مقایسه انرژی مصرفی و نشر گازهای گلخانه‌ای تولید محصول کشاورزی در گلخانه و فضای باز در ایران

علیرضا طاهری راد[۱،*]، امین نیکخواه[۱] ،حسینعلی شمس‌آبادی[۲]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هئیت علمی گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

* ایمیل نویسنده مسئول: taherirad.alireza@stu-mail.um.ac.ir

چکیده

با بررسی جریان انرژی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید یک محصول به شیوه‌های متفاوت و در مناطق مختلف، همراه با مقایسه‌ای اصولی می‌توان تصمیماتی در جهت افزایش کارایی انرژی و کاهش میزان انتشار آلاینده‌ها به محیط‌زیست اخذ نمود. در این مطالعه انرژی تولید گوجه فرنگی و شاخص‌های انرژی در چهار منطقه‌ی شهرستان مرند (فضای باز)، استان‌های کرمانشاه، تهران و اصفهان (گلخانه) با استفاده از اطلاعات مقالات مربوطه مورد مقایسه قرار گرفت. کودهای شیمیایی و آب‌آبیاری در شهرستان مرند و سوخت دیزل و کودهای شیمیایی در سه منطقه اصفهان، تهران و کرمانشاه بیش‌ترین نهاده‌های مصرف‌کننده انرژی در تولید گوجه فرنگی بودند. انرژی مصرفی مربوط به نهاده آب آبیاری برای تولید گوجه فرنگی در فضای باز به طور محسوسی از تولید این محصول در گلخانه بیش‌تر بود. در این تحقیق انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده‌های (ماشین‌ها، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، پلاستیک و الکتریسیته) برای تولید گوجه فرنگی برای اولین بار محاسبه شد. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید گوجه فرنگی به ترتیب در گلخانه‌های استان تهران با ۱۳۶۶۱/۳۷ $kgCO2eq.\ ha^{-1}$ و در مزارع شهرستان مرند با ۱۲۷۴/۰۲ $kgCO2eq.\ ha^{-1}$ به‌دست آمد. به طور کلی تولید محصول در فضای باز منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای و مجموع انرژی مصرفی کم‌تر بر واحد سطح می‌شود، ولی با توجه به انرژی خروجی حاصله بیش‌تر در کشت این محصول در گلخانه، کارایی انرژی تولید این محصول در فضای گلخانه بیش‌تر بود.

واژه‌های کلیدی: آلاینده، جریان انرژی، کارایی انرژی و محیط‌زیست

مقدمه

سطح زیر کشت و میزان تولید گوجه فرنگی در ایران به ترتیب حدود ۱۶۲ هزار هکتار و ۶ میلیون تن برآورد شده که به ترتیب معادل ۱/۳ و ۷/۲ درصد از کل سطح برداشت و میزان تولید محصولات زراعی می‌باشد، این مقدار ۳۱ درصد از کل میزان تولید سبزیجات در کشور می‌باشد (جهاد کشاورزی، ۱۳۹۱). توجه به سیر جریان انرژی تولید محصولات کشاورزی در سال‌های اخیر با توجه به بحران

انرژی به وجود آمده اهمیت خاصی پیدا می‌کند، حال آن‌که مصرف منابع انرژی ارتباط مستقیمی با ابعاد مختلف از جمله اثرات زیست محیطی دارد که وابسته به فناوری بکار رفته در مصرف این منابع انرژی است. در این راستا طی سال‌های اخیر مطالعاتی در زمینه بررسی جریان انرژی و اثرات زیست محیطی تولید محصولات مختلف کشاورزی در مناطق مختلف ایران صورت گرفته است. مطالعه‌ای در ایران به بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی تولید ۱۹ محصول عمده کشاورزی طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶ پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد که کارایی انرژی در طی این دوره روند صعودی داشته و از ۰/۹۵ در سال ۱۹۹۶ به ۱/۱۷ در سال ۲۰۰۶ رسید. میانگین کارایی انرژی در دوره مورد نظر برای کشت گوجه‌فرنگی ۰/۴۷ گزارش شد (Beheshti Tabar *et al*., 2010). در سال‌های اخیر نیز مطالعات زیادی در زمینه جریان انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید محصولات کشاورزی در ایران صورت گرفته است. تاکی و همکاران (۱۳۹۱) کارآیی انرژی محصول خیار گلخانه‌ای در شهرضا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که سوخت دیزل با ۴۷ درصد از سهم انرژی ورودی بیشترین سهم و آب مصرفی با ۱/۲ درصد، کم‌ترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص دادند. در پژوهش دیگری به بررسی اثرات زیست محیطی تولید توت‌فرنگی گلخانه‌ای و فضای باز در استان گیلان پرداخته‌شد. محققان در این مطالعه گزارش کردن که اثرات سوء زیست محیطی تولید توت فرنگی گلخانه‌ای در همه موارد به جز اسیدیته و اوتریفیکاسیون خشکی بیش‌تر از میزان این اثرات در تولید توت فرنگی در فضای باز بود (Khoshnevisan *et al*., 2013). بنائیان و همکاران به تعیین الگوی مصرف انرژی و تحلیل اقتصادی تولید توت فرنگی گلخانه‌ای در استان تهران پرداختند. نتایج حاصله نشان داد که مقدار کل انرژی معادل ۱۲۱۸۹۱/۳۳ مگاژول بر هکتار است. مقدار به‌دست آمده برای کارایی انرژی ۰/۱۵ برآورد گردید. همچنین انرژی خالص نیز ۶۸۳۴۸۸/۳۷- مگاژول بر هکتار به دست آمد، که این مقدار نشان می‌داد انرژی در تولید این محصول در حال از بین رفتن است و این امر را ناشی از سنتی بودن ساختار گلخانه‌ها، استفاده از فناوری‌های سطح پایین تهویه و کمبود استفاده از کنترل کننده دمایی در مکان‌های مناسب در گلخانه دانستند (Banaeian *et al*., 2010). در ارزیابی انرژی مصرفی و تحلیل اقتصادی تولید گوجه فرنگی در ترکیه مجموع انرژی ورودی ۴۵/۵۳ گیگاژول بر هکتار گزارش شد. که در آن سوخت دیزل، کودهای شیمیایی و ماشین ها به ترتیب پرمصرف ترین نهاده های انرژی در تولید بودند. نسبت انرژی نیز ۰/۸۰ گزارش شد (Çetin and Vardar, 2008). در مطالعه دیگری به بررسی اثرات زیست محیطی تولید گوجه‌فرنگی در کلمبیا پرداخته شد. آن‌ها فرآیند تولید را در شش بخش خزانه، زیرساخت‌ها، ماشین آلات، کوددهی، مدیریت آفات و مدیریت ضایعات مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها بخش کوددهی را یکی از بخش‌هایی با پتانسیل آسیب به محیط زیست در فرآیند تولید معرفی نمودند (Bojaca *et al*., 2014). در بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای و تحلیل انرژی تولید پنبه در استان گلستان میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ۱۴۳۰/۱۸ $kgCO_2eq.\ ha^{-1}$ محاسبه شد و کارایی انرژی نیز ۱/۵۸ گزارش شد (طاهری راد و همکاران، ۱۳۹۳).

بررسی جریان انرژی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید یک محصول به شیوه‌های متفاوت و در مناطق مختلف، این امکان را به وجود می‌آورد که با مقایسه‌ای اصولی بتوان به بهترین شیوه و روش تولید و اتخاذ تصمیماتی در جهت افزایش کارایی انرژی و کاهش میزان انتشار آلاینده‌ها به محیط‌زیست دست یافت. با توجه به این که تاکنون محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید گوجه

فرنگی در ایران و مقایسه‌ای جامع بر روی انرژی‌های ورودی و خروجی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای آن انجام نشده است، هدف از این مطالعه محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف نهاده‌ها در نظام تولید گوجه فرنگی، مقایسه انرژی‌های ورودی و خروجی و شاخص‌های انرژی تولید این محصول در گلخانه و فضای باز در ایران بود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه انرژی تولید گوجه فرنگی در چهار منطقه در شهرستان مرند (فضای باز)، استان‌های کرمانشاه، تهران و اصفهان (گلخانه) مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات مربوط به انرژی‌های ورودی و خروجی و شاخص‌های انرژی از مطالعات صورت گرفته اخذ شد (رحمتی و همکاران، ۱۳۹۱؛ راعی جدیدی و همکاران ۱۳۸۲؛ Taki *et al*., 2011; Heidari and Omid, 2011).

در این تحقیق انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده‌های (ماشین‌ها، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، پلاستیک و الکتریسیته) مورد بررسی قرار گرفتند. انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید گوجه فرنگی در این چهار منطقه با توجه به ضرایب مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای که در جدول (۱) آورده شده است، محاسبه شد.

جدول ۱. ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده‌های کشاورزی

ورودی	واحد	ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای (kg CO2eq unit^{-1})	منبع
ماشین‌آلات	MJ	۰/۰۷۱	(Dyer and Desjardins, 2006)
سوخت دیزل	lit	۲/۷۶	(Dyer and Desjardins, 2003)
نیتروژن (N)	kg	۱/۳	(Lal, 2004)
فسفر (P_2O_5)	kg	۰/۲	(Lal, 2004)
پتاسیم (K_2O)	kg	۰/۲	(Lal, 2004)
قارچ کش	kg	۳/۹	(Lal, 2004)
حشره کش	kg	۵/۱	(Lal, 2004)
علف کش	kg	۶/۳	(Lal, 2004)
پلاستیک	kg	۹۰	(Canakci and Akinci, 2006)
الکتریسیته	kWh	۰/۶۰۸	(Lal, 2004)

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل انرژی ورودی و خروجی تولید گوجه فرنگی

در جدول ۲ انرژی‌های ورودی به تفکیک نهاده‌های ورودی و خروجی تولید گوجه فرنگی در چهار منطقه‌ی شهرستان مرند، استان کرمانشاه، استان تهران و استان اصفهان آورده شده است.کودهای شیمیایی بیش‌ترین منبع مصرف‌کننده انرژی در شهرستان مرند و استان کرمانشاه بود و بعد از آن نهاده‌ی سوخت دیزل در استان کرمانشاه و نهاده آب‌آبیاری در شهرستان مرند بیش‌ترین مصرف‌کننده انرژی در تولید گوجه فرنگی بودند، همچنین دو نهاده سوخت دیزل و کودهای شیمیایی به ترتیب بیش‌ترین نهاده‌های مصرف‌کننده انرژی در استان‌های اصفهان و تهران بودند. میزان مصرف آب آبیاری برای تولید گوجه‌فرنگی در شهرستان مرند، استان اصفهان، استان کرمانشاه و استان اصفهان به ترتیب m^3 ۱۳۲۲۲/۵۵، ۳۷۱۵/۶۹، ۱۰۶۲/۲۲ و ۱۰۳۹/۰۸ می‌باشد. همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود میزان مصرف آب‌آبیاری برای تولید گوجه‌فرنگی در فضای باز بسیار بیش‌تر از تولید محصول در گلخانه می‌باشد. بطوری که ۲۰/۶۷ درصد از انرژی ورودی تولید گوجه فرنگی در شهرستان مرند به آب‌آبیاری اختصاص داده شده است. مجموع انرژی ورودی برای تولید گوجه‌فرنگی در استان تهران، استان کرمانشاه، استان اصفهان و شهرستان مرند به‌ترتیب $MJ\ ha^{-1}$ ۱۳۱۶۳۴/۱۹، ۱۲۳۰۹۸/۶، ۱۱۶۷۶۸/۴ و ۶۵۲۳۸/۹ به دست آمد. عملکرد گوجه فرنگی در استان تهران، استان کرمانشاه، استان اصفهان و شهرستان مرند به ترتیب ۱۹۵۲۳۲/۰۵، ۱۵۲۳۴۱/۴۷، ۱۳۵۰۰۰ و ۴۷۲۲۸/۳ کیلوگرم بر هکتار گزارش شد. بیش‌ترین و کم‌ترین انرژی خروجی نیز به ترتیب مربوط به استان تهران و شهرستان مرند بود.

جدول ۲. جریان انرژی تولید گوجه فرنگی در ایران

	کرمانشاه		اصفهان		تهران		شهرستان مرند	
	درصد از انرژی کل	انرژی ($MJha^{-1}$)	درصد از انرژی کل	انرژی ($MJha^{-1}$)	درصد از انرژی کل	انرژی ($MJha^{-1}$)	درصد از انرژی کل	انرژی ($MJha^{-1}$)
بذر	۰	۰/۱	۰	۰/۱	۰	۰/۱۰	۰	۰/۳
نیروی انسانی	۸/۹	۱۱۰۴۵/۵۸	۹/۷۶	۱۱۳۹۷	۱۰/۱۴	۱۳۳۴۲/۰۹	۳/۲۸	۲۱۴۲/۶
ماشین‌آلات	۱/۰۹	۱۳۴۷/۱۹۲	۲/۹۰	۳۳۸۹	۰/۳۳	۴۴۰/۶۶	۴/۴۵	۲۹۰۰/۹
سوخت دیزل	۱۳/۳۴	۱۶۲۵۸/۵۹	۴۰/۳۴	۴۷۱۰۶	۴۹/۰۲	۶۵۵۲۱/۹۴	۱۳/۲۵	۸۶۴۱/۷
کودهای شیمیایی	۳۹/۵۹	۴۹۱۴۱/۳۶	۲۴/۵۲	۲۸۶۲۶	۲۴/۰۲	۳۱۶۰۳/۷۲	۵۰/۹۸	۳۳۲۶۱/۰۴
کود نیتروژن N	۳۵/۱۹	۴۳۶۷۴/۴	۱۷/۸۴	۲۰۸۳۴	۱۶/۷۲	۲۲۰۱۰/۱۱	۴۱/۱۹	۲۶۸۷۷/۰۹
کود فسفر P_2O_5	۱/۵۹	۱۹۶۹/۵۶۷	۳/۹۵	۴۶۱۵	۴/۱۰	۵۳۹۱/۲۵	۷/۹۸	۵۲۰۶/۱
کود پتاسیم K_2O	۲/۸۲	۳۴۹۷/۳۹۳	۲/۷۲	۳۱۷۷	۳/۱۹	۴۲۰۲/۳۷	۱/۸۰	۱۱۷۷/۸
مواد شیمیایی	۱۱/۸۶	۱۴۷۲۳/۹۳	۱/۴۷	۱۷۱۶/۹	۶/۸۹	۹۰۶۹/۸۷	۰/۴۱	۲۶۸
کود حیوانی	۱۳/۱۱	۱۶۲۶۶/۳۷	۵/۵۰	۶۴۲۵	–	–	۶/۹۵	۴۵۳۶/۴
الکتریسیته	۱۱/۴۸	۱۴۲۵۳/۸۶	۱۲/۲۶	۶۴۲۵	۱/۹۶	۲۵۹۵/۹۶	–	–
آب آبیاری	۰/۸۷	۱۰۸۳/۴۶	۳/۲۵	۳۷۹۰	۰/۸۱	۱۰۵۹/۸۶	۲۰/۶۷	۱۳۴۸۷/۹
پلاستیک	–	–	–	–	۶/۸۴	۹۰۰۰	–	–
مجموع انرژی ورودی	۱۰۰	۱۲۳۰۹۸/۶	۱۰۰	۱۱۶۷۶۸/۴	۱۰۰	۱۳۱۶۳۴/۱۹	۱۰۰	۶۵۲۳۸/۹
مجموع انرژی خروجی	–	۱۲۱۸۷۳/۲	–	۱۰۸۰۰۰	–	۱۵۶۱۸۵/۶۴	–	۳۸۵۸۱/۹

در جدول ۳ شـاخص‌های انرژی تولید گوجه‌فرنگی در این چهار منطقه آورده شـده است. کارایی انرژی برای تولید گوجه فرنگی در اسـتان تهران، اسـتان کرمانشـاه، استان اصفهان و شهرستان مرند به ترتیب ۱/۴۸، ۰/۹۹، ۰/۹۲ و ۰/۵۴ گزارش شد. کارایی انرژی تولید گوجه‌فرنگی در مزارع شـهرستان مرند کمتر از دیگر مناطق گزارش شد. بیشترین انرژی تجدید پذیر در تولید گوجه فرنگی با ۲۸۳۹۵/۴۱ MJ ha^{-1} مربوط به اسـتان کرمانشاه است که به علت مصرف کود حیوانی با ۱۱/۱۳ درصد از انرژی ورودی که سومین نهاده پر مصـرف در این منطقه اسـت، می‌باشد. همچنین بیشترین مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر با ۱۱۷۲۳۲/۱۴ MJ ha^{-1} مربوط به استان تهران است که به علت مصرف زیاد سوخت دیزل با ۱۴۴۵/۸۳ لیتر بر هکتار می‌باشد.

جدول ۳. شاخص‌های انرژی تولید گوجه فرنگی در ایران

کرمانشاه	اصفهان	تهران	شهرستان مرند	واحد	
۰/۹۹	۰/۹۲	۱/۴۸	۰/۵۹	–	کارایی انرژی
۱/۲۴	۱/۱۶	۱/۳۸	۰/۷۴	کیلوگرم بر مگا ژول	بهره‌وری انرژی
۰/۸۱	۰/۸۶	۰/۷۲	۱/۳۵	مگا ژول بر کیلوگرم	انرژی خالص
-۱۲۲۵/۴۲۶	-۸۷۶۸	۶۳۵۹۷/۸۶	-۲۶۶۵۷	مگا ژول بر هکتار	افزوده انرژی
۴۲۶۴۱/۵	۷۶۶۱۰	۸۰۴۵۹/۹۹	۲۴۲۷۹/۲۹	مگا ژول بر هکتار	انرژی مستقیم
۸۱۴۷۸/۸۴	۴۰۱۵۸	۵۰۱۱۴/۳۴	۴۰۹۶۶/۶۶	مگا ژول بر هکتار	انرژی غیرمسقیم
۲۸۳۹۵/۴۱	۲۱۶۱۳	۱۳۳۴۲/۱۹	۲۰۱۶۷/۲۸	مگا ژول بر هکتار	انرژی تجدیدپذیر
۹۵۷۲۴/۹۳	۹۵۱۵۵	۱۱۷۲۳۲/۱۴	۴۵۰۷۱/۶۷	مگا ژول بر هکتار	انرژی تجدیدناپذیر

تجزیه و تحلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید گوجه‌فرنگی

در جدول ۴ میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید گوجه‌فرنگی در این چهار منطقه آورده شده است. مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید گوجه‌فرنگی در استان تهران، استان کرمانشاه، استان اصفهان و شهرستان مرند به ترتیب kg $CO2eq\ ha^{-1}$ ۱۳۶۶۱/۳۷، ۴۹۹۴/۷۲، ۴۳۳۲/۷۲ و ۱۲۷۴/۰۲ محاسبه شد. در حالی که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید ۱۰۰۰ کیلوگرم گوجه‌فرنگی در استان تهران، استان کرمانشاه، استان اصفهان و شهرستان مرند به ترتیب kg $CO2eq\ ha^{-1}$ ۶۹/۹۷، ۳۲/۷۹، ۳۲/۰۹ و ۲۶/۴۲ به دست آمد. کودهای شیمیایی و سوخت دیزل، پلاستیک و سوخت دیزل، سوخت دیزل و الکتریسیته، الکتریسیته و کودهای شیمیایی به ترتیب در شهرستان مرند، استان تهران، استان اصفهان و استان کرمانشاه نهاده‌هایی بودند که بیشترین میزان

انتشار گازهای گلخانه‌ای را داشتند. که در بین نهاده های ورودی نهاده پلاستیک با $kg\ CO2eq\ ha^{-1}$ ۹۰۰۰ بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه ای را داشت.

جدول ٤. تجزیه و تحلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای ($kg\ CO_2eq\ ha^{-1}$)

کرمانشاه (گلخانه)		اصفهان (گلخانه)		تهران (گلخانه)		مرند (فضای باز)	
درصد		درصد		درصد			
۱/۹۱	۲۰۵/۹۶	۵/۵۶	۳۱/۲۹	۰/۲۳	۲۴۰/۶۲	۱۶/۱۷	۹۵/۶۹	ماشین‌آلات
۱۵/۹۵	۴۲۳/۵۷	۶۲/۷۸	۳۲۱۱/۵۲	۲۳/۵۱	۲۷۱۹/۹۸	۳۳/۲۵	۷۹۶/۹۰	سوخت دیزل
۱۹/۰۸	۶۳۳/۱۰	۱۲/۴۸	۵۹۴/۶۷	۴/۳۴	۵۴۰/۷	۴۹/۶۹	۹۵۲/۸۳	کودهای شیمیایی
۱۷/۱۹	۵۲۸/۲۸	۹/۴۵	۴۳۲/۶۱	۳/۱۷	۴۰۹/۵	۴۱/۴۷	۸۵۸/۴۳	کود نیتروژن N
۰/۶۳	۸۳/۷۰	۱/۷۱	۸۶/۶۸	۰/۶۳	۷۴/۲	۶/۵۷	۳۱/۶۶	کود فسفر P_2O_5
۱/۲۶	۲۱/۱۳	۱/۳۲	۷۵/۳۸	۰/۵۵	۵۷	۱/۶۶	۶۲/۷۳	کود پتاسیم K_2O
۱۴/۸۶	۲۰۵/۹۶	۱/۱۷	۳۱/۲۹	۲/۸۲	۲۴۰/۶۲	۰/۸۹	۹۵/۶۵	مواد شیمیایی
۴۸/۲۰	۲۴۰۷/۳۲	۱۶/۸۴	۴۳۸/۴۳	۳/۲۱	۷۲۹/۶	۰	۰	الکتریسیته
۰	۰	۰	۰	۶۵/۸۸	۹۰۰۰	۰	۰	پلاستیک
۱۰۰	۴۹۹۴/۷۲	۱۰۰	۴۳۳۲/۷۲	۱۰۰	۱۳۶۶۱/۳۷	۱۰۰	۱۲۷۴/۰۲	مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه بررسی انرژی تولید گوجه فرنگی در گلخانه و فضای باز و شاخص‌های انرژی در چهار منطقه‌ی ایران با استفاده از اطلاعات مقالات مربوطه مورد مقایسه قرار گرفت. همچنین در این تحقیق انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده‌های (ماشین‌ها، سوخت دیزل، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، پلاستیک و الکتریسیته) تولید گوجه فرنگی برای اولین بار محاسبه شد. مجموع انرژی ورودی برای تولید گوجه‌فرنگی در استان تهران، استان کرمانشاه، استان اصفهان و شهرستان مرند به‌ترتیب $MJ\ ha^{-1}$ ۱۳۱۶۳۴/۱۹، ۱۲۳۰۹۸/۶، ۱۱۶۷۶۸/۴ و ۶۵۲۳۸/۹ به دست آمد. بطور کلی کودهای شیمیایی و آب‌آبیاری در شهرستان مرند و سوخت دیزل و کودهای شیمیایی در سه منطقه اصفهان، تهران و کرمانشاه بیش‌ترین نهاده‌های مصرف‌کننده انرژی در تولید گوجه فرنگی بودند. بیش‌ترین و کم‌ترین انرژی خروجی به ترتیب مربوط به استان تهران و شهرستان مرند بود. کارایی انرژی برای تولید گوجه فرنگی در استان تهران، استان کرمانشاه، استان اصفهان و شهرستان مرند به ترتیب ۱/۴۸، ۰/۹۹، ۰/۹۲ و ۰/۵۴ گزارش شد. همچنین

بیش‌ترین و کم‌ترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید گوجه فرنگی به ترتیب در گلخانه‌های استان تهران با $kgCO2eq.\ ha^{-1}$ ۱۳۶۶۱/۳۷ و در مزارع شهرستان مرند با $kgCO2eq.\ ha^{-1}$ ۱۲۷۴/۰۲ به‌دست آمد. به طور کلی تولید محصول در فضای باز منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای و مجموع انرژی مصرفی کم‌تر بر واحد سطح می‌شود، ولی با توجه به انرژی خروجی حاصله بیش‌تر در کشت این محصول در گلخانه، کارایی انرژی تولید این محصول در فضای گلخانه بیش‌تر بود.

منابع

بی نام. ۱۳۹۱. جهاد کشاورزی ایران. قابل دسترس در سایت www.maj.ir.

تاکی، م.، عجب شیرچی, ی.، عبدی، ر. و اکبرپور، م. ۱۳۹۱. تجزیه و تحلیل کارآیی انرژی محصول خیار گلخانه‌ای به روش تحلیل پوششی داده‌ها مطالعه موردی (شهرستان شهرضا – استان اصفهان). نشریه ماشین‌های کشاورزی، ۲ (۱): ۲۸ تا ۳۷.

راعی جدیدی م.، م. همایونی فر، م. صبوحی صابونی و و. خردمند. ۱۳۸۹. بررسی میزان کارایی و بهره وری انرژی در تولید گوجه فرنگی (مطالعه موردی: شهرستان مرند). نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۴(۳): ۳۶۳-۳۷۰.

رحمتی م. ه.، پ. پاشایی، ف. پاشایی، ع. رضایی اصل و آ. محمدرزداری. ۱۳۹۱. تعیین میزان مصرف انرژی برای تولید گوجه فرنگی گلخانه‌ای در شهرک‌های گلخانه‌ای استان کرمانشاه. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی، ۱۹(۲): ۱۷-۳۳.

طاهری راد، ع.، نیکخواه، ا.، خجسته پور، م.، و نوروزیه، ش. ۱۳۹۴. بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای، تحلیل انرژی و هزینه‌های تولید پنبه در استان گلستان. نشریه ماشین‌های کشاورزی، ۵(۲): ۴۲۸-۴۴۵.

Banaeian, N., Omid, M., and Ahmadi, H. 2010. Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. Energy Conversion and Management 52(2):1020-1025.

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

Bojaca, C.R., Wyckhuys, K.A.G., Schrevens, E. 2014. Life cycle assessment of Colombian greenhouse tomato production based on farmer-level survey data, Journal of Cleaner Production, 69, 26-33.

Canakci M, Akinci I. 2006. Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. Energy, 31: 1243-1256.

Çetin, B., and A, Vardar. 2008. An economic analysis of energy requirements and input costs for tomato production in Turkey. Renewable Energy 33: 428-433.

Dyer, J.A., and R.L. Desjardins. 2003. Simulated Farm Fieldwork, Energy Consumption and Related Greenhouse Gas Emissions in Canada. Biosystems Engineering 85: 503-513.

Dyer, J.A., and R.L. Desjardins. 2006. Carbon Dioxide Emissions Associated with the Manufacturing of Tractors and Farm Machinery in Canada. Biosystems Engineering 93: 107-118.

Heidari, M.D., and M. Omid. 2011. Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran. Energy, 36(1): 220-225.

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., and Mousazadeh, H. 2013. Environmental impact assessment of open field and greenhouse strawberry production. European Journal of Agronomy, 50: 29-37.

Lal, R. 2004. Carbon emission from farm operations. Environment International 30: 981-990.

Taki, M., Abdi, R., Akbarpour, M. and Mobtaker, H.G., 2013. Energy inputs–yield relationship and sensitivity analysis for tomato greenhouse production in Iran. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 15(1), 59-67.