Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۶۸-۵۳

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 53-68

ارزیابی شاخص‌های انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در استان گلستان

محمد تقی فیض بخش[1*]، محمد علی دری[2] و نصیبه رضوان طلب[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۹

فیض بخش، م.ت، دری، م.ع و رضوان طلب، ن. ۱۳۹۸. ارزیابی شاخص‌های انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در استان گلستان. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱(۱): ۶۸-۵۳.

چکیده

در سال‌های اخیر ارزیابی انرژی ورودی و خروجی و پتانسیل گرمایش جهانی در بین محققان بخش کشاورزی جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. جهت انجام این بررسی از طریق مصاحبه با کشاورزان مختلف، ۹۵ کشاورز تولید کننده سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در استان گلستان و در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انتخاب گردید. اطلاعات مربوط به بکارگیری ماشین‌آلات، نهاده‌های ورودی شامل غده بذری، کود، سوخت فسیلی، الکتریسیته، آب آبیاری و سموم بوسیله‌ی پرسشنامه جمع‌آوری شد. سپس میزان مصرف سوخت، میزان انرژی ورودی و خروجی، شاخص‌های ارزیابی انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر حسب معادل دی‌اکسیدکربن محاسبه شد. نتایج نشان داد که کل میزان انرژی ورودی و خروجی به مزارع سیب‌زمینی به ترتیب برابر ۳۰/۸ و ۷۹/۲ گیگاژول در هکتار بود. همچنین بیشترین انرژی ورودی مستقیم در مزارع سیب‌زمینی مربوط به مصرف سوخت می‌باشد و نیز در بخش انرژی ورودی غیرمستقیم بیشترین میزان مربوط به کود نیتروژن به‌دست آمد. نسبت انرژی خروجی به ورودی، بهره‌وری انرژی و انرژی ویژه به ترتیب برابر ۲/۱۳، ۰/۷۱ (کیلوگرم بر مگاژول) و ۱/۴ (مگاژول بر کیلوگرم) محاسبه شد. همچنین میزان پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع سیب‌زمینی ۱۶۱۶/۲۲ کیلوگرم معادل دی اکسیدکربن به‌دست آمد. مصرف کودهای شیمیایی به ویژه کود نیتروژنه و الکتریسیته، بیش از ۵۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای اختصاص داشت. چون میزان انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش مصرف کود نیتروژن در زراعت سیب‌زمینی زیاد است، لزوم بررسی و تحقیق جهت کشت‌های تناوبی و در تناوب با سیب‌زمینی و همچنین استفاده از گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن در راستای مدیریت اکولوژیک در مزارع تولید این محصول، آشکار می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری انرژی، سوخت فسیلی، کارایی مصرف انرژی، عملیات زراعی

مقدمه

در سال‌های اخیر مصرف انرژی در کشاورزی شدیداً افزایش پیدا کرده و کشاورزی مدرن در زمینه انرژی بسیار پرمصرف شده است. بیشتر انرژی مصرفی برای تولید محصولات کشاورزی به دلیل استفاده از نهاده‌هایی مانند: ماشین‌آلات، سوخت‌های فسیلی، کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها است که استفاده نامناسب از این نهاده‌ها ضمن پائین آوردن کارآیی مصرف انرژی در بوم‌نظام‌های زراعی باعث ایجاد مشکلاتی برای سلامتی انسان و محیط زیست نیز می‌شود. در حال حاضر به دلیل بحران انرژی در جهان ضرورت مطالعه بیشتر در زمینه مصرف انرژی و یافتن راهکارهایی برای مصرف بهینه آن به ضرورت احساس می‌شود (Darlington, 1997).

۱- استادیار بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
۲- استادیار بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
۳- دانش‌آموخته دوره دکتری زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: (Email:Feyz_54@yahoo.com
DOI:10.22067/jag.v11i1.73855

www.SID.ir

Archive of SID

انرژی را توانایی انجام کار تعریف کرده‌اند. با توجه به نیاز روزافزون انرژی در جهان امروز، قیمت بالا و محدودیت منابع انرژی و نیز اثرات استفاده نامتعارف و بیش از حد انرژی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و نیز تسریع در روند گرم شدن کره زمین، امروزه مبحث انرژی در تمام زیرساخت‌های اقتصاد اعم از صنعت، خدمات و کشاورزی به یکی از مهم‌ترین مباحث برای محققان و دانشمندان تبدیل شده است (Abdollahpour & Zaree, 2009). به طور کلی، منبع انرژی برای تولید غذا به دو شکل انرژی اکولوژیکی و زراعی است. انرژی اکولوژیکی شامل انرژی خورشیدی است که منبع انرژی برای تولید زیست‌توده محسوب می‌شود و انرژی زراعی، انرژی عرضه شده توسط انسان برای بهینه‌سازی تولید زیست‌توده در اکوسیستم‌های زراعی است. انرژی زراعی به دو شکل صنعتی و بیولوژیکی تفکیک می‌شود. انرژی صنعتی، انرژی حاصل از منابع غیرزنده مانند: الکتریسیته، نفت، گازوئیل و گاز طبیعی می‌باشد. انرژی زراعی بیولوژیکی نیز از منابع انسانی مانند نیروی کار انسان، نیروی کار دام و کود حیوانی تأمین می‌شود (Nasiri Mahallati et al., 2006). انسان برای دستیابی به انرژی مورد نیاز خود، به استفاده از منابع فسیلی که در دسترس و ارزان قیمت هستند روی آورده است. این نوع منابع ۹۵ درصد از انرژی مصرفی جهان را تشکیل می‌دهد. بالا رفتن مصرف انرژی فسیلی باعث آلوده شدن هوا و تغییرات کلی در آب و هوای کره زمین می‌گردد. براساس مقیاس جهانی کشاورزی در حدود پنج درصد از کل انرژی سوخت‌های فسیلی را مصرف می کند (Nasiri Mahallati et al., 2006).

نقش حیاتی انرژی در توسعه بخش‌های مهم اقتصادی از قبیل صنعت، حمل و نقل و کشاورزی، پژوهش‌گران را به مطالعه در عرصه مدیریت بر مصرف انرژی واداشته است (Strapatsa et al., 2006). نتایج مطالعه این محققین بر جریان انرژی در تولید سیب‌زمینی در یونان نشان داد که انرژی ورودی ۵۰/۷ گیگاژول در هکتار و انرژی خروجی ۱۱۸/۵ گیگاژول در هکتار می‌باشد. در تحقیقی دیگر که با هدف توازن انرژی در کشت کلزای زمستانه (*Brassica napus* L.) از طریق فراهمی نیتروژن محصول قبلی در مناطق خشک آلمان انجام نشان داد که انرژی ورودی در طول سال متغیر و بین ۷/۴۲ تا ۱۶/۱ گیگاژول در هکتار حاصل شد (Rathke & Diepenbrock, 2006). در بررسی میزان مصرف سوخت در تولید محصولات مختلف در ژاپن گزارش شده است که برای تولید هر هکتار گندم زمستانه (*Triticum aestivum* L.)، چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) و سیب‌زمینی به ترتیب ۱۳۰/۸۰، ۱۸۳/۸۰ و ۲۴۱/۴۰ لیتر سوخت فسیلی نیاز است. در کلیه محصولات ذکر شده، ۷۱/۱۰ لیتر در هکتار سوخت فسیلی برای خاک‌ورزی مصرف شد. برای کاشت این محصولات به ترتیب ۶/۷۰، ۲۶/۵۰ و ۱۰/۴۰ لیتر در هکتار، برای مبارزه با آفات و بیماری‌ها به ترتیب ۱۳/۳، ۱۱/۵ و ۱۳/۴ لیتر در هکتار و برای برداشت آن‌ها ۱۴/۵۰، ۴۱/۵۰ و ۱۲۷ لیتر در هکتار سوخت مصرف شد. همچنین روش کاشت و داشت و برداشت محصول نیز در سهم مصرف سوخت در عملیات مختلف مؤثر است. به‌طوری‌که در گندم زمستانه خاک‌ورزی و در چغندرقند و سیب زمینی به ترتیب کاشت و برداشت از بیشترین میزان مصرف سوخت برخوردار بودند (Koga, 2008).

در ایران نیز تحقیقات متعددی در رابطه با مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید محصولات زراعی و باغی صورت گرفته است که در این میان می‌توان به بررسی میزان مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید سیب‌زمینی در شهرستان اردبیل در دو گروه از کشاورزان اشاره کرد. ایشان دریافتند که میزان انرژی خالص به دست آمده برای کشاورزانی که مالک ادوات و ماشین آلات بوده و از سطح تکنولوژی بالاتری برخوردار بودند نسبت به کشاورزانی که مالک نبوده و سطح تکنولوژی تولید پایین‌تری داشتند، بیشتر بوده که به ترتیب برابر با ۴۱۱۰/۹۵ و ۲۱۷۴۴/۶۷- می‌باشد، همچنین عملکرد گروه اول نسبت به گروه دوم نیز ۱۳ درصد کمتر بود (Zangeneh et al., 2010). در تحقیقی دیگر، میزان انرژی ورودی و خروجی برای تولید سیب‌زمینی به ترتیب ۷۸۳۶۳ و ۷۷۳۷۵ مگاژول در هکتار به دست آمد (Haj Seyed Hadi, 2006). مقادیر مختلفی برای کارایی مصرف انرژی نیز در تولید سیب‌زمینی گزارش شده است که از جمله آنها مقادیر ۱/۰۳ (Khoshnevisan et al., 2014)، ۱/۲۵ (Mohammadi et al., 2008)، ۱/۱ (Rajabi Hamedani et al., 2011) و ۱/۱۴ (Zangeneh et al., 2010) می‌باشد. از دلایل اختلاف در مقادیر به دست آمده می‌توان به روش‌های تولید سیب‌زمینی در شهرهای مختلف ایران و عملکرد به دست آمده گوناگون اشاره نمود. بررسی مصرف انرژی در زراعت پنبه در استان گلستان نیز نشان داد که سهم نهاده‌های مختلف در انرژی مصرفی در تولید پنبه استان متفاوت بود. سوخت تراکتور و موتور پمپ به ترتیب سهمی برابر با ۲۴ و ۳۰ درصد را به خود اختصاص دادند و به طور کلی ۵۴ درصد انرژی مصرفی در تولید پنبه مربوط به سوخت گازوییل بود. کودها با ۲۴ درصد و مواد شیمیایی با ۱۳درصد نیز به ترتیب رتبه دوم و سوم را در مصرف انرژی داشتند (Ahmadi & Aghaalikhani, 2012). با ارزیابی مصرف انرژی در مزارع تکثیر بذر ارقام دیم گندم آذربایجان شرقی و تأثیر آن بر محیط زیست گزارش شد که بیشترین انرژی مصرفی به ترتیب مربوط به کود نیتروژن، ماشین‌آلات و سوخت گازوئیل و کمترین انرژی مصرفی متعلق به نیروی انسانی و علف‌کش می‌باشد (Valadiani et al., 2005). در مطالعه‌ای دیگر به منظور بررسی بیلان انرژی در مزارع گندم دیم استان کرمانشاه گزارش شد که کارایی انرژی برای محصول دانه ۰/۸۲ و کاه آن ۰/۷۰ می‌باشد و

www.SID.ir

Archive of SID

این میزان برای انرژی کل ۱/۵۲ محاسبه شد. بیشترین مقدار انرژی مصرفی برای ماشین آلات (۲۷/۳ درصد) و کود نیتروژن (۲۰ درصد) و کمترین مقدار آن برای استفاده از علف‌کش‌ها و نیروی کارگری ثبت گردید (Abdollahpour & Zaree, 2009). با بررسی چهار سناریوی تولید کلزا، میزان متوسط مصرف سوخت را ۸۵±۷ لیتر در هر هکتار تخمین زده شد. سناریوی رایج تولید که حدود ۷۰ درصد از کشاورزان آن را انجام می‌دهند و سناریوی مصرف بیشتر نهاده‌ها که حدود ۱۶ درصد از کشاورزان آن را اعمال می‌کنند بیشترین مصرف سوخت را با ۹۷ لیتر در هکتار نشان داد. سناریوی مدیریت بهتر محصول که حدود ۶ درصد از کشاورزان منطقه از آن استفاده می‌کنند کمترین میزان مصرف سوخت را نشان داد به‌طوری‌که مصرف سوخت در هر هکتار تا ۳۷ درصد کاهش نشان داد. در این سناریو، عمل کاشت و کوددهی توأم انجام می‌گیرد. بنابراین با مدیریت صحیح و استفاده ادوات ترکیبی می‌توان گام مهمی در جهت کاهش مصرف سوخت برداشت (Soltani et al., 2014). بررسی مصرف سوخت، انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در محصول سویا (*Glycine max* L.) در شهرستان گرگان نشان داد که برای تولید هر هکتار به ۱۲۹ لیتر سوخت فسیلی و ۱۲۶۱۳ انرژی نیاز است. این میزان مصرف انرژی موجب انتشار ۹۸۱ کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار گردید. کارایی و بهره‌وری انرژی نیز ۴/۱ و ۰/۲۷ به‌دست آمد (Alimamagham et al., 2013).

بنابراین این مطالعه به منظور بررسی چگونگی کاهش مصرف سوخت، انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در هر هکتار از زمین‌های تحت کشت سیب‌زمینی اهداف زیر مد نظر قرار گرفت: ۱- تعیین میزان مصرف انرژی در هر مرحله از عملیات تولید و بررسی شاخص‌های آن. ۲- تعیین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در هر مرحله از عملیات تولید و بررسی شاخص‌های آن. ۳- بررسی چگونگی کاهش مصرف سوخت، انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در هر مرحله از تولید.

مواد و روش‌ها

زراعت سیب‌زمینی در استان گلستان در نواحی کوهستانی چهارباغ و اراضی دشت در محدوده روستاهای اطراف شهرستان گرگان به‌ویژه جلین و شهر سرخنکلاته به عنوان کشت اول در سطحی نزدیک به۷۵۰۰ هکتار انجام می‌شود. عملیات زراعی تهیه زمین شامل شخم و دیسک اولیه از اواخر مهرماه آغاز می‌گردد و عملیات کاشت از اواسط آبان آغاز می‌شود. عملیات آماده‌سازی زمین شامل: کودپاشی کودهای پایه اوره و فسفاته با دستگاه سانتریفوژ اختلاط با دیسک همزمان با کشت درآبان ماه انجام می‌شود. کشت سیب‌زمینی امروزه در بیشتر اراضی زیر کشت با دستگاه سیب‌زمینی کار انجام می‌شود.

کود سرک (اوره) در اسفند ماه به صورت دست پاش همزمان با شروع رشد سریع ساقه‌ها برای تحریک رشد بیشتر انجام می‌شود. در اواسط تا اواخر اسفند ماه ازدستگاه فاروئر به منظور خاک‌دهی بوته‌های سیب‌زمینی استفاده می‌شود که با این عمل علاوه بر سله‌شکنی مورد نیاز، علف‌های هرز از بین رفته و جوی پشته برای آبیاری نیز آماده می‌شود.

آبیاری در زراعت سیب‌زمینی برای تولید بیشتر غده ضروری است و بسته به فصل زراعی از ماه اسفند شروع و تا اواسط اردیبهشت ادامه دارد. یکی از عملیات زراعی که در اواخر اردیبهشت برای قطع اندام هوایی سیب‌زمینی برای توقف انتقال مواد از غده صورت می‌گیرد و در بین کشاورزان با نام سرزنی مشهور است با دستگاه روتیواتور تقریبا ۷-۵ روز قبل از برداشت انجام می‌شود (جدول ۱).

جهت انجام این پژوهش اقدام به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز از منطقه مورد بررسی شد بر همین اساس با مصاحبه کشاورزان مختلف، برای سیب‌زمینی ۹۵ کشاورز بر اساس فرمول کوکران انتخاب گردید.

فرمول (۱)

$$n=\frac{\frac{z^2pq}{d^2}}{1+\frac{1}{N}\left(\frac{z^2pq}{d^2}-1\right)}$$

که در آن، n: حجم نمونه، N: حجم جمعیت آماری (حجم جمعیت شهر، استان و...)، Z: مقدار متغیر نرمال واحد استاندارد، p: نسبتی از جمعیت دارای صفت معین، q: نسبتی از جمعیت فاقد صفت معین (1-p)، d: مقدار اشتباه مجاز یا درصد خطا، Z: مقدار متغیر نرمال واحد استاندارد، که در سطح اطمینان ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ می‌باشد. d: مقدار اشتباه مجاز که معمولاً برابر ۰/۰۱ یا ۰/۰۵ می‌باشد. P: مقدار pو q که اگر در اختیار نباشد می‌توان آن را ۰/۵ در نظر گرفت و در این صورت واریانس به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

پس از مشخص شدن کشاورزان، اقدام به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز ماشین‌آلات و نهاده‌های مصرفی شامل بذر، کود، سوخت و سموم در سیب‌زمینی شد. پس از این مرحله داده‌ها توسط نرم‌افزار اکسل در سه بخش مصرف سوخت، انرژی سوخت مصرفی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر مبنای معادل دی‌اکسیدکربن محاسبه گردید.

برای تعیین میزان انرژی ورودی ناشی از مصرف نهاده‌ها، مقادیر مصرف هر یک از نهاده‌ها در طی فصل رشد یادداشت‌برداری شد و بر اساس فرمول‌های مربوطه که در ذیل بدان اشاره می‌گردد، محاسبه گردید. انرژی ورودی کل از مجموع انرژی‌های نیروی کار، ماشین‌آلات، سوخت، کودهای شیمیایی و دامی، سموم، بذر، کود

www.SID.ir

Archive of SID

شیمیایی و آبیاری محاسبه شد. انرژی خروجی کل نیز از برآورد مجموع انرژی عملکرد دانه و کاه و کلش محاسبه شد. انرژی غیرمستقیم شامل انرژی مصرف شده در بذر، کود، سموم شیمیایی و ماشین‌آلات است، در حالی‌که انرژی مستقیم شامل نیروی کارگری و سوخت می‌باشد. همچنین انرژی تجدیدناپذیر از مجموع انرژی سوخت، مواد شیمیایی، کود شیمیایی و ماشین‌آلات و انرژی تجدیدپذیر از مجموع نیروی کار، بذر، کود دامی، محاسبه شد.

جدول ۱- زمان‌بندی عملیات کاشت، داشت و برداشت سیب‌زمینی در استان گلستان

Table 1- Timing farming operations of potato production in Golestan province

عملیات زراعی Farming operations	زمان Time
شخم (۳۰cm)	اواخر مهر
Ploughing (30 cm)	Late October
دیسک مرحله اول	اواسط آبان
First disking	Mid-November
دیسک مرحله دوم	اواسط آبان
Second disking	Mid-November
دیسک مرحله سوم	اواسط آبان
Third disking	Mid-November
اختلاط کود با خاک	اواسط آبان
Mixing fertilizer with soil	Mid-November
کاشت غده بذری	اواسط آبان
Tuber planting	Mid-November
نهرکن	اواخر اسفند
Furrower	Late March
کود سرک یک بار	اواسط اسفند
Topdressing	Late March
آبیاری مرحله اول	اواسط اسفند
First irrigation	Late March
آبیاری مرحله دوم	اواسط فروردین
Second irrigation	Mid-April
آبیاری مرحله سوم	اواخر فروردین
Third irrigation	Mid-April
آبیاری مرحله چهارم	اواسط اردیبهشت
Fourth irrigation	Mid-May
سرزنی	اواخر اردیبهشت
Topping	Late May
برداشت	اوایل خرداد
Harvest	Early June

برای برآورد مقدار مصرف سوخت ماشین‌آلات به تفکیک، عملیات زراعی مشخص شدند. از معادله (۲) بین میزان سوخت براساس مدت زمان کارکرد ماشین‌آلات بر حسب ساعت در هکتار (FH) و سوخت مورد نیاز یک ساعت کار تراکتور بر حسب لیتر در ساعت T میزان سوخت مصرفی FT تعیین شد (Soltani et al., 2013).

معادله (۲) $FT=T*FH$

برای برآورد مقدار مصرف انرژی در نهاده‌های مصرفی مثل کود، آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها میزان انرژی هردگرم ماده مؤثره در ضرایب مربوطه و وزن مخصوص آنها ضرب گردید. سایر محاسبات انرژی مصرفی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در تولید و عملیات زراعی برای هر یک از روش‌ها با استفاده از ضرایب به‌دست آمده از منابع مختلف انجام شد.

انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به پدیده‌ی تغییر اقلیم و گرم شدن جهانی شده است. مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای در کشاورزی شامل دی‌اکسیدکربن (CO_2)، اکسید نیتروژن (N_2O) و متان (CH_4) می باشند که باعث گرم شدن جوّ زمین می‌شوند. پتانسیل گرمایش جهانی[1] (GWP) عبارت است از جمع گازهای گلخانه‌ای تولید شده که به صورت معادل CO_2 بیان می‌شود (IPCC، 1996). در این

1- Global warm potential

www.SID.ir

Archive of SID

تحقیق برای محاسبه GWP، تولید گازهای CO_2، N_2O و CH_4 ناشی از مصرف انرژی در عملیات‌های مختلف از قبیل تولید کودهای نیتروژن، فسفر و تولید سموم شیمیایی، مصرف سوخت‌های فسیلی جهت انجام عملیات زراعی، تولید ماشین‌آلات زراعی، آبیاری و حمل و نقل در نظر گرفته شد.

با برآورد کل انرژی‌های ورودی و خروجی شاخص‌های ارزیابی انرژی شامل نسبت یا کارآیی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص با استفاده از معادلات ۲ تا ۵ محاسبه شد (Soltani et al., 2013; Soltani et al., 2009).

معادله (۳) $ER=EO/EI$

که در آن، ER: نسبت یا کارایی انرژی عددی است بدون واحد، EO: مجموع انرژی‌های خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI: مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

معادله (۴) $SE=EI/GY$

که در آن، SE: انرژی ویژه (مگاژول بر کیلوگرم)، EI: مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول بر هکتار) و GY: عملکرد (تن در هکتار) می‌باشد.

معادله (۵) $EP=GY/EI$

که در آن، EP: بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)، GY: عملکرد دانه (تن در هکتار) و EI: مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

معادله (۶) $NEY=EO-EI$

که در آن، NEY: عملکرد انرژی خالص (مگاژول در هکتار)، EO: مجموع انرژی‌های خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI: مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

برای محاسبه پتانسیل گرمایش جهانی در مرحله اول از نتایج محاسبه انرژی در قسمت قبل برای سیب‌زمینی در هر یک از عملیات زراعی انجام شده استفاده شد. سپس با به‌کارگیری ضرایب تولید گازهای CO_2، N_2O و CH_4 به ترتیب معادل ۱، ۳۱۰ و ۲۱ کیلوگرم CO_2، کل گازهای گلخانه‌ای به صورت معادل CO_2 محاسبه شدند (Soltani et al., 2009). ضرایب انتشار هر یک از گازهای گلخانه‌ای به ازای هر نهاده مصرفی در جدول ۲ ارایه شده است.

جدول ۲- میزان انتشار هر یک گازهای گلخانه‌ای (گرم) برای برخی نهاده‌ها در تولید سیب‌زمینی در استان گلستان

Table 2- GHG emissions coefficients for potato production in Golestan province, Iran

ورودی‌ها Inputs	واحد Unit	C_2O	N_2O	CH_4	منبع Reference
N	کیلوگرم kg	3100	0.03	3.7	اشنایدر و همکاران (Snyder et al., 2009)
P	کیلوگرم kg	1000	0.02	1.8	اشنایدر و همکاران (Snyder et al., 2009)
K	کیلوگرم kg	700	0.01	1	اشنایدر و همکاران (Snyder et al., 2009)
سوخت فسیلی Fossil fuel	لیتر L	3560	0.70	5.20	کرامر و همکاران (Kramer et al., 1999)
الکتریسیته Electricity	کیلووات ساعت kWh	61.20	8.82	0.02	تزیلیواکیس و همکاران (Tzilivakis et al., 2005)

از حاصل تقسیم مقدار پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار بر میزان عملکرد غده بر حسب تن در هکتار پتانسیل گرمایش جهانی برای تولید هر تن غده یا به عبارتی معدل وزنی به‌دست می‌آید. به همین ترتیب از تقسیم مقدار پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار بر مقدار انرژی ورودی و همچنین تقسیم مقدار پتانسیل گرمایش جهانی بر انرژی خروجی برحسب گیگاژول، معادل گرمایش جهانی بر حسب کیلو گرم CO_2 برحسب گیگاژول انرژی مصرفی و انرژی تولید شده محاسبه گردید.

معادل‌های انرژی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در مزارع سیب‌زمینی (جدول ۳)، مقادیر ورودی‌های مختلف جهت تولید محصول در یک هکتار سیب‌زمینی (جدول ۴) و مقادیر انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) به تفکیک گروه زراعی در مزارع سیب‌زمینی (جدول ۵) ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- معادل‌های انرژی برای ورودی‌های مورد استفاده و خروجی‌های به دست آمده در تولید گندم

Table 3- Energy content for used inputs and obtained outputs in wheat production

نهاده‌ها Inputs	واحد Unit	انرژی Energy (MJ.unit^{-1})	منبع Reference
نیروی انسانی Human labor	h	1.96	ازکان و همکاران؛ تورهان و همکاران (Ozkan et al., 2004; Turhan et al., 2008)
نیروی انسانی برای قطعه کردن سیب‌زمینی Human labor for potato cutting	h	0.20	کیتانی (Kitani, 1998)
غده سیب‌زمینی Potato tuber	kg	3.60	خوشنویسان و همکاران (Khoshnevisan et al., 2014)
ماشین آلات Machinery	h	62.70	کارگاشر و کوکتولگا (Karkacıer & Goktolga, 2005)
کودهای نیتروژن‌دار N fertilizers	kg N	60.60	اکسوز و همکاران؛ ازکان و همکاران (Akcaoz et al., 2009; Ozkan et al., 2004)
کودهای فسفره P fertilizers	kg P_2O_5	13.971	کاظمی و همکارن (Kazemi et al., 2018)
کودهای حاوی پتاسیم K fertilizers	kg K_2O	7.947	کاظمی و همکاران (Kazemi et al., 2018)
سوخت فسیلی Diesel	L	38.00	موسسه بین‌المللی مطالعات انرژی (IIES, 2007)
الکتریسیته Electricity	kWh ha^{-1}	13.46	عالیمقام و همکاران (Alimagham et al., 2017)
آب	m^3	1.02	زاهدی و عشقی‌زاده (Zahedi & Eshghizadeh, 2014)
علف‌کش Herbicide	kg active ingredient	278.00	راتکه و داینپروک (Rathke & Diepenbrock, 2006)
قارچ‌کش Fungicide	kg active ingredient	99.00	استراپاتسا (Strapatsa, 2006)
خروجی‌ها Output			
غده سیب‌زمینی Tuber yield	kg	3.60	خوشنویسان و همکاران (Khoshnevisan et al., 2014)

نتایج و بحث

مقادیر انرژی ورودی سیستم زراعی برحسب مگاژول در هکتار در جداول ۵ و ۶ ارائه شده است.

از میان ورودی‌های مختلف، غده بذری با میانگین انرژی ورودی ۳۷۴۱ مگاژول در هکتار (۳۴/۱۷ درصد) بیشترین سهم را به خود اختصاص داد. میزان غده بذری مصرفی نیز به نوع و نحوه‌ی استفاده از ماشین‌های کاشت بستگی دارد. عواملی مانند خاک‌ورزی و آماده‌سازی مناسب زمین جهت کشت و نیز استفاده از ماشین‌های کارآمد کاشت می‌تواند در میزان غده مصرفی مؤثر باشد. همچنین جهت کاهش میزان انرژی ورودی ناشی از غده بذری انجام تحقیقات و برنامه‌ریزی کشت مینی‌تیوبر در مزارع استان گلستان ضروری است.

با استفاده از کشت مینی‌تیوبر علاوه بر کاهش میزان انرژی ورودی در مزارع می‌توان مزارع عاری از آلودگی‌های ویروسی و قارچی ایجاد نمود که این عامل (کاهش آلودگی‌های ویروسی و قارچی) نیز با کمتر شدن مصرف سموم و تعداد دفعات سمپاشی در کاهش میزان انرژی ورودی به مزارع تأثیرگذار است.

بیشترین انرژی ورودی مستقیم در مزارع سیب‌زمینی مربوط به سوخت فسیلی است (جدول ۶). سهم بالای سوخت در انرژی ورودی این مزارع می‌تواند به دلیل استفاده از ادوات و ماشین‌آلات فرسوده و با بهره‌وری کم باشد و نیز علاوه بر آن استفاده مکرر و جداگانه از ماشین‌آلات جهت هر عملیات زراعی به خصوص آماده‌سازی زمین و کشت نیز باعث افزایش میزان سوخت مصرفی شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مقدار نهاده‌های مصرف شده در تولید سیب‌زمینی در استان گلستان

Table 4- The amount of consumed inputs for potato production in Golestan province

نهاده Inputs	واحد Unit	میزان اشتباه استاندارد Error bar
سوخت Fuel	لیتر در هکتار (.ha^{-1}	90.98±0.07
الکتریسیته Electricity	کیلو وات ساعت در هکتار kWh ha^{-1}	170.1±0.33
غده Tuber	کیلوگرم در هکتار $Kg.ha^{-1}$	3600±1.11
نیتروژن Nitrogen	کیلوگرم در هکتار $Kg.ha^{-1}$	138±0.30
فسفر Phosphorus	کیلوگرم در هکتار $Kg.ha^{-1}$	161±3.04
پتاسیم Potassium	کیلوگرم در هکتار $Kg.ha^{-1}$	50±1.54
آفت‌کش Pesticide	گرم ماده موثره در هکتار($g\ a.i\ ha^{-1}$) g active ingredient ha^{-1}	1.49±0.05
آب آبیاری irrigation for water	مترمکعب در هکتار $m^3.ha^{-1}$	4800±7.22
عملیات زراعی Farming operations		
شخم Ploughing	نوبت Time	1
دیسک Disking	نوبت Time	3
پخش کود Fertilizer distribution	نوبت Time	2
کاشت با خطی‌کار Planting	نوبت Time	1
فاروئر Furrower	نوبت Time	1
نهرکن Ditcher	نوبت Time	1
سم‌پاشی Sprayer	نوبت Time	2
برداشت Harvest	نوبت Time	1
حمل و نقل ادوات زراعی Transportation	تن کیلومتر $Tone.km^{-1}$	160.4

به طور کلی مقادیر، انواع و درصد انرژی سوخت مصرف شده در عملیات مختلف کشاورزی در گیاهان زراعی و کشورهای مختلف متفاوت است. این موضوع به علت شرایط اقلیمی، بوم شناختی و زراعی متفاوت این کشورهاست. استفاده زیاد سوخت‌های فسیلی در کشاورزی از حدود ۷۰ سال پیش شروع شده و همچنان ادامه دارد. ضرورت پیدا کردن مواد سوختنی دیگری به جای سوخت‌های فسیلی حتی برای کشورهای صادر کننده هم وجود دارد (Koocheki & Hosseini, 1999). این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که حتی در بعضی از کشورها سیاست‌های تأثیرگذار بر بخش کشاورزی، به طور مستقیم تحت تأثیر قیمت سوخت قرار می‌گیرند، به طوری که سایین و همکاران (Sayin et al., 2005) نیز به درستی این مطلب، در کشور ترکیه اذعان داشتند. در تحقیقی مشابه نیز توسط تیپی و همکاران (Tipi et al., 2009)، انرژی ورودی سوخت دیزل ۴۵/۱۵ درصد بیشترین سهم را از انرژی‌های ورودی به خود اختصاص داد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقادیر مجموع انرژی سوخت، ماشین آلات و کارگری (مگاژول در هکتار) به تفکیک گروه زراعی در مزارع سیب‌زمینی در استان گلستان

Table 5- Input energy in terms of farming operations for potato production in Golestan province

عملیات Operation	انرژی ورودی Input energy	درصد از کل Percent from total
شخم plough	897.07±0.99	13.17
دیسک disking	710.11±1.98	10.42
کوددهی Fertilizing	163.32±1.65	2.40
کاشت (قطعه کردن بذر) Planting (tuber cutting)	9.6±0.76	0.14
کاشت (ردیف‌کار) Planting (row drill)	684.67±0.02	10.05
خاک دهی و وجین و سله شکنی Weeding and crusting	399.17±1.58	5.86
حفاظت گیاهی Crop protection	976±0.66	14.33
سرزنی Topping	510.9±0.93	7.50
سیب‌زمینی کن tuber harvester	1050.11±0.39	15.42
جمع‌آوری محصول توسط کارگر Crop harvesting by labor	1411.2±0.04	20.72
کل Total	6812.15±0.04	100

اصولاً پیروی از نظام‌های کشاورزی پایدار و رعایت اصول کم خاک‌ورزی از جمله شخم کاهش یافته، می‌تواند از راه‌کارهای کاهش مصرف بالای سوخت در کشاورزی باشد. گزارش شده که کاهش عملیات خاک ورزی تا ۵۵ درصد مصرف سوخت را بدون کاهش عملکرد کاهش می‌دهد (Bonari et al., 1995). از طرفی دیگر نوع ادوات و ماشین‌آلات نیز از نظر مصرف سوخت متفاوت هستند. تراکتورهای جاندیر ۳۱۴۰ و رومانی ۶۵۰ بیشترین مصرف سوخت و انرژی را در مقایسه با سایر تراکتورها در هنگام انجام عملیات زراعی دارند (Ghahderijani et al., 2009). عمده تراکتورها در استان گلستان نیز از همین گروه هستند که باید نسبت به بهسازی و ارتقاء سطح کیفی این ادوات برنامه‌ریزی و تلاش جدی صورت گیرد.

همچنین بیشترین انرژی ورودی غیرمستقیم نیز مربوط به غده بذری و کود نیتروژن می‌باشد. یک عامل اصلی در افزایش مصرف انرژی در اغلب مزارع مربوط به مصرف کودهای شیمیایی است. بیشتر این افزایش در کشورهای پیشرفته صورت گرفته است. در بسیاری از گزارش‌ها بیشترین انرژی ورودی به مزارع مربوط به کودهای شیمیایی از جمله کود نیتروژن اعلام شده است. استفاده از الگوی کشت بهینه و تناوب زراعی مناسب، استفاده از ریزجانداران آزادکننده عناصر غذایی، کود دامی، کود سبز و کودهای آلی می‌تواند به کاهش وابستگی بوم نظام‌های کشاورزی به نهاده‌های شیمیایی کمک کند. کشت یک گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن درتناوب با مزارع سیب‌زمینی می‌تواند نیاز این محصول به نیتروژن ورودی را کاهش دهد. انجام آزمایش‌های کامل تجزیه خاک در مزارع، می‌تواند قدم مؤثری در تعیین وضعیت حاصلخیزی خاک از نظر مواد غذایی باشد. از طرفی کارایی استفاده از کودهای شیمیایی همبستگی بسیار بالایی با نحوه مصرف آن دارد تا اینکه به میزان مصرف آن بستگی داشته باشد. به طوری که با کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌توان از کاهش عملکرد محصول نکاست (Manos et al, 2007). مک‌لاگین و همکاران (Mc Laughlin et al., 1997) گزارش کردند که کودهای دامی جانشین بسیار مناسبی برای کودهای شیمیایی می‌باشند. ضمن اینکه محتوی انرژی کودهای دامی می‌تواند تا ۳۴ درصد در مصرف انرژی برای تولید محصولات مختلف کاهش به همراه داشته باشد.

کل انرژی ورودی و خروجی در مزارع سیب‌زمینی در استان گلستان به ترتیب برابر ۳۷/۴ و ۷۹/۲ گیگاژول در هکتار به دست آمد (جدول ۷). در گزارشی نشان دادند که کل انرژی ورودی در مزارع سیب‌زمینی استان اردبیل به ترتیب ۸۱/۶ و ۱۰۲/۴ گیگاژول در هکتار به دست آمد (Mohammadi et al., 2008).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦- انرژی ورودی مستقیم و غیرمستقیم در تولید سیب‌زمینی در استان گلستان

Table 6- Direct and indirect input energy for potato production in Golestan province

انرژی ورودی Input energy	میانگین Mean	درصد از کل Percent from total
مستقیم Direct		
سوخت فسیلی Fossil fuel	3457.6±0.08	9.26
الکتریسیته Electricity	2302±1.13	6.16
نیروی انسانی Human labor	1628.1±1.2	4.36
آب آبیاری Water for irrigation	4896±9.03	13.11
غیر مستقیم Indirect		
کود نیتروژن Nitrogen	8362.8±1.19	22.40
کود فسفر Phosphorus	2249±1.02	6.02
کود پتاسیم Potassium	397±0.04	1.06
غده بذری Tuber	12960±1.16	34.71
علف کش‌ها Herbicides	401.8±0.07	1.08
قارچ کش‌ها Fungicides	158.4±0.09	0.42
ماشین آلات Machinery	341.9±1.07	1.41
جمع کل Total	37154.6±2.34	100.00

همچنین میزان انرژی ورودی در مزارع سیب‌زمینی در دشت دهگلان در استان کردستان را در مزارع تجاری و سنتی به ترتیب برابر ۹۳/۳ و ۴/۴ گیگاژول در هکتار در هکتار و و انرژی خروجی در مزارع تجاری و سنتی را به ترتیب برابر ۱۲/۸ و ۶۲/۴ گیگاژول در هکتار برآورد شد (Panahei & Kafi, 2013). نوسان موجود در مقادیر گزراش شده، ناشی از تفاوت در عملیات زراعی و مدیریتی و همچنین میزان عملکرد غده در واحد سطح مناطق مورد بررسی می‌باشد. در این مطالعه بازده انرژی خالص در مزارع سیب‌زمینی ۴۱/۸ گیگاژول بر هکتار برآورد شد. همچنین مقدار انرژی ویژه نیز در مزارع سیب‌زمینی ۱/۷ به دست آمد (جدول ۷).

مقدار شاخص انرژی ویژه در مزارع دشت دهگلان در استان کردستان برای نظام‌های تجاری و سنتی به ترتیب ۲/۶ و ۲/۵ گزارش شد (Hossein Panahei & Kafi, 2013). انرژی ویژه عکس بهره‌وری انرژی است. 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 (Hossein Panahei & Kafi, 2013).

بهره‌وری انرژی نسبت به کارآیی مصرف انرژی پارامتر تقریباً مناسب‌تری برای مقایسه دو منطقه مختلف از نظر تولید یک گیاه می‌باشد. زیرا اختلاف در میزان کارآیی انرژی هم می‌تواند به دلیل تفاوت در انرژی ورودی و هم تفاوت در عملکرد باشد. شاخص بهره‌وری انرژی، نسبت عملکرد تولیدی برحسب کیلوگرم را به انرژی مصرفی محاسبه کرده و تفاوت دو منطقه را بهتر نشان می‌دهد میزان بهره‌وری انرژی برای گیاهان مختلف زراعی در منابع ۰/۰۶ و۰/۱۰ برای گندم، ۱ برای گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum*)، ۰/۰۶ برای کتان (*Linum usitatissimum*)، ۱/۵۳ برای چغندرقند گزارش شده است (Erdal et al., 2007). میانگین بهره‌وری انرژی مزارع سیب‌زمینی در استان گلستان ۰/۵۹ به دست آمد (جدول ۷). این در حالی بود که میزان این شاخص را در مزارع سیب‌زمینی در دشت دهگلان در استان کردستان برای مزارع سنتی و تجاری به ترتیب برابر ۰/۳۸ و ۰/۳۹ گزارش شد که نشان می‌دهد بهره‌وری انرژی در

www.SID.ir

Archive of SID

شهرستان گرگان بالاتر از دشت دهگلان است (Hossein Panahei & Kafi, 2013).

نسبت انرژی خروجی به ورودی در مزارع سیب‌زمینی در استان گلستان ۲/۱۲ به دست آمد (جدول ۷) که نشان می‌دهد راندمان انرژی پایین می‌باشد. علت آن می‌تواند افزایش روز افزون انرژی ورودی به مزارع در قالب سوخت فسیلی و کودهای شیمیایی باشد. نسبت انرژی در زراعت سیب‌زمینی در دشت دهگلان در مزارع سنتی ۲/۵ (Hossein Panahei & Kafi, 2013)، گندم در ترکیه ۲/۸، (Canakci et al., 2005)، در مزارع گندم اردبیل ۱/۹۲ (Shahan et al., 2008) و در مزارع گندم آبی شهرستان ری ۲/۶۳ (Alipoor et al., 2014) گزارش شده است. بطور کلی نیاز به انرژی در عملیات زراعی در کشاورزی بستگی به درجه تغییر در بوم نظام‌های طبیعی دارد. باید توجه داشت که اصولاً طبیعت همیشه در جهت افزایش تولید ناخالص عمل می‌کند ولی انسان با دخالت در نظام‌های طبیعی سعی در افزایش تولید خالص دارد (Koocheki & Hosseini, 1999). در مجموع استفاده از ارقام پرمحصول، سامانه‌های کشت فشرده، افزایش مصرف کودها و سموم شیمیایی و سطح بالای مکانیزاسیون کشاورزی، سبب افزایش مصرف انرژی در کشاورزی مدرن شده است (Singh et al., 2004). برای افزایش کارایی مصرف انرژی دو راه‌کار کلی قابل تصور است، افزایش خروجی‌ها و کاهش منطقی نهاده‌ها، به طوری که دستیابی به عملکرد قابل قبول را مختل نسازد (Ahmadi & Aghaalikhani, 2012).

جدول ۷- شاخص‌های انرژی برای تولید سیب‌زمینی در استان گلستان

Table 7- Energy indices for potato production in Golestan province

شاخص‌ها Indices	واحد Unit	Mean±sd
انرژی ورودی Input energy		
انرژی مستقیم Direct energy	$MJ.ha^{-1}$	12283.7±0.54
انرژی غیرمستقیم Indirect energy	$MJ.ha^{-1}$	24872.2±0.47
انرژی ورودی کل Total input energy	$MJ.ha^{-1}$	37154.6±2.34
انرژی خروجی Output energy		
انرژی غده Tuber energy	$MJ.ha^{-1}$	79200±0.73
عملکرد غده Tuber yield	Kg	22000±0.08
انرژی خروجی Total output energy	$MJ.ha^{-1}$	79200±0.73
کارایی مصرف انرژی Energy use efficiency	-	2.13±0.01
انرژی ویژه Specific energy	$MJ.kg^{-1}$	1.70±0.01
بهره‌وری انرژی Energy productivity	$Kg.MJ^{-1}$	0.59±0.01
انرژی خالص Net energy	$MJ.ha^{-1}$	42045.3±1.74

انتشار گازهای گلخانه ای

میزان تولید گازهای گلخانه‌ای در زراعت سیب‌زمینی در استان گلستان معادل ۱۶۱۶/۲۲ کیلوگرم معادل دی‌اکسید کربن در هکتار ارزیابی شد که سهم هر یک از نهاده‌ها بر میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در جدول ۸، سهم هر یک از گازهای گلخانه‌ای به تفکیک در جدول ۹ و شاخص‌های GWP در جدول ۱۰ ارایه شده است.

همان‌طور که مشخص است، مصرف کودهای شیمیایی به ویژه کود نیتروژنه و مصرف الکتریسیته، بیش از نیمی از انتشار گازهای گلخانه-ای را بر عهده دارد. مصرف سوخت فسیلی، کاربرد ادوات و ماشین-آلات و همچنین مصرف سموم در رتبه‌های بعدی قرار دارند. البته شایان ذکر است که گرچه مصرف سموم از لحاظ تأثیر بر پتانسیل گرمایش جهانی، سهم کمتری را دارد، اما به دلیل ایجاد مسمومیت در

www.SID.ir

Archive of SID

انسان، خاک و آب، توجه ویژه‌ای باید به این مسئله مبذول گردد. برخی از محققین گزارش نمودند که با به کارگیری روش‌های طبیعی در کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی می‌توان مصرف سموم کشاورزی را تا حد قابل توجهی کاهش داد. این روش‌ها شامل: افزایش ژن‌های مقاومت گیاهان زراعی نسبت به آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، تقویت دشمنان طبیعی آن‌ها، به کارگیری تناوب صحیح زراعی، تلفیق خاک‌ورزی حفاظتی و کشت برخی از گیاهان علوفه‌ای و درختان در مزارع می‌باشند (Pimental & Pimental, 2008; Kitani, 1999; Safa et al., 2011). همچنین بر اساس نتایج گرچه جایگزین شدن الکتریسیته به جای سوخت فسیلی در آبیاری موجب کاهش مصرف انرژی در سطح مزارع می‌گردد و سهولت‌هایی را نیز در پی دارد، اما به دلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای بالاتر، پیامدهای محیط زیستی بیشتری را در پی دارد.

جدول ۸- مقادیر GWP برحسب کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار برای بخش‌های مختلف تولید سیب زمینی
Table 8- GWP (kg eq-CO2.ha-1) for potato production in Golestan province, Iran

ورودی‌ها Inputs	Mean±sd	درصد از کل Percent of total
نیتروژن Nitrogen	429.08±0.08	26.5
فسفر Phosphorous	161.99±0.09	10.02
پتاسیم Potassium	32.15±0.02	1.99
علف‌کش Herbicide	64.73±0.02	4.01
قارچ‌کش Fungicide	25.52±0.02	1.58
ماشین آلات Machinery	77.46±0.03	4.79
سوخت فسیلی Fossil fuel	349.79±0.03	21.64
الکتریسیته Electricity	475.50±0.07	29.42
مجموع نهاده‌ها Total inputs	1616.22±0.08	100

جدول ۹- مقادیر انتشار هر یک گازهای گلخانه‌ای برحسب کیلوگرم در هکتار برای برخی نهاده‌ها در تولید سیب‌زمینی در استان گلستان
Table 8- GHG emissions (kg.ha^{-1}) for potato production in Golestan province, Iran

ورودی‌ها Inputs	دی اکسید کربن C_2O	اکسید نیتروژن N_2O	متان CH_4
نیتروژن Nitrogen	427.8	1.28	0.0023
فسفر Phosphorous	161	1.00	0.0007
پتاسیم Potassium	35	0.155	0.0002
سوخت فسیلی Fossil fuel	320.4	19.53	9.82
الکتریسیته Electricity	10.41	465.08	0.0037

در دو تحقیق مشابه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید سیب‌زمینی در فریدون شهر از توابع استان اصفهان برابر با ۲۲۸۳ کیلوگرم در هکتار (Khoshnevisan et al., 2014) و در کل استان اصفهان ۲۳۵۰ کیلوگرم در هکتار (Pishgar-Komleh et al., 2012) محاسبه شد. یکی از دلایل افزایش مقادیر به دست آمده از دو تحقیق مذکور نسبت به مطالعه حاضر، تعداد دفعات بیشتر آبیاری و به دنبال آن مصرف بیشتر الکتریسیته بوده، به طوری‌که ۶۵ درصد از مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با مصرف الکتریسیته گزارش شده است (Khoshnevisan et al., 2014).

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج مطالعه جریان انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع ذرت دانه‌ای در کشت بهاره در گرگان نشان داد که سهم کود نیتروژن در انتشار گازهای گلخانه‌ای ۲۸/۸ درصد بوده و نشان داده شد که کمترین میزان پتانسیل گرمایش جهانی در کشت بهاره ذرت و برابر با ۲۳۴۹ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار بدست آمد (Feyzbakhsh, & Soltani, 2013).

انرژی ورودی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید چغندرقند در شمال ایرلند مورد ارزیابی قرار گرفت و میانگین پتانسیل گرمایش جهانی برابر با ۱/۲۵ تن معادل CO_2 در هکتار گزارش شد (Tzilivakis et al., 2005).

همچنین در تولید گندم و سویا در استان گلستان چنین نتیجه شد که با استفاده از کشنده‌هایی با توان اسب بخار بالا و ادواتی با عرض کار و عمق نفوذ بیشتر می‌توان در مصرف انرژی صرفه‌جویی نمود و به دنبال آن انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داد (Rezvantalab et al., 2015).

جدول ۱۰- مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی برای تولید سیب‌زمینی در استان گلستان

Table 9- GHG emissions for potato production in Golestan province

پتانسیل گرمایش جهانی GWP	واحد Unit	Mean±sd
بر واحد سطح per unit area	kg eq-CO_2.ha^{-1}	1616.22±0.08
بر واحد وزن per unit weight	kg eq-CO_2.kg^{-1}	0.07±0.00
بر واحد انرژی ورودی per unit energy input	kg eq-CO_2.MJ^{-1}	0.04±0.00
بر واحد انرژی خروجی per unit energy output	kg eq-CO_2.MJ^{-1}	0.02±0.00

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بیشترین انرژی ورودی مربوط به غده بذری سیب‌زمینی بود. خاک‌ورزی و آماده‌سازی مناسب زمین جهت کشت و نیز استفاده از ماشین‌های کارآمد کاشت می‌تواند در کاهش میزان غده مصرفی مؤثر باشد. همچنین جهت کاهش میزان انرژی ورودی ناشی از غده بذری انجام تحقیقات و برنامه‌ریزی کشت مینی‌تیوبر در مزارع استان گلستان ضروری است.

همچنین بیشترین سهم انرژی ورودی در مزارع سیب‌زمینی مربوط به کود نیتروژن (غیرمستقیم) و سوخت مصرفی (مستقیم) است. چون میزان انرژی مصرفی در قسمت کود مصرفی نیتروژن در زراعت سیب‌زمینی زیاد است لزوم بررسی و تحقیق جهت کشت‌های تناوبی و در تناوب با سیب‌زمینی و همچنین استفاده از گیاهانی که قادر به تثبیت نیتروژن هستند آشکار می‌گردد. از طرفی به منظور کاهش مصرف سوخت، انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای استفاده از تراکتورهایی با توان بالا جهت کاربرد از ادواتی با عرض کار و عمق نفوذ بیشتر مانند دیسک‌های افست و به دنبال آن کاهش زمان انجام عملیات و تعداد دفعات آن ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

Abdollahpour, S.H., and Zaree, S. 2009. Evaluation of wheat energy balance under rain fed farming in Kermanshah. Sustainable Agriculture Science 20: 97-106. (In Persian with English Summary)

Ahmadi, M., and Aghaalikhani, M. 2012. Analysis of energy use in cotton cropping in Golestan province in order to represent a strategy for increase of resources productivity. Journal of Agroecology 4: 151-158. (In Persian with English Summary)

Akcaoz, H., Ozcatalbas, O., and Kizilay, H. 2009. Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey. Journal of Food, Agriculture and Environment 7: 475-480.

Alimagham S.M., Soltani A., Zeinali E., and Kazemi, H. 2017. Energy flow analysis and estimation of greenhouse gases (GHG) emissions in different scenarios of soybean production (Case study: Gorgan region, Iran). Journal of Cleaner Production 149: 621-648.

Alimagham, S.M., Soltani A., and Zeinali, E. 2013. Fuel consumption, energy use and GHG emissions from field operations in soybean production. Electronic Journal of Crop Production 7: 1-23. (In Persian with English Summary)

www.SID.ir

Archive of SID

Alipoor, A., Keshavarz-Afshar, R., Ghaleh Golab Behbahani A., Karimi Nejad M., and Mohammadi, V. 2014. Evaluation of energy flow in irrigated wheat agroecosystems. A case study: Shahr-e-Rey City. Journal of Agriculture Science and Sustainable Production 23: 59-69. (In Persian with English Summary)

Bonari, E., Mazzoncini, M., and Peruzzi, A. 1995. Effect of conservation and minimum tillage on winter oilseed rape in a sand soil. Soil and Tillage Research 33: 91-108.

Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I., and Ozmerzi, A. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey. Energy Conversion and Management 46: 655–666.

Darlington, D. 1997. What is efficient agriculture? Available at URL: *http:// www.veganorganic.net/agri.htm*.

Erdal, G., Esengun, K.H., Erdal, H., and Gunduz, O. 2007. Energy use and economic analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32: 35–41.

Esengun, K., Erdal, G., Gunduz, O., and Erdal, H. 2007. An economic analysis and energy use in stake-tomato production in Tokat province of Turkey. Renewable Energy 32: 1873-81.

Feyzbakhsh, M.T., and Soltani, A. 2013. Energy flow and global warming potential of corn farm. Electronic Journal of Crop Production 6(2): 89-107. (In Persian with English Summary)

Ghahderijani, M., Keyhani, A.R., Tabatabaeefar, S.A., and Omid, N. 2009. Evaluation and determination of energy ratio for potato production in different level of cultivated area in the western Isfahan. Case study: Fereydoon-Shahr. Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources 16: 183-193. (In Persian with English Summary)

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 at: <www.actapress.com>.

Hatirli, S.A., Ozkan, B., and Fert, C. 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. Renewable Energy 31: 427-438.

Hossein Panahei, F., and Kafi, M. 2013. Evaluation of energy budget and its productivity in potato (*Solanum tuberosum* L.) production farms of Kurdistan Province, Case study: Dahgalahn plain. Journal of Agroecology 4: 159-169.

IIES, Institute for International Energy Studies. 2007. Iran Hydrocarbons Energy Balance, Ministry of oil and gas.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996. Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Cambridge University Press, UK.

Kaltsas, A.M., Mamolos, A, P., Tsatsasarelis, C.A., Nanos, G.D., and Kalburtji, K.L. 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves. Agriculture, Ecosystems and Environment 122: 243-251.

Karkacıer, O., and Goktolga, Z. 2005. Input-output analysis of energy use in agriculture. Energy Conversion and Management 46(9-10): 1513-1521.

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Mousazadeh, H., and Rajaeifar, M.A. 2014. Application of artificial neural networks for prediction of output energy and GHG emissions in potato production in Iran. Agricultural Systems 123: 120-127.

Kitani, O. 1998. CIGR, Handbook of agricultural engineering volume 5, Energy & Biomass Engineering. ASAE publication.

Koga, N. 2008. An energy balance under a conventional crop rotation system in northern Japan: Perspectives on fuel ethanol production from sugerbeet. Agriculture, Ecosystems and Environment 125: 101-11.

Koochecki, A., and Hosseini, M. 1999. Energy Productivity in Agricultural Ecosystems. Mashhad University Press. 317 pp.

Kramer, K.J., Moll, H.C., and Nonhebel, S. 1999. Total greenhouse gas emissions related to the Dutch crop production system. Agriculture, Ecosystem and Environment 72: 9-16.

Manos, B., Begum, M.A., Kamruzzaman, M., Nakou, I., and Papathanasiou, J. 2007. Fertilizer price policy, the environment and farms behavior. Journal of Policy Modelling 29: 87-97.

Mc Laughlin, N.B., Grant, B.A., King, D.J., and Wall, G.J. 1997. Energy inputs for a combined tillage and liquid manure injection system. Can. Agr. Eng. 39: 289-295.

Mohammadi, A., Tabatabaeefar, A., Shahin, Sh., Rafiee, Sh., and Keyhani, A. 2008. Energy use and economic analysis of potato production in Iran a case study: Ardabile province. Energy Conversion and Management 49: 3566-3570.

Nasiri Mahallati, M., Koocheki, A., Kamali, G., and Marashi, H. 2006. Investigating the climate change effects on agricultural climate indicators, Iran. Journal of Agriculture Sciences and Technology 20: 71-82. (In Persian with English Summary)

Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. 2004. Energy input–output analysis in Turkish Agriculture. Renewable Energy 29: 39–51.

Pimental, D., and Pimental, M.H. 2008. Food, Energy and Society. Taylor & Francis. 266 Pp.

Pishgar-Komleh, S.H., Ghahderijani, M., and Sefeedpari, P. Energy consumption and CO_2 emissions analysis of potato production based on different farm size levels in Iran. Journal of Cleaner Production 33: 183-191.

Rajabi Hamedani, S., Shabani, Z., and Rafiee, S. 2011. Energy inputs and crop yield relationship in potato production in Hamadan province of Iran. Energy 36: 2367-2371.

Rathke, G.W., and Diepenbrock, W. 2006. Energy balance of winter oil seed rape cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. European Journal of Agronomy 24: 35- 44.

www.SID.ir

Archive of SID

Rezvantalab, N., Soltani, A., Zeinali, E., and Daylam Salehi, R. 2015. Evaluation of Fuel and Energy Use and Greenhouse Gases Emissions in Wheat and Soybean Production in Golestan Province. PhD thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran. (In Persian with English Summary)

Safa, M., Samarasinghe, S., and Mohsen, M. 2011. A field study of energy consumption in wheat production in Canterbury, New Zealand. Energy Conversation Management 52: 2526-2532.

Sayin, C., Mencet, M.N., and Ozkan, B. 2005. Assessing of energy policies based on Turkish agriculture: current status and some implications. Energy Policy 33: 2361-2373.

Shahan, S., Jafari, A., Mobli, H., Rafiee, S., and Karimi, M. 2008. Energy use and economic analysis of production in Iran: A case study from Ardabial province. Journal of Agricultural Technology 4: 77-88.

Singh G., Singh S., Singh J. 2004. Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. Energy Conversation Management 45: 453-465.

Singh, J. 2002. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. In: International Institute of Management, University of Flensburg, Sustainable Energy System and Management, Master of Science, Germany.

Snyder, C.S., Bruulsema, T.W., Jensen, T.L., and Fixen, P.E. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. Agriculture, Ecosystem and Environment 133: 247-266.

Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E. 2009. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan. Electronic Journal of Crop Production, 3: 201-218. (In Persian with English Summary)

Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E. 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. Energy 50: 54-61.

Soltani, A. Maleki, M.H.M., and Zeinali, E. 2014. Optimal crop management can reduce energy use and greenhouse gases emissions in rainfed canola production. International Journal of Plant Production 8: 587-604.

Strapatsa, A.V., Nanos, G.D., and Tsatsarelis, C.A. 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 176-180.

Tabatabaeefar, A., Emamzadeh, H., Ghasemi Varnamkhasti, M., Rahimizadeh, R., and Karimi, M. 2009. Comparison of energy of tillage systems in wheat production. Energy 34: 41-45. (In Persian with English Summery)

Tipi, T., Cetin, B., and Vardar, A. 2009. An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. Journal of Agricultural and Environmental 7: 352-356.

Turhan, S., Cananozbag, B., and Rehber, E. 2008. A comparison of energy use in organic and conventional tomato production. Journal of Food, Agriculture & Environment 6: 318-321.

Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., and Jaggard, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet *Beta vulgaris* production in the UK. Agricultural Systems 85: 101-119.

Valadiani, A., Hasanzadeh-Ghourtapeh, A., and Valadiani, R. 2005. Study of energy balance in dryland wheat seed cultivars in seed reproduction fields and its effect on the environment in East Azerbaijan province. Agriculture Sciences Journal 15: 1-12. (In Persian with English Summary)

Zahedi, M., and Eshghizadeh, H.R. 2014. Energy use efficiency and economic analysis in cotton production system in an arid region: a case study for Isfahan province, Iran. International Journal of Energy Economics and Policy 4(1): 43-52.

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.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 53-68

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۶۸-۵۳

Evaluation of Energy Indices and its Impact on Global Warming Potential for Potato Production: A Case Study, Golestan Province

M.T.Feiz Bakhsh[1]*, M.A. Dori[2] and N. Rezvan Talab[3]

Submitted: 02-07-2018
Accepted: 19-02-2019

Feiz Bakhsh, M.T., Dori, M.A., and Rezvan Talab, N. 2019. Evaluation of energy indices and its impact on global warming potential for potato production: a case study, Golestan province. Journal of Agroecology. 11(1): 53-68.

Introduction

Nowadays, the agricultural sector is largely dependent on energy consumption due to response to increasing food requirements for the growing population of the earth and providing adequate and appropriate foods. Recently evaluation of input, output and global warming potential (GWP) have been applied in sciences of agriculture. Although, further crops production without considering the environmental issues and lack of evaluation the energy indices, do not seem logical. On the other hand, high price and limitation of energy resources used in the agricultural products is also other important reasons for energy analysis in agricultural ecosystems. Energy shortage and importance of agriculture in feeding the world oriented many studies to evaluating the quantities of fuel and energy in different products and different sites. Different quantities of energy are consumed per each hectare of potato production based on different inputs such as fertilizers, fossil fuels, electricity, seeds, pesticides and machinery that will lead to greenhouse gases emission including CO_2, N_2O and CH_4. Increasing the concentration of such gases in the atmosphere can cause global warming. So serious attention to reducing energy consumption and greenhouse gas emissions seems to be necessary. For this purpose, fuel and energy consumption and greenhouse gas emissions were investigated in all potato fields in Golestan province. Finally, some strategies were presented for their consumption reduction.

Materials and Methods

In order to determine the fuel and energy consumption and greenhouse gas emissions and how to reduce it, 95 potato fields in Golestan province were investigated through systematic random sampling. The amount of inputs, including fossil fuels was recorded and energy analysis was done based on the consumed inputs. Also, the greenhouse gases emission of carbon dioxide, nitrous oxide and methane derived from energy consumption for agricultural inputs and agronomic operations was calculated. Finally, energy efficiency, energy productivity, specific energy, net energy and total GWP, GWP in area unit, product weights, input energy and output energy were also calculated.

Results and Discussion

Results showed that total input and output energy were 30.8 and 79.2 GJ per hectare, respectively. In a study, the total input energy in potato fields in Ardabil province was 81.6 and 102.4 $GJ.ha^{-1}$, respectively (Mohammadi et al., 2008). Also the most direct input energy from fuel in potato farms was 14.1 percent and the highest indirect input energy was 27 percent that related to fertilizers. The ratio of output to input energy, energy

1- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran.
2- Assistant Professor, Forests and Rangeland Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran.
3- PhD student, Deptartment of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.
(*- Corresponding Author Email: Feyz_54@yahoo.com)
DOI:10.22067/jag.v11i1.73855

www.SID.ir

Archive of SID

productivity and specific energy in potato farms were calculated 2.5, 0.71 and 1.4, respectively. Energy productivity in potato fields in Kurdistan province for commercial and traditional fields were calculated 0.38 and 0.39 respectively, which shows that energy productivity in Golestan province is higher than Kurdistan province.

The GWP observed in potato farms was 1350.2 eq. kg CO_2.ha^{-1}. For potato farms the highest GWP was related to nitrogen fertilizer and fuel consumption. Results indicated that consumption of fuel and fertilizers constitute the high percent of energy consumption and greenhouse gas emissions.

Conclusions

Based on this study results, the use of devices that reduce fuel consumption is recommended, also need for research on crop rotation and nitrogen fixation plants in rotation were revealed. The use of Rhizobia bacteria and biological nitrogen fixation in rotation and organic fertilizers can be effective in reducing the use of nitrogen fertilizers and consequently, energy consumption and GHG emission. On the other hand, it can be said that increasing the yield along with reducing inputs consumption, especially fossil fuels and nitrogen fertilizer, can be effective in increasing energy efficiency.

Keywords: Energy productivity, Energy use efficiency, Field operations, Fossil fuel.

www.SID.ir