌زمینی ۲/۴۷ و بهره‌وری ۱۰/۲۷ و ۷/۳۶ کیلوگرم بر دلار محاسبه شد. این بدین معنی است که هر دلار هزینه در مزارع چغندرقند ۱۰/۲۷ کیلوگرم و در سیب‌زمینی ۷/۳۶ کیلوگرم محصول تولید نموده است (جدول ۵). زنگنه و همکاران (۱۸) نیز نسبت سود به هزینه‌ها و بهره‌وری را در تولید سیب‌زمینی در استان همدان به‌ترتیب ۱ و ۱۱/۲۸ کیلوگرم بر دلار گزارش کردند.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

به‌عنوان یک چشم‌انداز کلی مبنی بر نتایج این مطالعه می‌توان بیان داشت که سهم عمده انرژی‌های مصرفی در نظام‌های تولید چغندرقند و سیب‌زمینی استان اصفهان به انرژی سوخت‌های فسیلی، آب آبیاری، کودهای شیمیایی، ماشین آلات و الکتریسیته تعلق داشت. کل انرژی مصرفی در مزارع چغندرقند نسبت به سیب‌زمینی پایین‌تر بود، این موضوع سبب شد که فشردگی انرژی در مزارع سیب‌زمینی بالاتر از چغندرقند باشد که حاکی از مصرف نهاده‌های بیشتر در تولید محصول سیب‌زمینی است. از کل انرژی مصرفی در نظام‌های تولید چغندرقند و سیب‌زمینی سهم نهاده‌های غیر تجدید شونده و مستقیم بالاتر از نهاده‌های تجدید شونده و غیر مستقیم بود. کارایی مصرف انرژی در مزارع چغندرقند در مقایسه با سیب‌زمینی بالاتر بود این در حالی بود که به‌علت قیمت بالاتر محصول سیب‌زمینی نسبت سود به هزینه‌ها در مزارع سیب‌زمینی در مقایسه با چغندرقند بالاتر بود. بنابراین هرچند نظام تولید سیب‌زمینی درآمد بالاتری ایجاد می‌کند ولی به‌لحاظ شاخص‌های انرژی در مقایسه با نظام تولید چغندرقند وضعیت نامطلوبی دارد. بی‌شک هر راهکاری که به‌وسیله آن بتوان مصرف انرژی‌های فسیلی، غیر تجدید شونده و مستقیم را در نظام‌های تولید سیب‌زمینی و چغندرقند کاهش داد، با پایداری نظام تولید و افزایش کارایی مصرف انرژی همراه خواهد بود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از کشاورزان زحمت‌کش و خدوم منطقه و نیز از کارکنان محترم سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان به‌ویژه اداره آمار و اطلاعات که در روند اجرای این مطالعه همکاری تنگاتنگی داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود، هم‌چنین این پروژه تحت نظر صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران معاونت علمی ریاست جمهوری اجرا و تأمین مالی شده است که بدین وسیله قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Al-Mohammad, A. 2001. Renewable energy resources in Syria. *Renewable Energy* 24: 365–7.
2. Anonymous. 2011. Statistical Yearbook, Chapter IV, Agriculture, Forestry and Fisheries, available on the national portal: http://salnameh.sci.org.ir
3. Banaeian, N., M. Omid and H. Ahmadi. 2010. Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. *Energy Conversion and Management* 52 (2): 1020-1025.
4. Bayliss – Smith, T. P. 1991. The Ecology of Agricultural Systems. Cambridge University press. Cambridge, United Kingdom.
5. Beheshti Tabar, I., A. Keyani and Sh. Rafiee. 2010. Energy balance in Iran's agronomy (1990-2006). *Renewable and Sustuinable Energy Reviews* 14: 849-855.
6. Cetina, B. and A. Vardar. 2008. An economic analysis of energy requirements and input costs for tomato production in Turkey. *Renewable Energy* 33:428-433.
7. Erdal, G., K. Esengu, H. Erdal and O. Gunduz. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy* 32:35–41.
8. Ghorbani, R., F. Mondani, S. Amirmoradi, H. Feizi, S. Khorramdel, M. Teimouri, S. Sanjani, S. Anvarkhah and H. Aghel. 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. *Applied Energy* 88(1). 283-288.
9. Hassnzadeh, E. and D. Mazaheri. 1996. Assess energy balance in wheat, potatoes and rice in the Falavarjan region of Isfahan. *In:* Proceeding of Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, Isfahan University of Technology, Isfahan.
10. Hojabr-Kiani, K. and B. Ranjbari. 2001. Study of long-run relationship between output and inputs such as: labor, capital and energy in agricultural sector. *Agricultural Economics and Development* 9 (35): 39-64. (In Farsi).

Archive of SID

www.SID.ir

11. Izadkhah, M., M. Tajbakhsh and A. Hassnzadeh. 2010. Evaluation of energy efficiency of conventional ad mechanized farming system on potato production in east Azarbayjan province. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8 (2): 284-297. (In Farsi).
12. Kuchaki, A. and M. Hoseini. 1994. Energy Efficiency in Agricultural Ecosystems. Ferdowsi University of Mashhad Press. Mashhad.
13. Mohammadi, A., A. Tabatabaeefar, Sh. Shahin, Sh. Rafiee and A. Keyhani. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. *Energy Conversion and Management* 49:3566 –3570.
14. Newbold, P. 1994. Statistics for Business and Economics. Prentice-Hall, Inc.
15. Rajabi Hamedani, S., Z. Shabani and Sh. Rafiee. 2011. Energy inputs and crop yield relationship in potato production in Hamadan province of Iran. *Energy* 36: 2367-2371.
16. Taheri, F. and S. N. A. Mousavi. 2010. Analyzing the role of energy in the iranian agriculture sector. *Journal of Agricultural Economics Research* 2 (2): 45-60. (In Farsi).
17. Tripathi, R. S. and V. K. Sah. 2001. Material and energy-flow in high- hill, mid hill and Village farming systems of Garhwal Himalaya. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 86 (1): 75 – 91.
18. Zangeneh, M., M. Omid and A. Akram. 2010. A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. *Energy* 35: 2927-2933.

Archive of SID

www.SID.ir