نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱، ص. ۱۶۹-۱۵۹

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 2, Summer 2012, p. 159-169

ارزیابی بودجهٔ انرژی و بهره‌وری آن در مزارع تولید سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) استان کردستان، مطالعه موردی: دشت دهگلان

فرزاد حسین پناهی[1*] و محمد کافی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۶/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۲۰

چکیده

به منظور مقایسهٔ مزارع تولید تجاری و سنتی سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) استان کردستان از نظر جنبه‌های مختلف مصرف انرژی مطالعه‌ای طی سال‌های زراعی ۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷ در دشت دهگلان صورت گرفت. به این منظور ۵۰ مزرعه از مزارع تجاری و ۵۰ مزرعه از مزارع سنتی سیب‌زمینی موجود در دشت دهگلان انتخاب و اطلاعات مربوط به نهاده‌های ورودی و عملکرد سیب‌زمینی در قالب پرسش‌نامه‌هایی از کشاورزان مربوطه استخراج گردید. نتایج نشان داد که مقدار کل انرژی‌های ورودی در مزارع تولید تجاری و سنتی به ترتیب ۹۳۳۳۰/۶۷ و ۴۴۲۷۹/۵۲ مگاژول در هکتار بود. در مزارع تجاری سهم انرژی‌های مربوط به مواد شیمیایی، سوخت‌های فسیلی و ماشین‌آلات، بذر، آب آبیاری، کود دامی و نیروی انسانی به ترتیب ۴۲/۵، ۲۵/۰۶، ۱۵/۴۰، ۱۰/۴۷، ۴/۳۴ و ۱/۷۶ درصد بود و این مقادیر برای مزارع سنتی به ترتیب ۱۸/۲۱، ۲۷/۵۱، ۱۸/۹۶، ۲۶/۲۸، ۱/۸۰ و ۷/۰۵ درصد محاسبه شد. حدود ۲۱/۴۷ درصد از کل انرژی‌های ورودی در مزارع تجاری جزء انرژی‌های تجدیدپذیر شامل (نیروی انسانی، بذر و کود دامی) بود که این میزان در مزارع سنتی به ۲۷/۸۱ درصد افزایش یافت. مقادیر کارایی مصرف انرژی، انرژی ویژه، بهره‌وری انرژی و انرژی خالص در مزارع تجاری به ترتیب ۱/۳۷، ۲/۶۲ مگاژول به ازاء هر کیلوگرم، ۰/۳۸ کیلوگرم به ازاء هر مگاژول و ۳۴۹۱۳/۰۷ مگاژول در هکتار و در مزارع سنتی به ترتیب ۱/۴۱ و ۲/۵۵ مگاژول به ازاء هر کیلوگرم، ۰/۳۹ کیلوگرم به ازاء هر مگاژول و ۱۸۱۷۴/۹۱ مگاژول در هکتار به دست آمد. در مجموع نتایج نشان داد که پایداری تولید سیب‌زمینی در مزارع تجاری علیرغم تولید عملکرد بالاتر در حد پایین‌تری است و این مسئله لزوم تجدید نظر در ارتباط با مصرف نهاده‌های انرژی-بر را ضروری می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: انرژی تجدیدپذیر، انرژی غیرقابل تجدید، انرژی مستقیم، انرژی غیرمستقیم

مقدمه

کشاورزی یک فرآیند تبدیل انرژی است که در آن تشعشع خورشیدی و انرژی‌های حاصل از سوخت‌های فسیلی، الکتریسیته و نیروی انسانی به غذا و سایر فرآورده‌های مورد نیاز بشر تبدیل می‌گردد. به عبارت بهتر، کشاورزی هم مصرف کننده انرژی و هم تولید کننده انرژی به شکل انرژی زنده[3] می‌باشد (Alam et al., 2005). در گذشته کشاورزی عمدتاً متکی به نیروی انسانی و دام بود، در حالی که امروزه تولیدات کشاورزی متکی به مصرف انرژی‌های فسیلی غیرقابل تجدید می‌باشند. مصرف بیش از حد سوخت‌های فسیلی منجر به پیامدهای زیانبار محیطی به واسطه افزایش CO_2 و سایر گازهای گلخانه‌ای در هوا خواهد شد (Gundogmus, 2006). ورود ماشین‌آلات، انرژی‌های فسیلی و الکتریسیته که همزمان با پیشرفت در علم و تکنولوژی بود انقلابی در تولید غذا در سرتاسر دنیا به پا کرد. در واقع مصرف انرژی در کشاورزی در پاسخ به افزایش جمعیت، فراهمی محدود زمین‌های قابل کشت و تمایل به افزایش استانداردهای زندگی افزایش یافت (Mohammadi et al., 2008) و در تمام جوامع این عوامل سبب افزایش مصرف انرژی جهت بیشینه کردن عملکرد و کاهش هزینه‌های کارگری شد (Esengun et al., 2007b). اگرچه با توجه به جمعیت رو به رشد دنیا و افزایش روزافزون نیاز بشر به غذا نمی‌توان به سادگی از کنار دستاوردهای کشاورزی رایج گذشت، ولی بدون شک مصرف بی‌رویهٔ مواد شیمیایی در کشاورزی سبب کاهش پایداری بوم نظام‌های زراعی و افزایش مخاطرات زیست محیطی خواهد شد. اتمام انرژی‌های

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی و استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: E-mail: agro_expert@yahoo.com)

3- Bioenergy

Archive of SID
www.SID.ir

فسیلی در آینده مشکلات موجود را دوچندان خواهد ساخت و چنانچه راه‌حلی جدید برای افزایش بهره‌وری بوم نظام‌های زراعی اندیشیده نشود، زندگی نسل‌های آینده در معرض چالش‌های فراوانی قرار خواهد گرفت.

به طور کلی، انرژی‌های مصرفی در حوزه کشاورزی در دو گروه انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم قرار می‌گیرند و در یک تقسیم بندی دیگر به دو صورت انرژی‌های قابل تجدید و غیرقابل تجدید تعریف می‌شوند (Beheshtitabar et al., 2010). انرژی‌های مستقیم شامل تمام انرژی‌هایی است که طی عملیات کاشت، داشت و برداشت محصولات زراعی مستقیماً در مزرعه مصرف شده (Singh, 2000) و انرژی‌های غیرمستقیم شامل از انرژی‌های مصرفی در ساخت، بسته‌بندی و انتقال کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، ماشین آلات کشاورزی و سایر مواد صنعتی مصرفی در کشاورزی می‌باشد (Ozkan et al., 2004). مصرف انرژی‌های مستقیم در کشاورزی ایران حدود ۲۰۴/۳۷ پتاژول[1] تخمین زده شده که حدود ۳/۵ درصد از کل انرژی‌های فسیلی و الکتریسیته کشور می‌باشد (Ministry of Energy, 2006). با این حال درصد بسیار زیادی از انرژی‌های مصرفی در کشاورزی جزء انرژی‌های غیرمستقیم می‌باشد.

تجزیه و تحلیل انرژی در بوم‌نظام‌های کشاورزی رهیافتی سودمند جهت تحقیق و ارزیابی کارایی مصرف انرژی، مشکلات محیطی و ارتباط آنها با پایداری کشاورزی می‌باشد (Giampietro et al., 1992). تجزیه و تحلیل نظام‌های کشت از نظر ورود و خروج انرژی راه را برای ارائه راه‌حل‌های جایگزین جهت مدیریت گیاهان زراعی که در ایران حدود ۸۳/۴ درصد کل زمین‌های قابل کشت (حدود ۱۳ میلیون هکتار) را در برمی‌گیرد، هموارتر می‌سازد (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2007).

در میان گیاهان زراعی سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به عنوان چهارمین محصول مهم دنیا، که در گستره‌ی وسیعی از عرض‌های جغرافیایی و شرایط اقلیمی کشت و کار می‌گردد، اهمیت بسیار زیادی از نظر تولید انرژی دارد. کمتر گیاه زراعی پیدا می‌شود که از نظر تولید انرژی و غذا به ازاء واحد سطح با سیب‌زمینی برابری کند (Sieczka & Thornton, 1993). اهمیت سیب‌زمینی در کشورهای در حال توسعه چه به لحاظ معیشت خانوارها و چه به لحاظ درآمدزایی بسیار بیشتر می‌باشد. سالانه حدود ۱۹ میلیون هکتار از اراضی دنیا به کشت و کار سیب‌زمینی اختصاص می‌یابد که منجر به تولید حدود ۳۲۷ میلیون تن سیب‌زمینی می‌شود (Zangeneh et al., 2010). بر اساس آمار فائو میزان نیاز سالانه مردم دنیا به این محصول مهم زراعی نزدیک به ۳۵۰ میلیون تن می‌باشد. در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ تولید سیب زمینی در ایران حدود پنج میلیون تن بوده که از حدود ۱۷۷ هزار هکتار زمین حاصل شده است (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2007). این محصول یکی از زراعت‌های مهم استان کردستان واقع در غرب کشور نیز می‌باشد به گونه‌ای که در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ حدود ۱۷ هزار هکتار از اراضی استان به کشت این گیاه اختصاص پیدا کرده (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2007).

در این استان سیب‌زمینی به دو صورت سنتی و تجاری تولید می‌شود. در مزارع تجاری پرورش‌دهندگان مقادیر زیادی انرژی به شکل مستقیم و غیرمستقیم در قالب ماشین‌آلات، کودهای شیمیایی، حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و سایر مواد شیمیایی بدون توجه به پیامدهای زیست محیطی مصرف می‌کنند. این کشاورزان معمولاً از ارقام جدید مانند آگریا استفاده کرده و با هدف تولید بالا در هر واحد سطح مجبور به استفاده از عملیات رایج کشاورزی و مصرف مواد شیمیایی می‌باشند. از طرف مقابل، در مزارع سنتی، کشاورزان توده بومی سیب‌زمینی که اصطلاحاً پشندی نام دارد را مورد کشت و کار قرار می‌دهند که بسیار سازگار به تغییرات محیطی بوده و مقاومت بالایی به آفات و بیماری‌ها دارد. از طرفی این توده بومی واکنش محدودتری به مواد شیمیایی داشته و نسبت به ارقام جدید نیاز کمتری به کودهای شیمیایی دارد. مجموعه این عوامل سبب می‌شود که در تولید سنتی سیب‌زمینی مصرف مواد شیمیایی تا حد زیادی کمتر از مزارع تجاری باشد. البته عملکرد توده بومی پایین‌تر از عملکرد ارقام جدید بوده، اما سازگاری بالای آن به تغییرات محیطی سبب شده که یک تولید قابل قبول و پایدار در گستره‌ای از شرایط متغیر آب و هوایی داشته باشد. به نظر می‌رسد که تولید سنتی سیب‌زمینی در این استان به لحاظ مصرف انرژی و سلامت زیست محیطی بسیار کاراتر از تولید تجاری آن باشد. هدف از این مطالعه نیز مقایسه تولید سنتی و تجاری سیب‌زمینی استان کردستان از نظر مصرف و تولید انرژی، کارایی مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی بود.

مواد و روش‌ها

به منظور برآورد میزان انرژی‌های ورودی و خروجی در مزارع تولید سیب‌زمینی استان کردستان، ۵۰ مزرعه از مزارع تجاری و ۵۰ مزرعه از مزارع سنتی سیب‌زمینی موجود در دشت دهگلان واقع در شرق استان کردستان (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه، طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ارتفاع از سطح دریا ۱۹۸۲ متر) انتخاب و اطلاعات مربوط به نهاده‌های ورودی و عملکرد سیب‌زمینی مربوط به سال‌های زراعی ۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷ در قالب پرسشنامه‌هایی از کشاورزان مربوطه استخراج گردید. اطلاعات مربوط به عملیات رایج در کشت و کار سیب‌زمینی در جدول ۱ و اطلاعات مربوط به نوع نهاده‌های ورودی و

1- Peta Joule= 1015 J

Archive of SID

www.SID.ir

معادل‌های انرژی[1] برای هر گروه از نهاده‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

میزان مصرف انرژی در هر گروه از نهاده‌ها از حاصلضرب مقدار مصرف آن نهاده و معادلِ انرژی آن بر حسب واحد (استخراج از منابع علمی) محاسبه شد. بر اساس انرژی‌های ورودی و خروجی مقادیر کارایی مصرف انرژی[2]، بهره‌وری انرژی[3]، انرژی ویژه[4] و انرژی خالص[5] طبق معادلات (۱) تا (۵) محاسبه شد (Demircan et al., 2006; Ghorbani et al., 2011):

معادله (۱) انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)/ انرژی خروجی (مگاژول در هکتار) = کارایی مصرف انرژی

معادله (۲) انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)/ عملکرد سیب‌زمینی (کیلوگرم در هکتار) = بهره‌وری انرژی

معادله (۳) عملکرد سیب‌زمینی (کیلوگرم در هکتار)/ انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) = انرژی ویژه

معادله (۴) انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) – انرژی خروجی (مگاژول در هکتار) = انرژی خالص

همچنین سهم انرژی‌های مستقیم (شامل نیروی انسانی، سوخت‌های فسیلی و آب آبیاری)، غیرمستقیم (شامل بذر، مواد شیمیایی مصرفی، کود دامی و ماشین آلات)، انرژی‌های تجدیدپذیر (نیروی انسانی، بذر و کودهای دامی) و غیرقابل تجدید (سوخت‌های فسیلی، کودها و مواد شیمیایی، آب و ماشین آلات) محاسبه گردید (Mohammadi et al., 2008).

نتایج و بحث

مشخصات کلی مزارع سنتی و تجاری تولید سیب‌زمینی

مزارع سنتی سیستم‌های کم نهاده‌ای هستند که توسط کشاورزان خرده‌پا مدیریت می‌شوند. میانگین وسعت این مزارع ۲/۳۲ هکتار و کل سطح زیر کشت این مزارع حدود ۳۱ درصد تولید سیب‌زمینی دشت دهگلان می‌باشد. کشاورزان سیب‌زمینی را در تناوب با محصولاتی نظیر گندم، یونجه و جو کشت می‌کنند. جدول ۱ عملیات زراعی معمول در این مزارع را نشان می‌دهد. همانند مزارع تجاری عملیات آماده‌سازی زمین و کاشت با تراکتور صورت می‌گیرد اما سایر عملیات زراعی مانند وجین، خاکدهی و برداشت توسط نیروی انسانی انجام می‌شود. در میان مواد شیمیایی فقط نیتروژن (N) و فسفات (P_2O_5) در قالب کودهای شیمیایی و به ترتیب با میانگین ۱۱۰/۲۶ و ۶۵/۳۶ کیلوگرم در هکتار مصرف می‌شود. از آنجا که توده بومی پشندی بسیار سازگار به شرایط آب و هوایی منطقه می‌باشد و مقاومت نسبی خوبی در برابر آفات و بیماری‌ها دارد، لذا در این مزارع قارچ کش و آفت کش مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. این مسئله ضمن اینکه از نظر اقتصادی برای کشاورزان خرده‌پا بسیار مهم بوده، از نظر اکولوژیکی نیز مانع پیامدهای زیست محیطی این مواد می‌شود. بخشی از سیب‌زمینی تولید شده در هر سال به عنوان توده بذری برای سال بعد نگه داشته شده و مابقی جهت فروش روانه بازار می‌گردد. بیشینه عملکرد و میانگین عملکرد در این مزارع به ترتیب ۲۸ و ۱۷ تن در هکتار می‌باشد.

میانگین وسعت مزارع پرنهاده تولید تجاری ۵/۴۱ هکتار و کل سطح زیر کشت این مزارع حدود ۷۰ درصد تولید سیب‌زمینی دشت دهگلان می‌باشد. جدول ۱ عملیات زراعی معمول در مزارع تجاری را نشان می‌دهد. کشاورزان از ارقام پرعملکردی نظیر آگریا استفاده می‌کنند. آماده‌سازی زمین، یک مرحله از وجین علف‌های هرز، خاکدهی، سمپاشی و برداشت توسط تراکتور صورت می‌گیرد به همین دلیل نیاز به نیروی انسانی در این مزارع بسیار کمتر از مزارع سنتی می‌باشد (جدول ۳). مصرف نیتروژن در این مزارع بسیار بالاست (میانگین ۵۱۲/۳۴ کیلوگرم در هکتار) و این مسئله یکی از دلایل کاهش کیفیت سیب‌زمینی تولید شده در مقایسه با مزارع سنتی می‌باشد. مردم منطقه برای مصرف خانوارهای خود از سیب‌زمینی پشندی استفاده کرده و دلیل آن را طعم بهتر و کیفیت بالاتر آن نسبت به ارقام جدید می‌دانند. بیشینه عملکرد و میانگین عملکرد در این مزارع به ترتیب ۵۵ و ۳۵ تن در هکتار می‌باشد. این کشاورزان هزینه زیادی را صرف خرید غده بذری می‌کنند، زیرا زوال ژنتیکی ارقام جدید بسیار بالاست و سیب‌زمینی تولید شده توسط کشاورزان اغلب کیفیت مناسبی برای کشت در سال بعد را ندارد.

تجزیه و تحلیل ورود و خروج انرژی در مزارع تولید تجاری سیب‌زمینی

جدول ۳ مقادیر نهاده‌های ورودی، عملکرد سیب‌زمینی و معادل‌های انرژی آنها را نشان می‌دهد. مقدار کل انرژی‌های ورودی در مزارع تولید تجاری سیب‌زمینی ۹۳۳۳۰/۶۷ مگاژول در هکتار بود. کل مواد شیمیایی مصرفی ۴۲/۵ درصد از کل انرژی را به خود اختصاص دادند (۴۰۱۲۳/۶۶ مگاژول در هکتار) که این میزان معادل ۹۰ درصد کل انرژی‌های ورودی در مزارع تولید سنتی بود. در میان مواد شیمیایی مصرفی کودهای شیمیایی بیشترین میزان انرژی مصرفی (۴۰/۸۵ درصد کل انرژی‌های ورودی) و در میان کودهای شیمیایی کود نیتروژن بیشترین میزان انرژی مصرفی را به خود اختصاص داد

1 - Energy equivalent
2 - Energy use efficiency
3 - Energy productivity
4 - Specific energy
5 - Net energy

Archive of SID

www.SID.ir

(۳۶/۳۱ درصد کل انرژی‌های ورودی). انرژی مصرف شده توسط ماشین آلات و سوخت‌های فسیلی معادل ۲۵/۰۶ درصد کل انرژی-های ورودی بود و بعد از آن بذر (۱۵/۳۹ درصد)، آب آبیاری (۱۰/۴۷ درصد)، کود حیوانی (۴/۳۴ درصد) و نیروی انسانی (۱/۷۶ درصد) قرار داشت. میانگین عملکرد مزارع تجاری و مقدار کل انرژی خروجی محاسبه شده به ترتیب ۳۵۶۲۳/۴۵ کیلوگرم در هکتار و ۱۲۸۲۴۳/۷ مگاژول در هکتار به دست آمد.

جدول ۱- اعمال مدیریتی در تولید سیب‌زمینی استان کردستان، دشت دهگلان

Table 1- Management practices for potato production in Kurdistan Province, Dehgolan plain

Practices/operations	عملیات‌های مدیریتی	commercial farms	مزارع تجاری	Traditional farms	مزارع سنتی
Names of varieties	نام واریته مورد کشت	Mostly Agria	عمدتاً آگریا	Pashandi	پشندی
Land preparation (tractor used: 285 MF)	آماده‌سازی زمین (تراکتور مورد استفاده: فرگوسن ۲۸۵)	Moldboard plow and disc harrows	گاوآهن و دیسک	Moldboard plow and disc harrows	گاوآهن و دیسک
Land preparation time	زمان آماده-سازی زمین	Last decade of May – first tow-decade of June	خرداد ماه	Last decade of May – first tow-decade of June	خرداد ماه
Planting instrument	ادوات کشت	Automatic planting	دستگاه خودکار کشت	Half-automatic planting	دستگاه نیمه خودکار کشت
Planting time	زمان کشت	During June	دو دهه پایانی خرداد تا دهه اول تیر	During June	دو دهه پایانی خرداد تا دهه اول تیر
Ridging	خاکدهی	Mechanically	مکانیکی	Handmade (by labor)	دستی (توسط کارگر)
Ridging time	زمان خاکدهی	During July	دو دهه پایانی تیر تا دهه اول مرداد	During July	دو دهه پایانی تیر تا دهه اول مرداد
Fertilization	کوددهی	Mechanically	مکانیکی	Handmade (by labor)	دستی (توسط کارگر)
Fertilization time	زمان کوددهی	Pre-plant (phosphate + potassium + sulphur + 1/3 Nitrogen), 20-30 days after planting (1/3 nitrogen), 50-60 days after planting (1/3 nitrogen), during season (foliar application of micro-nutrition's)	قبل از کاشت (فسفات + پتاسیم + گوگرد + ۱/۳ کود نیتروژن)، ۲۰ تا ۳۰ روز پس از کاشت (۱/۳ نیتروژن)، ۵۰ تا ۶۰ روز پس از کاشت (۱/۳ نیتروژن)، در طول فصل رشد (محلولپاشی ریزمغذی-ها)	Pre-plant (phosphate), 20-30 days after planting (1/2 nitrogen), 50-60 days after planting (1/2 nitrogen)	قبل از کاشت (فسفات)، ۲۰ تا ۳۰ روز پس از کاشت (۱/۲ نیتروژن)، ۵۰ تا ۶۰ روز پس از کاشت (۱/۲ نیتروژن)
Weeding	وجین علف‌های هرز	Mechanically	مکانیکی	Handmade (by labor)	دستی (توسط کارگر)
Weeding time	زمان وجین علف‌های هرز	Post-planting and pre-emergence (chemically with use of Sencor)	بعد از کاشت و قبل از سبز شدن سیب‌زمینی (کنترل شیمیایی توسط سنکور)	Post-emergence (hand-weeding)	بعد از سبز شدن (وجین دستی)
Pest and disease control	کنترل آفات و بیماری‌ها	Chemically	شیمیایی	Without any chemical control	بدون کنترل شیمیایی
Pest and disease control time	زمان کنترل آفات و بیماری-ها	Pre-plant (seed disinfection with fungicide), during season (fungicide and pesticide)	قبل از کاشت (ضدعفونی بذر با قارچ کش)، در طول فصل رشد (قارچ کش و آفت کش)	-	-
Irrigations	آبیاری	Sprinkler	بارانی	Furrow irrigation	جوی و پشته
Average number of irrigation	میانگین تعداد آبیاری	12.32	۱۲/۳۲	10.47	۱۰/۴۷
Topping	سرزنی	Mechanically	مکانیکی	-	-
Topping time	زمان سرزنی	1 week before harvesting	یک هفته قبل از برداشت	-	-
Harvesting	برداشت	Half-mechanically (cutout with harvest machine, collecting with labor)	نیمه خودکار (استخراج غده‌ها توسط دستگاه و جمع‌آوری توسط کارگر)	Handmade (by labor)	دستی (توسط کارگر)
Harvesting time	زمان برداشت	September - October	دهه آخر شهریور تا پایان مهر	October-November	دهه پایان مهر تا پایان آبان

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- معادل‌های انرژی برای نهاده‌های ورودی و خروجی در تولید سیب‌زمینی

Table 2- Energy equivalent of inputs and outputs in potato production

Particulars	مشخصه‌ها	واحد Unit	معادلِ انرژی (مگا ژول بر واحد) Energy equivalent (MJ unit^{-1})
A) Input	**الف) ورودی‌ها**		
Human labor	نیروی انسانی	ساعت h	1.96
Machinery	ماشین آلات	ساعت h	62.7
Diesel fuel	سوخت دیزلی	لیتر L	56.31
Chemical fertilizers	کودهای شیمیایی:	کیلوگرم kg	
Nitrogen (N)	نیتروژن (N)		66.14
Phosphate (P_2O_5)	فسفات (P_2O_5)		12.44
Potassium (K_2O)	پتاسیم (K_2O)		11.15
Sulphur (S)	گوگرد (S)		1.12
Farmyard manure	کود دامی	کیلوگرم kg	0.30
Chemicals	مواد شیمیایی:	کیلوگرم kg	
Herbicide	علف‌کش		238
Fungicide	قارچ‌کش		92
Pesticide	آفت‌کش		199
Micronutritions	ریزمغذی‌ها	کیلوگرم kg	120
Irrigation water	آب آبیاری	مترمکعب m^3	1.02
Seeds (potato)	بذر	کیلوگرم kg	3.6
B) Output	**ب) خروجی**		
Potato	سیب‌زمینی	کیلوگرم kg	3.6

این نتایج نشان می‌دهند که چنانچه کاهش مصرف انرژی در تولید سیب‌زمینی مورد هدف باشد باید روی مصرف مواد شیمیایی مخصوصاً کود شیمیایی نیتروژن که اغلب بدون توجه به اصول صحیح مصرف آن، مورد استفاده قرار می‌گیرد تجدید نظر کرد. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2008) نشان دادند که کل انرژی‌های ورودی و خروجی در تولید سیب‌زمینی استان اردبیل به ترتیب ۸۱۶۲۴/۹۶ و ۱۰۲۴۳۲/۹۹ مگاژول در هکتار بود. در یک مطالعه دیگر، کل انرژی‌های ورودی و خروجی در تولید سیب-زمینی در ایران به ترتیب ۷۷۳۷۵/۱ و ۷۸۳۶۳/۲۳ مگاژول در هکتار برآورد شد (Haj Seyed Hadi, 2006). در نیوزیلند کل انرژی ورودی در تولید سیب‌زمینی ۶۲۳۰۰ مگاژول در هکتار تخمین زده شد (Barber, 2003). تغییرات موجود بین مقادیر گزارش شده ناشی از تفاوت در عملیات‌های زراعی و مدیریتی می‌باشد. برای مثال، در اردبیل میانگین مقدار مصرف کود نیتروژن در هکتار ۴۰۲ کیلوگرم حاصل شد (Mohammadi et al., 2008)، در حالیکه بر اساس نتایج این مطالعه کشاورزان دشت دهگلان به طور میانگین ۵۱۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مصرف می‌کنند. اختلاف این دو مقدار ۱۱۰ کیلوگرم بوده که معادل ۷۲۷۵/۴ مگاژول انرژی می‌باشد (یعنی ۷/۸ درصد کل انرژی‌های ورودی در این مطالعه).

همچنین محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2008) گزارش کردند که سهم مواد شیمیایی، ماشین آلات و سوخت‌های فسیلی، آب آبیاری، بذر و سایر نهاده‌ها به ترتیب ۴۰/۱۷، ۱۹/۷۳، ۱۳/۹۳، ۱۳/۶۴ و ۱۲/۵۳ درصد از کل انرژی‌های ورودی بود که بسیار نزدیک به نتایج این مطالعه می‌باشد. در یک مطالعه دیگر، پروانچن و همکاران (Pervanchon et al., 2002) سهم کودهای شمیایی، ماشین‌آلات، بذر، سایر مواد شیمیایی و سایر نهاده‌ها را به ترتیب ۴۸، ۳۳، ۶، ۳ و ۱۰ درصد گزارش کردند.

مقدار کارایی مصرف انرژی در مزارع تجاری ۱/۳۷ برآورد شد

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول ۴). در شرایط آب و هوایی ایران مقادیر کارایی مصرف انرژی در تولید سیب‌زمینی ۰/۹۸ (Haj Seyed Hadi, 2006)، ۱/۲۵ (Mohammadi et al., 2008) و ۰/۹۵ تا ۱/۱۴ (Zangeneh et al., 2010) گزارش شده است (Ghorbani et al., 2011) این مقدار را برای گندم (*Triticum aestivum* L.) آبی و دیم به ترتیب ۱/۴۴ و ۳/۳۸ محاسبه کردند. اختلاف در مقادیر گزارش شده برای سیب‌زمینی عمدتاً ناشی از اختلاف در عملکرد تولید شده و در نتیجه انرژی خروجی می‌باشد. به عنوان مثال، محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2008) میانگین عملکرد سیب‌زمینی را در شرایط اردبیل ۲۸/۵ تن در هکتار گزارش کردند، در حالی که در این مطالعه ۳۵/۶ تن در هکتار به دست آمد.

مقدار انرژی ورودی به دست آمده در این مطالعه به میزان ۱۱۷۰۶ مگاژول در هکتار بالاتر از منطقه اردبیل بوده (۹۳۳۳۰/۹۶ در مقابل ۸۱۶۲۴/۹۶ مگاژول در هکتار)، در حالیکه اختلاف در انرژی خروجی ۲۵۸۱۱ مگاژول در هکتار می‌باشد (۱۲۸۲۴۳/۷ در مقابل ۱۰۲۴۳۲ مگاژول در هکتار).

میانگین بهره‌وری انرژی مزارع تجاری ۰/۳۸ حاصل شد (جدول ۴). این بدین معنی است که به ازاء هر واحد انرژی مصرفی ۰/۳۸ کیلوگرم غده سیب‌زمینی حاصل می‌شود. مقدار بهره‌وری انرژی در منابع برای گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) یک (Esengun et al., 2007a)، کتان (*Linum usitatissimum* L.) ۰/۰۶ (Yilmaz et al., 2005) و چغندرقند (*Beta vulgaris* L) ۱/۵۳ (Erdal et al., 2007) گزارش شده است. مؤیدی شهرکی و همکاران (Moayedi Shahrali et al., 2010) با بررسی کارایی انرژی زراعت زعفران (*Crocus sativus* L.) در خراسان جنوبی، میزان انرژی تولیدی به مصرفی این گیاه ارزشمند را ۰/۴۱ برآورد نمودند.

جدول ۳- مقادیر ورودی‌ها و خروجی در تولید سیب‌زمینی استان کردستان، دشت دهگلان

Table 3- Amounts of inputs and output in potato production of Kurdistan Province, Dehgolan plain

		مقدار در واحد سطح (هکتار) Quantity per unit area (ha)		معادل انرژی کل (مگاژول در هکتار) Total energy equivalent (MJ. ha^{-1})		درصد از کل انرژی ورودی (٪) Percentage of the total energy input (%)	
		مزارع تجاری Commercial farms	مزارع سنتی Traditional farms	مزارع تجاری Commercial farms	مزارع سنتی Traditional farms	مزارع تجاری Commercial farms	مزارع سنتی Traditional farms
A) Inputs	**الف) ورودی‌ها**						
Human labor (h)	نیروی انسانی (ساعت)	836.21	1593.19	1638.97	3122.65	1.76	7.05
Machinery (h)	ماشین‌آلات (ساعت)	58.43	32.62	3663.56	2045.27	3.93	4.62
Diesel fuel (L)	سوخت دیزلی (لیتر)	350.27	179.98	19723.70	10134.67	21.13	22.89
Chemicals (kg)	مواد شیمیایی (کیلوگرم)						
Nitrogen (N)	نیتروژن (N)	512.34	110.26	33886.17	7292.60	36.31	16.47
Phosphate (P_2O_5)	فسفات (P_2O_5)	204.36	65.36	2542.24	813.08	2.72	1.84
Potassium (K_2O)	پتاسیم (K_2O)	146.53	-	1633.81	-	1.75	-
Sulphur (S)	گوگرد (S)	61.26	-	68.61	-	0.07	-
Herbicide	علف‌کش	0.72	-	171.36	-	0.18	-
Fungicide	قارچ‌کش	4.46	-	410.32	-	0.44	-
Pesticide	آفت‌کش	2.05	-	407.95	-	0.44	-
Micro-nutrition	ریزمغذی	8.36	-	1003.20	-	1.07	-
Farmyard manure (kg)	کود دامی (کیلوگرم)	13490.35	2653.45	4047.11	796.04	4.34	1.80
Irrigation water (m^3)	آب آبیاری (متر مکعب)	9580.72	11450.35	9772.33	11679.36	10.47	26.38
Seed tuber (kg)	غده بذری (کیلوگرم)	3989.26	2332.18	14361.34	8395.85	15.39	18.96
Total energy input (MJ)	کل انرژی ورودی (مگاژول)			93330.67	44279.52	100	100
B) Outputs	**ب) خروجی**						
potato (kg)	سیب زمینی (کیلوگرم)	35623.45	17348.3	128243.70	62454.42		
Total energy output (MJ)	کل انرژی خروجی (مگاژول)	35623.45	17348.3	128243.70	62454.42		

Archive of SID

www.SID.ir

آنها همچنین بیان داشتند اگرچه نسبت انرژی تولیدی به مصرفی در زراعت این گیاه ارزشمند نسبتاً پایین است، ولی از آنجا که زعفران زعفران بصورت اکولوژیک کاشته می‌شود و با توجه به کارایی اقتصادی بالای آن نسبت به سایر گیاهان در الگوی کاشت منطقه و اشتغال‌زایی آن برای روستائیان، این گیاه نقش مهمی در اقتصاد و معیشت روستائیان دارد.

جدول ٤- روابط بین انرژی‌های ورودی و خروجی در تولید سیب‌زمینی استان کردستان، دشت دهگلان.

Table 4- Energy input-output relations in potato production of Kurdistan Province, dehgolan plain

Items	گزینه‌ها	(واحد) Unit	مزارع تجاری Commercial farms	مزارع سنتی Traditional farms
Energy input	انرژی ورودی	(مگاژول در هکتار) ($MJ.\ ha^{-1}$)	93330.67	44279.52
Energy output	انرژی خروجی	(مگاژول در هکتار) ($MJ.\ ha^{-1}$)	128243.70	62454.42
Yield	عملکرد	(کیلوگرم در هکتار) ($kg.\ ha^{-1}$)	38623.45	17348.3
Energy use efficiency	کارایی مصرف انرژی	-	1.37	1.41
Specific energy	انرژی ویژه	(مگاژول در هر کیلوگرم) ($MJ.\ kg^{-1}$)	2.62	2.55
Energy productivity	بهره‌وری انرژی	(کیلوگرم به ازاء هر مگاژول) ($kg.\ MJ^{-1}$)	0.38	0.39
Net energy	انرژی خالص	(مگاژول در هکتار) ($MJ.\ ha^{-1}$)	34913.07	18174.91

مقادیر انرژی ویژه و انرژی خالص در مزارع تجاری به ترتیب ۲/۶۲ مگاژول به ازاء هر کیلوگرم و ۳۴۹۱۳/۰۷ مگاژول در هکتار حاصل شد. Canakci et al. (2005) مقدار انرژی ویژه را برای گندم (۵/۲۴)، کتان (۱۱/۲۴)، ذرت (*Zea mays* L.) (۳/۸۸)، کنجد (*Sesamum Indicum* L.) (۱۶/۲۱)، گوجه‌فرنگی (۱/۱۴)، خربزه (*Cucumis melo* L.) (۰/۹۸) و هندوانه (*Citrullus lanatus* L.) (۰/۹۷) گزارش کرده‌اند. در ایران قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2011) مقدار انرژی ویژه را برای گندم آبی و دیم به ترتیب ۱۵/۸۳ و ۸/۹۶ برآورد کردند. همان طور که قبلاً اشاره شد، انرژی ویژه از تقسیم انرژی ورودی به عملکرد گیاه به دست می‌آید. بنابراین، شاخص مناسبی برای مقایسه گیاهان مختلف زراعی با یکدیگر نخواهد بود، زیرا اختلاف عملکرد گیاهان مختلف زراعی در قالب کیلوگرم بسیار بالاست و ممکن است از ۱۰۰۰ کیلوگرم در گیاهی مثل گندم تا ۶۰۰۰۰ کیلوگرم در گیاهانی مثل سیب‌زمینی و هندوانه متغیر باشد. این در حالی است که اختلاف در نهاده‌های مصرفی و در نتیجه اختلاف در کل انرژی ورودی بین گیاهان زراعی مختلف به اندازه اختلاف در عملکرد نخواهد بود.

جدول پنج توزیع انرژی ورودی در قالب انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و غیرقابل تجدید را نشان می‌دهد که به ترتیب ۳۳/۳۵، ۶۶/۶۵، ۲۱/۴۷ و ۷۸/۵۳ درصد از کل انرژی‌های ورودی را شامل می‌شوند. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2008) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. آنها نیز سهم انرژی‌های نامبرده را به ترتیب ۱۷/۶۵، ۸۲/۳۵، ۲۵/۷۳ و ۷۴/۲۷ درصد محاسبه کردند. در یک مطالعه دیگر، نشان داده شد که سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید سیب‌زمینی ۱۶ تا ۱۷ درصد کل انرژی‌های ورودی بود (Zangeneh et al., 2010). در تولید خیار (*Cucumis sativus* L.) در ایران نیز سهم انرژی‌های تجدیدپذیر ۱۲ درصد گزارش شد (Omid, & Mohammadi et al., 2008). در چندین مطالعه دیگر نیز نشان داده شده است که سهم انرژی‌های غیرمستقیم و غیرقابل تجدید به ترتیب بالاتر از انرژی‌های مستقیم و تجدیدپذیر می‌باشد (Kizilaslan, 2009; Esengun et al., 2007a).

تجزیه و تحلیل ورود و خروج انرژی در مزارع تولید سنتی سیب‌زمینی

مقدار کل انرژی‌های ورودی در مزارع تولید سنتی سیب‌زمینی ۴۴۲۷۹/۵۲ مگاژول در هکتار بود که حدود ۵۳ درصد کمتر از مزارع تجاری می‌باشد (جدول ۳). سوخت‌های فسیلی و ماشین‌آلات (۲۷/۵۱ درصد)، آب آبیاری (۲۶/۳۸ درصد)، بذر (۱۸/۹۶ درصد)، مواد شیمیایی (۱۸/۲۱ درصد) و نیروی انسانی (۷/۰۵ درصد) به ترتیب انرژی‌برترین نهاده‌های مصرفی در این مزارع بودند و کمترین مصرف انرژی مربوط به کود دامی بود که ۱/۸ درصد از کل انرژی‌های ورودی را به خود اختصاص داد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- مقادیر انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و غیرقابل تجدید (مگاژول در هکتار) در تولید سیب‌زمینی استان کردستان، دشت دهگلان

Table 5- Total energy input in the form of direct, indirect, renewable, and non-renewable for potato production (MJ ha^{-1}) in Kurdistan Province, Dehgolan Plain

Form of energy (MJ .ha^{-1})	شکل انرژی (مگاژول در هکتار)	مزارع تجاری Commercial farms	درصد از کل انرژی ورودی Percentage of total energy input	مزارع سنتی Traditional farms	درصد از کل انرژی ورودی Percentage of total energy input
Direct energy [a]	انرژی مستقیم[الف]	31135.01	33.35	24936.68	56.31
Indirect energy [b]	انرژی غیرمستقیم[ب]	62195.66	66.64	19342.83	43.69
Renewable energy [c]	انرژی تجدیدپذیر[ج]	20047.41	21.47	12314.54	27.81
Non-renewable energy [d]	انرژی غیرقابل تجدید[د]	73283.26	78.52	31964.98	72.18
Total energy input	کل انرژی ورودی	93330.67		44279.52	

a) Includes human labor, diesel fuel and water of irrigation.

الف) شامل نیروی انسانی، سوخت دیزلی و آب آبیاری

b) Includes seeds, fertilizers and chemical materials, farmyard manure and machinery.

ب) شامل بذر، کودها و مواد شیمیایی، کود دامی و ماشین‌آلات

c) Includes human labor, seeds and farmyard manure.

ج) شامل نیروی انسانی، بذر و کود دامی

d) Includes diesel fuel, fertilizers and chemical materials, water of irrigation and machinery.

د) شامل سوخت دیزلی، کودها و مواد شیمیایی، آب آبیاری و ماشین‌آلات

انرژی مصرفی توسط مواد شیمیایی به میزان ۸۰ درصد کمتر از مزارع تجاری بود که این مسئله در راستای کشاورزی پایدار اهمیت بسیار زیادی دارد، زیرا هم میزان مصرف انرژی سیستم را کاهش داده و هم اثرات زیانبار این مواد در این مزارع کمتر است. همانند مزارع تجاری کود شیمیایی نیتروژن انرژی‌برترین ماده شیمیایی بود به گونه‌ای که ۱۶/۴۷ درصد از کل انرژی ورودی و نزدیک به ۹۰ درصد از انرژی مصرف شده توسط مواد شیمیایی به این نهاده اختصاص یافت.

همچنین انرژی مصرفی توسط ماشین‌آلات و سوخت‌های فسیلی به میزان ۴۸ درصد کمتر از مزارع تجاری بود، در حالیکه انرژی مصرفی توسط نیروی انسانی حدود ۴۷ درصد بیشتر از مزارع تجاری برآورد شد. یکی از مهمترین معایب مزارع سنتی نسبت به مزارع تجاری مصرف بالاتر آب آبیاری است، زیرا در این مزارع از سیستم سنتی جوی و پشته استفاده می‌شود که تلفات آب بالاتری نسبت به آبیاری بارانی در مزارع تجاری دارد. به همین دلیل انرژی مصرفی در این گروه نهاده حدود ۲۰ درصد بالاتر از مزارع تجاری محاسبه شد (۱۱۶۷۹/۳۶ در مقابل ۹۷۷۲/۳۳ مگاژول در هکتار).

میانگین عملکرد مزارع سنتی و مقدار انرژی خروجی محاسبه شده به ترتیب ۱۷۳۴۸/۳ کیلوگرم در هکتار و ۶۲۴۵۴/۴۲ مگاژول در هکتار بدست آمد (جدول ۳). در نتیجه مقدار کارایی مصرف انرژی در مزارع سنتی ۱/۴۱ محاسبه شد که بالاتر از مزارع تجاری می‌باشد. مقادیر انرژی ویژه و انرژی خالص به ترتیب ۲/۵۵ مگاژول به ازای هر کیلوگرم و ۱۸۱۷۴/۹۱ مگاژول در هکتار حاصل شد (جدول ۴).

با مقایسه نتایج حاصل از مزارع تجاری و سنتی مشخص می‌شود که اگر چه پیشرفت در تکنولوژی سبب افزایش عملکرد و درآمد کشاورزان شده که با توجه به افزایش جمعیت و نیاز روزافزون بشر به غذا این مسئله یک مزیت به شمار می‌آید، اما باید در نظر داشت که افزایش مصرف مواد شیمیایی و ماشین‌آلات در مزارع تجاری سبب افزایش فشار به منابع طبیعی، افزایش مصرف انرژی‌های غیرقابل تجدید، آلودگی منابع، افزایش CO_2 محیطی، تغییر اقلیم و سایر اثرات زیان‌بار محیطی خواهد شد (Gundogmus, 2006).

از آنجائی‌که منابع انرژی‌های غیر قابل تجدید بویژه سوخت‌های فسیلی در آینده نزدیک رو به اتمام است، لذا تکیه بر این منابع در جهت تولید محصولات کشاورزی زندگی آیندگان را در معرض خطر قرار خواهد داد. نتایج این مطالعه نشان داد که سهم انرژی‌های تجدید پذیر در مزارع تجاری کمتر از مزارع سنتی می‌باشد (۲۱/۴۷ درصد در مقابل ۲۷/۸۱ درصد). هر چند این مقدار نیز در سیستم‌های سنتی پایین است، اما نتایج حاکی از کاهش درصد این انرژی‌ها در نظام‌های رایج کشاورزی می‌باشد. تولید مواد شیمیایی بویژه کودهای نیتروژنه نیازمند مصرف مقادیر زیادی انرژی است (جدول ۱) که منبع آن نیز اغلب انرژی‌های غیرقابل تجدید است. در مقابل کودهای دامی هم تجدیدپذیر هستند و هم انرژی کمتری برای فراهم ساختن آنها مورد نیاز است. بنابراین، کاربرد کودهای با منشأ طبیعی به جای نوع شیمیایی آنها کمک زیادی به افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در کشاورزی می‌نماید. این هدف نیازمند تغییر نظام‌های کشاورزی از استراتژی‌های تک کارکردی موجود به استراتژی‌های چند کارکردی می‌باشد. نظام‌های دام-مزرعه یکی از بهترین استراتژی‌های چند کارکردی در این زمینه می‌باشد. در کانادا هوئپنر و همکاران (Hoeppner et al., 2005) نشان دادند که انرژی ورودی در نظام‌های ارگانیک که عمدتاً از کودهای دامی استفاده می‌شود تقریباً

Archive of SID

www.SID.ir

۵۰ درصد کمتر از سیستم‌های رایج می‌باشد. آنها همچنین نشان دادند که کاهش در انرژی ورودی بطور عمده به دلیل کاهش در مصرف کود شیمیایی نیتروژن بود.

سهم انرژی‌های مستقیم در مزارع سنتی ۵۶/۳۱ درصد بود، در حالی که این میزان در مزارع تجاری به ۳۳/۳۵ درصد کاهش یافت. مقایسه انرژی بین نظام‌های مختلف کشاورزی در چندین مطالعه صورت گرفته است (Gundogmus, 2006; Kaltsas et al., 2007; Guzman & Alonso, 2008). در ترکیه نشان داده شد که میزان انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید ارگانیک زردآلو (*Prunus armeniaca* L) بالاتر از تولید رایج آن بود (Gundogmus, 2006). همچنین در آن مطالعه نشان داده شد که سهم انرژی‌های مستقیم در تولید ارگانیک نزدیک به ۶۰ درصد کل انرژی‌های ورودی بود، در حالی که در تولید رایج این میزان به ۴۰ درصد کاهش یافت. در اسپانیا نیز تفاوت در مقدار انرژیهای تجدیدپذیر و مستقیم بین تولید ارگانیک و رایج زیتون (*Olea europaea* L.) گزارش شده است (Guzman & Alonso, 2008). در ایران نیز زنگنه و همکاران (Zangeneh et al., 2010) نشان دادند که مقدار انرژی‌های غیرقابل تجدید در تولید سیب‌زمینی به شکل رایج بسیار بالا و نزدیک به ۸۵ درصد کل انرژی‌های ورودی بود که بسیار نزدیک به نتایج این مطالعه می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این مطالعه و مطالعات دیگری که در ایران روی سیب‌زمینی انجام شده است (Zangeneh et al., 2010; Mohammadi et al., 2008; Haj Seyed Hadi, 2006) نشان می‌دهند که تولید کنونی سیب‌زمینی به لحاظ مصرف انرژی پایدار نیست، زیرا درصد بسیار بالایی از انرژی‌های مصرفی در تولید سیب‌زمینی جزء انرژی‌های غیرقابل تجدید هستند. نسبت بالای کاربرد انرژی‌های غیرقابل تجدید در کشاورزی سبب اثرات منفی روی پایداری تولید خواهد شد. لذا روی آوردن به منابع انرژی‌های تجدیدپذیر از الزامات آینده کشاورزی خواهد بود. انرژی‌های تجدیدپذیر در کشاورزی سبب ارتقاء اقتصاد مردم روستا، بهبود سلامت محیط و افزایش امنیت انرژی خواهد شد. منابع تجدیدپذیر کود از قبیل کودهای دامی سبب افزایش کیفیت و باروری خاک خواهند شد، در حالیکه مصرف نهاده‌های شیمیایی فقط در کوتاه مدت سبب افزایش تولید شده و در بلند مدت سلامت بوم نظام‌های کشاورزی را به خطر خواهند انداخت. جایگزین کردن مدیریت تلفیقی آفات به جای کنترل شیمیایی، استفاده بیشتر از کودهای دامی نسبت به کودهای شیمیایی و در نهایت حرکت به سمت کشاورزی دقیق[1] که کشاورزی مبتنی بر مصرف دقیق و به اندازهٔ نهاده‌هاست راهکارهای مناسبی جهت کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و در نتیجه کاهش وابستگی تولید به انرژی‌های غیرقابل تجدید می‌باشند. افزایش اتکاء به ماشین‌آلات اگرچه در زمان کنونی کاملاً اجتناب ناپذیر است، اما ادامه این روند سبب مهاجرت بیشتر جوامع روستایی به شهرها شده و ضمن افزایش نرخ بیکاری معضلات اجتماعی فراوانی را نیز به همراه خواهد داشت. ارائه روش‌هایی که ضمن حفظ تولید کنونی سبب افزایش سهم نیروی انسانی در کشاورزی گردد نیز از ضروریات آینده کشاورزی خواهد بود. در این راستا، استفاده از ادوات کشت ترکیبی جهت به حداقل رسانیدن تردد ماشین آلات در زمین و استفاده از سیستم‌های شخم کاهش یافته در برخی از گیاهان راهکار موثری خواهد بود. یکی از مزیت‌های عمده کشاورزی رایج استفاده از تکنولوژی‌های جدید در بخش آبیاری است که با توجه به بحران آب در ایران نقش بسیار زیادی در بهره‌وری کشاورزی خواهند داشت و تداوم آنها در آینده ضروریست. ضمن اینکه تعیین دقیق نیاز آبی گیاهان و ساخت ابزارهایی که مستقیماً در مزرعه وضعیت آبی گیاه را مشخص سازند نیز سبب صرفه‌جویی بیشتر در مصرف آب شده که باید مورد توجه متخصصین امر قرار بگیرد.

منابع

1- Alam, M.S., Alam, M.R., and Islam, K.K. 2005. Energy flow in agriculture: Bangladesh. American Journal of Environmental Science 1(3): 213–220.

2- Barber, A.A. 2003. Case study of total energy and carbon indicators for New Zealand arable and outdoor vegetable production. In: Mohammadi, A., Tabatabaeefar, A., Shahin, S.H., Rafiee, S.H., and Keyhani, A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil Province. Energy Conversion and Management 49: 3566-3570.

3- Beheshtitabar, I., Keyhani, A., and Rafiee, S.H. 2010. Energy balance in Iran's agronomy (1990-2006). Renewable Sustainable Energy Reviews 14: 849–855.

4- Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I., and Ozmerzi, A. 2005. Energy use pattern of some field crops and

1- Precision Farming

Archive of SID

www.SID.ir

vegetable production: case study for Antalya region, Turkey. Energy Conversion and Management 46: 655–666.
5- Demircan, V., Ekinci, K., Keener, H.M., Akbolat, D., and Ekinci, C. 2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: a case study from Isparta province. Energy Conversion and Management 47: 1761–1769.
6- Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., and Gunduz, O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32: 35–41.
7- Esengun, K., Erdal, G., Gunduz, O., and Erdal, H. 2007a. An economic analysis and energy use in stake tomato production in Tokat province of Turkey. Renewable Energy 32: 1873–1881.
8- Esengun, K., Gunduz, O., and Erdal, G. 2007b. Input–output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Conversion and Management 48: 592–598.
9- Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S.H., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M., Sanjani, S., Anvarkhah, S., and Aghel, H. 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dry-land wheat production systems. Applied Energy 88: 283–288.
10- Giampietro, M., Cerretelli, G., and Pimentel, D. 1992. Energy analysis of agricultural ecosystem management: human return and sustainability. Agriculture Ecosystems and Environment 38: 219–244.
11- Gundogmus, E. 2006. Energy use on organic farming: a comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holdings in turkey. Energy Conversion and Management 47: 3351-3359.
12- Guzman, G.I., and Alonso, A.M. 2008. A comparison of energy use in conventional and organic olive oil production in Spain. Agricultural Systems 98: 167–176.
13- Haj Seyed Hadi, M.R. 2006. Energy efficiency and ecological sustainability in conventional and integrated potato production. Advanced Technology in the Environmental Field 501–534. Available from: www.actapress.Com.
14- Hessel, Z.R. 1992. Energy and alternatives for fertiliser and pesticide use. In: Gundogmus, E. 2006. Energy use on organic farming: a comparative analysis on organic versus conventional apricot production on small holdings in Turkey. Energy Conversion and Management 47: 3351-3359.
15- Hoeppner, J.W., Entz, M.H., McConkey, B.G., Zentner, R.P., and Nagy, C.N. 2005. Energy use and efficiency in two Canadian organic and conventional crop production systems. Renewable Agricultural and Food System 21: 60–67.
16- Kaltsas, A.M., Mamolos, A.P., and Tsatsarelis, C.A. 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves. Agricultural and Ecosystems Environment 122: 243–251.
17- Kizilaslan, H. 2009. Input-output energy analysis of cherries production in Tokat province of Turkey. Applied Energy 86: 1354-1358.
18- Mandal, K.G., Saha, K.P., Ghosh, P.K., Hati, K.M., and Bandyopadhyay, K.K. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. Biomass Bioenergy 23: 337–345.
19- Ministry of Agriculture of the I.R. of Iran (MAJ). 2007. Planning and Economics Department, Statistics Bank of Iranian Agriculture. http://www.maj.ir/english/Statistic/Default.asp?p=statistic.
20- Ministry of Energy of Iran (MOE). 2006. Electrified wells report. Water Resources Management Institute. (In Persian)
21- Moayedi Shahraki, E., Jami Al-Ahmadi, M., and Behdani, M.A. 2010. Study of energy efficiency of saffron (*Crocus sativus* L.) in Southern Khorasan. Agroecology 2(1): 55-62. (In Persian with English Summary)
22- Mohammadi, A., and Omid, M. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied Energy 87: 191-196.
23- Mohammadi, A., Tabatabaeefar, A., Shahin, S.H., Rafiee, S.H., and Keyhani, A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. Energy Conversion and Management 49: 3566-3570.
24- Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. 2004. Energy input–output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy 29: 39–51.
25- Pervanchon, F., Bockstaller, C., and Girardin, P. 2002. Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agroecological indicator: the energy indicator. Agricultural Systems 72: 149–172.

Archive of SID

www.SID.ir

26- Sieczka, J.B., and Thornton, R.E. 1993. Commercial potato production in North America: potato association of America handbook. Orono, Maine: Potato Association of America.
27- Singh, H., Mishra, D., and Nahar, N.M. 2002. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone India—Part I. Energy Conversion and Management 43: 2275–2286.
28- Singh, J.M. 2000. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Germany: In Beheshtitabar, I., Keyhani, A., and Rafiee, S.H. 2010. Energy balance in Iran's agronomy (1990-2006). Renewable Sustainable Energy Reviews 14: 849–855.
29- Yilmaz, I., Akcaoz, H., and Ozkan, B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. Renewable Energy 30: 145–155.
30- Zangeneh, M., Omid, M., and Akram, A. 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