Journal of Vegetables Sciences **دو فصلنامه علمی- پژوهشی علوم سبزی‌ها**
Vol 4, No 7, Spring & Summer 2020, Pages (161-175) سال ۴- شماره ۷- بهار و تابستان ۱۳۹۹- صفحات (۱۷۵-۱۶۱)
DOI: 10.22034/iuvs.2020.124455.1091

بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای، مدل‌سازی انرژی و تحلیل هزینه‌های تولید ترب در غرب ایران

امیر عزیزپناه[1*] و مجید نامداری[2]
۱- استادیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۲- استادیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
* نویسنده مسئول: amirazizpanah@gmail.com
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۱- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۰۱)

چکیده

هدف از این تحقیق، مدل‌سازی جریان انرژی مصرفی و هزینه‌های تولید ترب و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای آن در استان ایلام بود. اطلاعات از طریق پرسشنامه و مصاحبه حضوری با ۶۳ کشاورز در سال ۱۳۹۷ به‌دست آمد. نتایج تحقیق نشان داد که میزان انرژی ورودی در هر هکتار از مزارع ترب برابر ۱۲۱۰۵ مگاژول بر هکتار است که از این مقدار بیشترین سهم مربوط به سوخت بنزین، کود نیتروژن و سوخت دیزل به‌ترتیب با ۳۴/۵، ۲۹/۷ و ۱۳/۷۵ درصد و کمترین آن با ۰/۰۱ درصد مربوط به بذر به‌دست آمد. مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از عملیات زراعی برای تولید ترب برابر ۵۲۰/۸۸ کیلوگرم دی‌اکسید کربن بر هکتار به‌دست آمد که سهم سوخت بنزین، کود دامی، کود نیتروژن و سوخت دیزل به‌ترتیب با ۳۹/۷۸، ۳۳/۱۱، ۱۳/۲ و ۱۰/۲۳ درصد بیشترین میزان را به خود اختصاص دادند. با انجام تحلیل رگرسیونی تأثیر نهاده‌های کار انسانی، آب آبیاری، ماشین‌ها، کودهای شیمیایی، کود دامی و بذر بر عملکرد محصول مثبت و تأثیر نهاده‌های سموم، سوخت دیزل و بنزین بر عملکرد ترب منفی محاسبه شد. در محاسبات اقتصادی نسبت سود به هزینه برای تولید ترب برابر ۲/۹۳ به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، ترب، شاخص‌های اقتصادی، کشاورزی پایدار، محیط‌زیست.

مقدمه

سبزیجات به‌عنوان یک منبع غنی از ویتامین‌ها و مواد معدنی هستند که برای حفظ سلامت و مقاومت در برابر بیماری‌ها ضروری هستند. سبزیجات علاوه بر تأمین مواد غذایی ضروری، درآمد بسیار بالاتری نسبت به غلات دارند. علاوه بر این، به بهبود بهره‌وری و پایداری سیستم تولید نیز کمک می‌کنند (Ali & Abedullah, 2002; Vicente *et al*., 2009). ترب سفید (*Raphanus sativus* var. Longipinnatus) یکی از این سبزی‌ها می‌باشد که دارای خواص فراوانی بوده که در تغذیه انسان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Bakhsh & Sarfaraz, 2005).

یکی از روش‌های بسیار مفید در تحلیل و ارزیابی پایداری کشاورزی، استفاده از انرژی به‌عنوان ابزار محاسبه می‌باشد. مصرف بالای اشکال مختلف انرژی در کشاورزی برخی مشکلات زیست‌محیطی ایجاد می‌کند که گرم شدن جهانی و آلودگی هوا به‌عنوان مهم‌ترین مشکلات ذکر شده‌اند. بر این اساس، پیدا کردن رابطه بین انرژی‌های مصرفی و

مقدار محصولات تولید شده می‌تواند در دست‌یابی به تولیدات مناسب کشاورزی کمک کند (Ghaderpour & Rafiee, 2016).

در ایران پژوهش‌هایی روی مدل‌سازی تولید برخی از محصولات کشاورزی انجام شده است. Samavatian و همکاران (۲۰۱۱) به مدل‌سازی نهاده‌های انرژی در تولید سیر در همدان پرداختند. در مطالعه‌ی این محققان روش کاب- داگلاس برای مدل‌سازی انرژی استفاده شده بود. نتایج آن‌ها نقش قابل‌توجه کود نیتروژن در بین نهاده‌های انرژی را نشان داد. Khoshroo و همکاران (۲۰۱۸) برای محصول شلغم مدل‌سازی انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن را مورد مطالعه قرار داده‌اند. این محققان عملکرد را به‌عنوان تابعی از نیروی کارگری، ماشین‌های کشاورزی، کود، بذر و آب آبیاری مورد بررسی قرار دادند. مطالعه آن‌ها نشان داد، ماشین‌های کشاورزی بیشترین قابلیت صرفه‌جویی انرژی را خواهد داشت. Kuswardhani و همکاران (۲۰۱۳) نیز به مدل‌سازی انرژی و شاخص‌های اقتصادی در تولید گوجه‌فرنگی، کاهو و فلفل گلخانه‌ای و مزرعه‌ای در کشور اندونزی پرداخته‌اند. آن‌ها دو سیستم کشت گلخانه‌ای و مزرعه‌ای را از نظر شاخص‌های انرژی و اقتصادی مورد مقایسه قرار داده که نتایج، حاکی از بهتر بودن شاخص‌های مورد بررسی در کشت گلخانه‌ای بوده است. Bajkin و همکاران (۲۰۱۴) فرآیند تولید و همچنین خشک کردن هویج در صربستان را از منظر انرژی مورد تحلیل و بررسی قرار داده است. نتایج آن‌ها نشان داد حدود ۱۲ درصد از انرژی مصرفی مربوط به فرآیند تولید هویج در مزرعه و حدود ۸۸ درصد از انرژی مصرفی مربوط به فرآیند خشک کردن هویج می‌باشد. Pahlavan و همکاران (۲۰۱۲) به مدل‌سازی انرژی در تولید ریحان با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی در اصفهان پرداختند. آن‌ها در مدل‌سازی خود از روش تحلیل حساسیت نهاده‌ها نیز استفاده کردند که نتایج تجزیه و تحلیل حساسیت نشان داد کود شیمیایی مهم‌ترین پارامتر در تولید ریحان می‌باشد. Heidari و Omid (۲۰۱۱) به مدل‌سازی انرژی در تولید خیار و گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در تهران پرداخته‌اند. آن‌ها اطلاعات خود را از ۴۳ گلخانه‌دار از طریق مصاحبه حضوری به‌دست آوردند و برای مدل‌سازی از توابع کاب- داگلاس استفاده کردند. نسبت انرژی برای تولید خیار ۰/۶۹ و برای گوجه‌فرنگی ۱/۴۸ به‌دست آمد. مطالعه‌ی Pishbin و همکاران (۲۰۰۹) در مدل‌سازی انرژی و تحلیل اقتصادی مزارع چغندرقند در استان فارس، Prasad و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی انرژی و تحلیل اقتصادی در تولید نخودفرنگی در هندوستان و Kumar و همکاران (۲۰۱۹) در تولید کرچک در هندوستان، نمونه‌های دیگری از این گونه مطالعات می‌باشند.

گرم شدن کره زمین و انتشار گازهای گلخانه‌ای ارتباط مستقیم با استفاده از منابع انرژی دارد (Khoshnevisan *et al*., 2013). حدود ۱۴ درصد از تولید دی‌اکسید کربن خالص جهانی مربوطه به بخش کشاورزی است. در تولید محصولات کشاورزی در اراضی، کربن از طریق مصرف سوخت‌های فسیلی، کاربرد کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، تجزیه میکروبی و یا سوزاندن زباله‌های گیاهی و مواد آلی در هوا یا خاک منتشر می‌شود (Hatirli *et al*., 2005). در یک بررسی Pishgar-Komleh و همکاران (۲۰۱۲a) به مطالعه مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در اندازه‌های مختلف مزارع سیب‌زمینی در اصفهان پرداختند و گزارش نمودند که مصرف کل انرژی ۴۷ گیگاژول بر هکتار و میزان انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن برابر ۹۹۳ کیلوگرم بود. تحقیقات مشابهی در زمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای در مزارع و محصولات کشاورزی

انجام شده که می‌توان به مطالعات Nabavi-Pelesaraei و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی انتشار گاز دی‌اکسید کربن مرتبط با تولید محصول فندق در استان گیلان، Pishgar-Komleh و همکاران (۲۰۱۳) در برآورد میزان مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید خیار گلخانه‌ای در یزد، Abdi و همکاران در تحلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید محصول گندم، ذرت، خیار و گوجه‌فرنگی در اصفهان را نام برد.

با مرور این مطالعات می‌توان به اهمیت موضوع تحلیل انرژی و جایگاه آن در فرآیندهای تولیدی پی برد. این مطالعات همچنین اهمیت مباحث زیست‌محیطی، به‌ویژه مبحث انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان عامل اساسی در گرمایش زمین را آشکار می‌سازد. از سوی دیگر اهمیت مباحث اقتصادی برای کشاورزان موضوعی نبوده است که در این مطالعات مورد اغفال قرار گیرد. بنابراین، با توجه به این‌که ترب یکی از سبزیجات مهمی است که در جیره غذایی ما ایرانیان جایگاه خاصی دارد، هدف اصلی این تحقیق، ارزیابی سهم انرژی نهاده‌ها در تولید، محاسبه شاخص‌های انرژی، زیست‌محیطی و تعیین حساسیت عملکرد محصول و همچنین تحلیل اقتصادی در مزارع استان ایلام در تولید ترب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

سطح زیر کشت سبزی‌ها در کل کشور حدود ۴۸۲۸۹۵ هکتار و میزان کل تولید سالیانه آن حدود ۱۳۷۸۹۸۲۱ تن می‌باشد که استان ایلام با سطح زیر کشت ۹۳۷ هکتار و تولید ۱۷۳۷۱ تن در جایگاه ۲۸ کشور قرار دارد (Ahmadi *et al.*, 2020). آمار و اطلاعات مورد نیاز تحقیق شامل نهاده‌های ورودی تولید ترب با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه چهره به چهره با کشاورزان ترب‌کار به‌دست آمد. تعداد پرسشنامه با استفاده از رابطه ۱ محاسبه و بر اساس آن تعداد نمونه ترب‌کار برابر ۶۳ به‌دست آمد (Pishgar-Komleh *et al.*, 2013; Nikkhah *et al.*, 2014):

رابطه (۱)
$$N=\frac{nt^2s^2}{nd^2+t^2s^2}$$

که در آن، n حجم نمونه، N حجم جامعه، t ضریب اطمینان، s^2 واریانس جامعه و d دقت احتمالی مطلوب است.

تحلیل انرژی

برای تعیین میزان انرژی معادل نهاده‌ها و ستانده از ضرایب هم‌ارز انرژی متناظر برابر جدول ۱ استفاده شد. نهاده‌های ورودی به مزرعه شامل: نیروی انسانی، ماشین‌ها، سوخت دیزل، سوخت بنزین، کودهای شیمیایی و دامی، سموم و بذر و ستانده شامل عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) محاسبه شدند (Mohammadi & Omid, 2010; Kizilaslan, 2009). برای محاسبه شاخص‌های انرژی از روابط ۲ تا ۵ استفاده گردید:

رابطه (۲)
$$EUE = \frac{EO(MJ\ ha^{-1})}{EI(MJ\ ha^{-1})}$$

رابطه (۳)
$$EP = \frac{CO\left(kg\ ha^{-1}\right)}{EI\left(MJ\ ha^{-1}\right)}$$

رابطه (۴)
$$SE = \frac{EI\left(MJ\ ha^{-1}\right)}{CO\left(t\ ha^{-1}\right)}$$

رابطه (۵)
$$NE = EO\ (MJ\ ha^{-1}) - EI\ (MJ\ ha^{-1})$$

که در این روابط:

نسبت انرژی (EUE)، انرژی ورودی (EI)، انرژی خروجی (EO)، بهره‌وری انرژی (EP)، شدت انرژی (SE)، میزان محصول خروجی (CO) و افزوده خالص انرژی (NE) می‌باشد (Almasi *et al.*, 2008). در یک تقسیم‌بندی انرژی ورودی به مزرعه به شکل‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و غیرقابل تجدید تقسیم می‌شوند که انرژی مستقیم شامل انرژی نیروی انسانی، سوخت، الکتریسیته و

آب آبیاری و انرژی غیرمستقیم شامل انرژی ماشین‌ها، کود شیمیایی، سموم شیمیایی و کود دامی و انرژی تجدیدپذیر شامل انرژی نیروی انسانی، آب آبیاری و دامی است. انرژی تجدیدناپذیر شامل انرژی‌های سوخت، سموم، کود شیمیایی و ماشین‌ها را شامل می‌شود (Mobtaker *et al.*, 2010). برای محاسبه انرژی مصرفی در فرآیند تولید، مقدار مصرفی هر نهاده در معادل انرژی مربوطه ضرب گردید.

انتشار گازهای گلخانه‌ای

در این تحقیق با استفاده از معادل استاندارد گازهای گلخانه‌ای هر واحد نهاده و ضرب آن در مقدار نهاده مصرف شده در واحد سطح برابر جدول ۲ میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای محاسبه گردید.

جدول ۱- معادل‌های انرژی برای ورودی‌ها و خروجی در تولید ترب

نهاده‌ها	واحد	معادل انرژی	منبع
نیروی انسانی	ساعت	۱/۹۶	(Rafiee *et al*., 2010)
سوخت دیزل	لیتر	۵۶/۳۱	(Azizpanaha & Mohammadi, 2018)
ماشین‌ها	ساعت	۶۲/۷۰	(Pishgar-Komleh *et al*., 2012a)
دامی	تن	۰/۳۰	(Nikkhah *et al*., 2014)
کود فسفات	کیلوگرم	۱۲/۴۴	(Nikkhah *et al*., 2014)
کود پتاسیم	کیلوگرم	۱۱/۱۵	(Pishgar-Komleh *et al*., 2012a)
کود نیتروژن	کیلوگرم	۶۶/۱۴	(Rafiee *et al*., 2010)
علف‌کش	کیلوگرم	۳۳۳/۳۳	(Nikkhah *et al*., 2014)
بنزین	لیتر	۴۶/۳۰	(Raman *et al*., 2015)
آب آبیاری	مترمکعب	۱/۰۲	(Azizpanaha and & Mohammadi, 2018)
ترب	کیلوگرم	۱/۶۰	(Raman *et al*., 2015)

جدول ۲- معادل ضرایب استاندارد نشر گازهای گلخانه‌ای

نهاده‌ها	واحد	ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای (کیلوگرم دی‌اکسید کربن معادل)	منبع
نیروی انسانی	ساعت	۰/۰۰۱	(Pishgar-Komleh *et al*., 2012a)
ماشین‌های کشاورزی	مگاژول	۰/۰۷۱	(Dyer & Desjardins, 2006)
سوخت دیزل	لیتر	۲/۷۶۰	(Pishgar-Komleh *et al*., 2012a)
کود دامی	کیلوگرم	۰/۱۲۶	(Liu *et al*., 2010)
نیتروژن	کیلوگرم	۱/۳۰۰	(Shamsabadi *et al*., 2017)
علف‌کش	لیتر	۶/۳۰۰	(Lal, 2004)
سوخت بنزین	لیتر	۲/۳۰۰	(Liu *et al*., 2010)

مدل‌سازی انرژی و تحلیل اقتصادی

به‌منظور تعیین رابطه بین ورودی‌های انرژی و تولید محصول، محققین مختلف از تابع کاب- داگلاس استفاده کرده‌اند. دلیل آن نیز نتایج بهتر این تابع نسبت به توابع دیگر، همچنین یکنواختی، پیوستگی، مشتق‌پذیری و غیرمنفی بودن و غیر تهی بودن تابع کاب- داگلاس می‌باشد. تولید محصولات کشاورزی شرایط خاصی دارند که هر تابع از نظر

ریاضی به‌راحتی با آن‌ها سازگار نمی‌گردد و وجود این ویژگی‌ها در تابع کاب- داگلاس، آن را با تولید محصولات کشاورزی سازگار کرده است. پارامترهای تابع کاب‌داگلاس کشش‌ها یا ضرایب تولید نهاده‌های تولید را نشان می‌دهند و خصوصیت ضرورت مصرف میزان نهاده را به‌خوبی نمایان می‌سازد و به شکل روابط ۶ و ۷ بیان می‌شوند (Nikkhah *et al*., 2014; Ramedani *et al*., 2011).

رابطه (۶) $$Y=f(X)\exp(u)$$

رابطه (۷) $$\ln Y_i = \sum_{j=1}^{n} \alpha_J \ln X_{ij} + e_i$$

که در آن، Y_i نشان‌دهنده عملکرد کشاورز i ام، X_{ij} معرف ورودی‌های استفاده شده در فرآیند تولید ضرایب رگرسیونی نهاده‌های انرژی ورودی، و a_j و e_i به‌ترتیب ضرایب ثابت و خطا هستند.

همچنین تأثیر انرژی‌های مستقیم (DE)، غیرمستقیم (IDE)، تجدیدپذیر (RE) و تجدیدناپذیر (NRE) بر عملکرد محصول ترب نیز با استفاده از مدل تابع کاب- داگلاس مورد بررسی قرار گرفت (Soltanali *et al*., 2016). از دیگر پارامترهای مورد اندازه‌گیری شده در تابع کاب- داگلاس، آماره‌ی دوربین واتسون (DW)، مجموع ضرایب رگرسیون (RTC) و ضریب تعیین (R^2) بود. یکی از مفروضاتی که در رگرسیون مدنظر قرار می‌گیرد، استقلال خطاها (تفاوت بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده توسط معادله رگرسیون) از یکدیگر است. در صورتی‌که فرضیه استقلال خطاها رد شود و خطاها با یکدیگر همبستگی داشته باشند امکان استفاده از رگرسیون وجود ندارد. به‌منظور بررسی استقلال مشاهدات (استقلال مقادیر باقیمانده یا خطاها) از یکدیگر از آزمون دوربین- واتسون استفاده می‌شود. ضریب RTC نیز با جمع کردن ضرایب رگرسیون تک‌تک نهاده‌ها، به‌دست می‌آید. در بخش نهایی تحقیق و بر اساس رابطه ۸ مقدار بهره‌وری نهایی محاسبه گردید (Hatirli *et al*., 2006).

رابطه (۸) $$Mpp_{xj}=\frac{GM(Y)}{GM(Xj)}\times\alpha j$$

Mpp_{xj} مقدار بهره‌وری فیزیکی به ازای نهاده j ام، GM (Y) میانگین هندسی عملکرد محصول، GM (Xj) میانگین هندسی j امین نهاده، αj کشش تقاضای نهاده J ام می‌باشد. میانگین هندسی طبق تعریف برابر است با ریشه n اُم حاصل‌ضرب n متغیر که این محاسبات برای متغیرهای ذکر شده با استفاده از نرم‌افزار Excel 2016 محاسبه گردید. به‌طور کلی در این تحقیق یک متغیر وابسته و تعداد ۱۳ متغیر توضیحی وجود دارد. تابع کاب-داگلاس، خصوصیت پارامترهای کشش و ضرایب تولید نهاده‌ها را نشان می‌دهد. پارامترهای تابع کاب- داگلاس کشش تولید تمام نهاده‌ها را نشان داده و ضرورت مصرف هر یک از آن‌ها را نمایان می‌سازد (Hajkova, 2007; Banaeian & Zangeneh, 2011). محاسبات تحقیق با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 21 و Excel 2016 انجام شد.

به‌منظور تحلیل شرایط اقتصادی محصول در منطقه شاخص‌های اقتصادی شامل درآمد خالص، ارزش ناخالص تولید، درآمد خالص، کل هزینه‌های تولید، نسبت سود به هزینه و بهره‌وری محاسبه شد. درآمد خالص شامل تفاضل هزینه‌های متغیر تولید از ارزش ناخالص تولید می‌باشد. ارزش ناخالص تولید نیز حاصل‌ضرب عملکرد محصول در قیمت آن می‌باشد (Ghorbani *et al*., 2011).

نتایج و بحث

بر اساس داده‌های به‌دست آمده و با توجه به جدول ۳، میانگین ساعت کار نیروی انسانی در مزرعه برابر ۴۵۷/۴۷ ساعت در هکتار بود. استفاده زیاد از نیروی انسانی به‌دلیل عدم مکانیزاسیون کشاورزی و انجام

عملیات بذرپاشی، وجین، آبیاری و به‌خصوص برداشت، به‌صورت غیرماشینی و سنتی بود. به‌منظور اصلاح بافت و ساختار خاک و همچنین تغذیه گیاهان از ۱۳۶۸/۴۲ کیلوگرم کود دامی در هکتار استفاده شد. میزان مصرف آب در مزرعه برابر ۹۰۵/۴۲ مترمکعب برآورد شد که مصرف بالای آن به‌دلیل هدر رفت بخشی از آب ورودی به شبکه توزیع است. نتایج برای سایر نهاده‌ها نیز در جدول ۳ گزارش شده است. ملاحظه می‌شود بیشترین میزان مصرف انرژی مربوط به نهاده بنزین با ۳۴/۴۷ درصد می‌باشد که جهت حمل و نقل و جابه‌جایی محصول استفاده گردیده است. پس از بنزین دومین نهاده کود نیتروژن با ۲۹/۷۱ درصد بیشترین میزان مصرف را به خود اختصاص داد. مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی در مزارع و باغ‌ها تهدیدی جدی برای سلامت جامعه بوده در سال‌های اخیر تولیدکنندگان محصولات کشاورزی در کشور به‌جای بهره‌گیری از دانش روز کشاورزی برای تولید بیشتر، میزان مصرف کودهای شیمیایی را در واحد سطح افزایش داده‌اند. سوخت دیزل با ۱۳/۷۵ درصد نهاده بعدی است که بعد از بنزین و کود نیتروژن، سومین نهاده از نظر مصرف انرژی در مزرعه بود. میزان عملکرد محصول ترب در منطقه به‌طور میانگین برابر ۴۹۴۲/۱۱ کیلوگرم به‌دست آمد. بر این اساس، کل تولید انرژی برابر ۷۹۰۷/۳۷ مگاژول در هکتار محاسبه شد. نتایج برخی مطالعات برای محصولاتی نظیر سیب‌زمینی ۴۷۰۰۰ مگاژول بر هکتار (Pishgar-Komle *et al.*, 2012)، ریحان ۱۴۳۰۸۹۹۸ مگاژول (Pahlavan *et al.*, 2012) و خیار و گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای به‌ترتیب ۱۴۱۴۹۳ و ۱۳۱۶۳۶ مگاژول بر هکتار (Heidari & Omid, 2011) گزارش شده است.

جدول ۳- مقادیر فیزیکی نهاده‌ها و ستانده‌ها در هکتار برای تولید ترب

نهاده	مقدار فیزیکی	انرژی نهاده	درصد
نیروی انسانی (ساعت)	۴۸۵/۴۷	۹۵۱/۵۲	۷/۸۶
ماشین‌ها (ساعت)	۵/۳۳	۳۳۴/۶۲	۲/۷۶
سوخت دیزل (لیتر)	۱۹/۳۲	۱۰۸۷/۶۷	۱۳/۷۵
سوخت بنزین (لیتر)	۹۰/۱۱	۴۱۷۱/۸۷	۳۴/۴۷
کود نیتروژن (کیلوگرم)	۵۴/۱۶	۳۵۹۶/۰۸	۲۹/۷۱
کود دامی (کیلوگرم)	۱۳۶۸/۴۲	۴۱۰/۵۳	۳/۴
سم علف‌کش (لیتر)	۲/۶۴	۶۲۷/۵۷	۵/۱۸
آب (مترمکعب)	۹۰۵/۴۲	۹۲۳/۵۳	۷/۶۳
بذر (کیلوگرم)	۲/۵۹	۲/۰۷	۰/۰۱
ستانده عملکرد (کیلوگرم)	۴۹۴۲/۱۱	۷۹۰۷/۳۷	۱۰۰

جدول ۴ شاخص‌های نسبت انرژی، شدت انرژی، انرژی خالص و بهره‌وری انرژی را نشان می‌دهد. بر اساس جدول ۴ شاخص نسبت انرژی برابر ۰/۶۸ و بهره‌وری انرژی در تولید برابر ۰/۴۳ کیلوگرم بر مگاژول به‌دست آمد یعنی به ازای هر ۰/۴۳کیلوگرم تولید ترب یک مگاژول انرژی مصرف شده است. شاخص شدت انرژی برابر ۲/۳۶ مگاژول بر کیلوگرم محاسبه شد یعنی به ازای یک کیلوگرم تولید ترب ۲/۳۶ مگاژول انرژی مصرف می‌شود. سهم انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید محصول به‌ترتیب برابر ۶۲/۱۴، ۳۷/۴۴، ۱۹/۷۷ و ۸۰/۲۳ درصد به‌دست

آمد. میزان انرژی‌های مستقیم و تجدیدناپذیر به‌دلیل درصد بالای انرژی سوخت بنزین و سوخت دیزل و کودهای شیمیایی بیشتر از انرژی‌های غیرمستقیم و تجدیدپذیر به‌دست آمد. Mohammadi و Omid (۲۰۱۰) به بررسی بهره‌وری انرژی در خیار گلخانه‌ای پرداختند و گزارش نمودند سهم انرژی غیرتجدید شونده در تولید برابر ۱۱ درصد و تجدید شونده برابر ۸۹ درصد و بهره‌وری انرژی برابر ۰/۵ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد. Pishgar-Komle و همکاران (۲۰۱۲) میزان انرژی‌های غیرمستقیم را برای مزارع چغندرقند برابر ۷۸ درصد اعلام نمودند. Zangeneh و همکاران (۲۰۱۰) میزان انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر را برای مزارع سیب‌زمینی به‌ترتیب برابر ۶۰، ۴۰، ۲۰ و ۸۰ درصد اعلام نمودند. همه این مطالعات نتایج این تحقیق را مورد تأیید قرار می‌دهند. بالاتر بودن سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر نسبت به انرژی‌های تجدیدپذیر، لزوم توجه به نهاده‌های مصرفی و مدیریت آن‌ها و جایگزین کردن نهاده‌های انرژی بر با نهاده‌های مناسب‌تر و بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها را روشن می‌سازد.

جدول ۴- شاخص‌های انرژی در تولید ترب

شاخص	واحد	مقدار	درصد
نسبت انرژی	-	۰/۶۸	-
انرژی خالص	مگاژول بر هکتار	-۳۶۹۸	-
شدت انرژی	مگاژول بر کیلوگرم	۲/۳۶	-
بهره‌وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۴۳	-
انرژی مستقیم	مگاژول بر هکتار	۷۲۱۱/۴۹۵	۶۲/۱۴
انرژی غیرمستقیم	مگاژول بر هکتار	۴۳۴۵/۰۳	۳۷/۴۴
انرژی تجدیدپذیر	مگاژول بر هکتار	۲۲۹۴/۵۲	۱۹/۷۷
انرژی تجدیدناپذیر	مگاژول بر هکتار	۹۳۱۱/۳۱	۸۰/۲۳

اقتصادسنجی و تعیین حساسیت

نتایج اقتصادسنجی و تعیین حساسیت داده‌ها در تولید ترب در جدول ۵ نشان داده شده است. بر این اساس مدل انرژی ۱ ضرایب استاندارد شده‌ی انرژی نهاده‌های کود دامی، آب آبیاری، سم علف‌کش، ماشین‌ها، سوخت بنزین و بذر به‌ترتیب با ضرایب ۱/۰۸، ۰/۸، ۰/۵، ۰/۳۶، ۰/۱۱ و ۰/۰۵ بالاترین تأثیر را داشتند که کود دامی و آب آبیاری در سطح یک درصد و سم علف‌کش در سطح پنج درصد معنی‌دار شدند و ماشین‌ها، سوخت بنزین و بذر معنی‌دار نشدند. همچنین انرژی نهاده‌های سوخت دیزل، کود شیمیایی و نیروی انسانی به‌دلیل مصرف بیش از اندازه با ضرایب ۱/۰۴-، ۰/۵- و ۰/۲۸- باعث کاهش عملکرد شدند که سوخت دیزل در سطح یک درصد و کود شیمیایی در سطح پنج درصد معنی‌دار شدند.

نتایج تحلیل حساسیت نهاده‌ها نشان داد که با افزایش یک مگاژول در انرژی ورودی نهاده‌های کود دامی، آب آبیاری، سم علف‌کش، ماشین‌ها و سوخت بنزین عملکرد نهایی (MPP) به‌ترتیب معادل ۱۳ و ۴/۲۷ و ۷/۸۳، ۵۹/۹۳ و ۰/۱۳ کیلوگرم بر هکتار افزایش می‌یابد و با افزایش یک مگاژول در انرژی نهادهای سوخت دیزل، کود شیمیایی و نیروی انسانی به‌ترتیب معادل ۵/۴۱-، ۰/۶۹- و ۶۹۰-

کیلوگرم در هر هکتار عملکرد محصول کاهش می‌یابد. با ملاحظه جدول ۵ مقایسه تأثیر ضرایب رگرسیون بر عملکرد نهایی متغیر وابسته نشان داد که نهاده‌های کود دامی، آب آبیاری، سم علف‌کش، ماشین‌ها، سوخت بنزین و بذر دارای عملکرد مثبت و نهاده‌های سوخت دیزل، کود شیمیایی و نیروی انسانی دارای تأثیر منفی بر عملکرد محصول بودند که بایستی میزان مصرف نهاده‌های دارای اثر منفی را کاهش داد.

Pishgar-Komleh و همکاران (۲۰۱۲b) به مطالعه انرژی تولید پنبه پرداختند و تأثیر نهاده‌های ورودی بذر، سوخت دیزل، نیروی انسانی، ماشین‌های کشاورزی و مواد شیمیایی بر عملکرد مثبت گزارش نمودند. مجموع ضرایب رگرسیون (RTC) برابر ۱/۰۸ محاسبه شد که نشان می‌دهد افزایش بیشتر از ۱ درصد انرژی نهاده‌های کشاورزی عملکرد را بیشتر از یک واحد افزایش می‌دهد. بر اساس نتایج، آماره دوربین- واتسون در تولید ترب برابر ۱/۵۰۲ به‌دست آمد. مقدار ضریب R^2 در محصول برابر ۰/۷۳ بود. این بدین معنی است که در فرآیند تولید، ۷۳ درصد از تغییرات عملکرد محصول توسط نهاده‌ها قابل تبیین می‌باشد.

جدول ۵- نتایج برآورد اقتصادسنجی و تحلیل حساسیت نهاده‌های تولید ترب (مدل ۱)

متغیرها	ضرایب رگرسیون	t آماره	P-Value	MPP
X1 آب آبیاری	۰/۸۰	۳/۷۶	۰/۰۰۳**	۴/۲۷
X2 نیروی انسانی	-۰/۲۸	-۱/۰۷	۰/۳۰۸ns	-۱/۴۵
X3 سوخت دیزل	-۱/۰۴	-۳/۶۶	۰/۰۰۴**	-۵/۴۱
X4 سوخت بنزین	۰/۱۱	۰/۴۵	۰/۶۵۷ns	۰/۱۳
X5 ماشین‌آلات	۰/۳۶	۱/۸۴	۰/۰۹۵ns	۵۹/۹۳
X6 کود شیمیایی	-۰/۵۰	-۲/۵۸	۰/۰۲۷*	-۰/۶۹
X7 سم	۰/۵۰	۲/۱۳	۰/۰۵۸*	۷/۸۳
X8 کود دامی	۱/۰۸	۳/۶۷	۰/۰۰۴**	۱۳
X9 بذر	۰/۰۵	۰/۲۹۹	۰/۷۷۱ns	۲/۹
R^2	۰/۷۳			
Durbin Watson	۱/۵۰			
RTC	۱/۰۸			

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

در این تحقیق ضرایب رگرسیون یا کشش نهاده‌ها برای اشکال مختلف انرژی در جدول ۶ نشان داده شده است. بر این اساس کشش نهاده‌های انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، با استفاده از نرم‌افزار تحلیل گردید که بر اساس آن ضرایب رگرسیونی انرژی مستقیم با ۰/۷۶۳- در سطح آماری یک درصد معنی‌دار و غیرمستقیم با ۰/۰۰۹ که از نظر آماری معنی‌دار نبود. همچنین این مدل نشان داد که ضریب رگرسیونی انرژی مستقیم به‌دلیل تأثیر انرژی نهاده‌های نیروی انسانی و سوخت دیزل بر عملکرد محصول تأثیر منفی و انرژی غیرمستقیم بر عملکرد محصول تأثیر مثبت

دارد. این نتایج بیان می‌کند با افزایش یک مگاژول انرژی مستقیم، عملکرد ۰/۵۲ کاهش و با افزایش یک مگاژول انرژی غیرمستقیم، عملکرد ۰/۱۷ افزایش می‌یابد. همان‌گونه که ذکر شد، انرژی مستقیم شامل انرژی نهاده‌های نیروی انسانی، سوخت و آب آبیاری می‌باشد. بنابراین بایستی میزان مصرف یک یا چند مورد از این نهاده‌ها کاهش داده شود. نتایج مدل ۱ نیز نشان داده بود که میزان مصرف نیروی انسانی و سوخت در فرآیند تولید ترب باید کاهش داده شود.

جدول ۶- نتایج ارزیابی اقتصادی‌سنجی اشکال مختلف انرژی

متغیرها	ضرایب رگرسیون	t آماره	P-Value	MPP
		مدل ۲		
انرژی مستقیم	-۰/۷۶۳	-۴/۸۳	۰/۰۰۱**	-۰/۵۲
انرژی غیرمستقیم	۰/۰۰۹	۰/۰۵۷	۰/۹۵۵ ns	۰/۱۷
R^2	۰/۷۶			
Durbin Watson	۲/۱۲			
RTC	-۰/۷۵۴			
		مدل ۳		
انرژی تجدیدپذیر	۰/۷۸۹	۴/۶۶	۰/۰۰۱**	۱/۶۷
انرژی تجدیدناپذیر	-۰/۰۷۱	-۰/۴۲	۰/۶۸ ns	-۰/۰۳۷
R^2	۰/۷۶			
Durbin Watson	۱/۵۳			
RTC	۰/۷۱۸			

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد؛ ns: غیرمعنی‌دار.

نتایج اقتصادسنجی و تعیین حساسیت داده‌های منابع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر نیز در جدول ۶ نشان داده شده است. بر اساس مدل (۳) در جدول ۶ ضریب رگرسیون انرژی‌های تجدیدپذیر برابر ۰/۷۸۹ می‌باشد که در سطح یک درصد معنی‌دار و ضریب انرژی تجدیدناپذیر با ۰/۰۷۱- است که معنی‌دار نشده و بر عملکرد محصول تأثیر منفی داشته است. نتایج تحلیل حساسیت به‌وضوح اهمیت استفاده از نهاده‌های تجدیدپذیر را نشان می‌دهد. طبق این نتایج، برای افزایش عملکرد محصول، باید میزان مصرف نهاده‌های تجدیدپذیر را افزایش و میزان مصرف نهاده‌های تجدیدناپذیر را کاهش داد. همچنین آماره R^2 و دوربین واتسون و مجموع ضرایب رگرسیون به‌ترتیب برابر ۰/۷۶، ۱/۵۳ و ۰/۷۱۸ محاسبه شده است که قابل‌قبول بودن مدل را نشان می‌دهند. مقدار R^2 بدین معنی است که در فرآیند تولید، ۷۶ درصد از تغییرات عملکرد محصول توسط اشکال تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر انرژی قابل تبیین می‌باشد.

تحلیل شاخص‌های زیست‌محیطی

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از ضرایب استاندارد انتشار گازهای گلخانه‌ای محاسبه و نتایج

در جدول ۷ نشان داده شده است. مجموع گازهای گلخانه‌ای منتشر شده ناشی از کشت یک هکتار ترب برابر ۵۲/۸۸ کیلوگرم دی‌اکسید کربن به‌دست آمد. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده سوخت بنزین با ۳۹/۷۸ درصد بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است که کود دامی با ۳۳/۱ درصد، کود نیتروژن‌با ۱۳/۵۲ درصد و سوخت‌دیزل با ۱۰/۲۴ درصد در رتبه‌های بعدی قرار دارند. نکته جالب توجه در نتایج این بخش، تأثیر قابل‌ملاحظه سه نهاده‌ی بنزین، کود نیتروژن و سوخت دیزل در انتشار گازهای گلخانه‌ای است. در نتایج مربوط به تحلیل انرژی نیز شاهد آن بودیم که این سه نهاده بیشترین سهم از نهاده‌های انرژی را به خود اختصاص داده بودند. بنابراین با قاطعیت می‌توان بیان داشت به‌منظور بهبود شاخص‌های انرژی و زیست‌محیطی در تولید ترب، سه نهاده‌ی بنزین، کود نیتروژن و سوخت دیزل باید مدیریت شده و تا حد امکان مصرف آن‌ها بهینه‌سازی شده یا از نهاده‌های جایگزین که اثرات کمتری دارند استفاده گردد. انرژی‌های تجدیدپذیر به‌خصوص انرژی خورشیدی و بیوگاز می‌توانند جایگزین‌های مناسبی برای منابع سوخت‌های فسیلی باشند. نتایج همچنین نشان داد کمترین میزان انتشار نیز مربوط به استفاده از ماشین‌ها در هکتار با ۰/۰۷ درصد در تولید ترب بود. البته باید توجه داشت این میزان انتشارمربوط به مراحل ساخت ماشین‌های کشاورزی بوده، در حالی‌که بهره‌برداری از آن در مزرعه مستلزم مصرف سوخت‌های فسیلی می‌باشد که نتایج نشان دهنده‌ی تأثیر قابل‌توجه آن‌ها در انتشار گازهای گلخانه‌ای بود. Pishgar-Komleh و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید سیب‌زمینی استان همدان پرداختند و گزارش نمودند بیشترین میزان انتشار مربوط به استفاده از کودهای شیمیایی بود. البته در مطالعه‌ی آن‌ها،نهاده‌ی‌بنزین‌مصرف‌نمی‌شد.بنابراین‌نتایج آن‌ها با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مطابقت دارد.

جدول ۷- انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به نهاده‌های تولید ترب در هکتار

نهاده‌ها	واحد	میانگین در هکتار	کیلوگرم گاز گلخانه‌ای در هکتار (معادل دی‌اکسید کربن)	درصد
نیروی انسانی	ساعت	۴۸۵/۴۷	۰/۴۸۵	۰/۰۹
ماشین‌های کشاورزی	مگاژول	۵/۳۴	۰/۳۷۸	۰/۰۷
سوخت دیزل	لیتر	۱۹/۳۲	۵۳/۳۲	۱۰/۲۴
کود دامی	کیلوگرم	۱۳۶۸/۴۲	۱۷۲/۴۲	۳۳/۱
کود نیتروژن	کیلوگرم	۵۴/۱۶	۷۰/۴۱	۱۳/۵۲
علف‌کش	کیلوگرم	۲/۶۴	۱۶/۶۴	۳/۲
سوخت بنزین	لیتر	۹۰/۱۱	۲۰۷/۲۵	۳۹/۷۸

انتشار گازهای گلخانه‌ای ۵۲۰/۸۸.

TaheriRad و همکاران (۲۰۱۵) به‌تحلیل انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید پنبه در استان گلستان پرداختند و گزارش نمودند کارایی انرژی برابر ۱/۵۸ و کل انتشار گازهای گلخانه‌ای برابر ۱۴۳۰/۱۸ کیلوگرم دی‌اکسید کربن بر هکتار بوده است. Shamsabadi و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی مقایسه انرژی مصرفی و نشر گازهای گلخانه‌ای تولید گوجه‌فرنگی در گلخانه و فضای باز پرداختند و

گزارش نمودند بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (با ۱۳۶۶۱/۳۷ کیلوگرم دی‌اکسید کربن بر هکتار) در گلخانه‌های استان تهران و کمترین میزان (با ۱۲۷۴/۰۲ کیلوگرم دی‌اکسید کربن) در مزارع شهرستان مرند تولید می‌شود. با توجه به نوع عملیات مورد نیاز در زراعت محصولات مختلف، حجم فعالیت‌ها و طول دوره زراعی، تفاوتی که در نتایج مطالعات آن‌ها با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مشاهده می‌شود قابل‌توجیه می‌باشد.

تحلیل اقتصادی محصول

نتایج تحقیق نشان داد در سال ۱۳۹۷ بر اساس جدول ۸ شاخص‌های اقتصادی شامل ارزش ناخالص تولید، هزینه کل یک دوره تولید، بازگشت ناخالص و بازگشت خالص به‌ترتیب برابر ۱۰۴۴، ۳۵۶، ۸۴۲ و ۶۸۸ دلار بر هکتار محاسبه گردید. نسبت فایده به هزینه تولید محصول برابر ۲/۹۳ به‌دست آمد.

جدول ۸ - تحلیل اقتصادی تولید ترب در هکتار

شاخص	واحد	مقدار
عملکرد	کیلوگرم بر هکتار	۴۹۴۲/۱۱
متوسط قیمت فروش	دلار بر کیلوگرم	۳۰۰۰۰
ارزش ناخالص تولید	دلار بر هکتار	۱۰۴۴
هزینه متغیر یک دوره تولید	دلار بر هکتار	۲۰۲
هزینه ثابت یک دوره تولید	دلار بر هکتار	۱۵۴
هزینه کل یک دوره تولید	دلار بر هکتار	۳۵۶
هزینه کل یک دوره تولید	دلار بر کیلوگرم	۰/۰۷
بازگشت ناخالص	دلار بر هکتار	۸۴۲
بازگشت خالص	دلار بر هکتار	۶۸۸
نسبت فایده به هزینه	---------	۲/۹۳
بهره‌وری اقتصادی	کیلوگرم بر دلار	۶۸۵۸۶

* نرخ دلار در بازه زمانی مورد نظر، در سامانه نیما ۱۴۲۰۰۰ ریال در نظر گرفته شد.

سهم هزینه‌های متغیر در تولید بالاتر از هزینه‌های ثابت بود و در بین هزینه‌های متغیر هزینه نیروی انسانی و کود دامی، بیشترین سهم را در تولید ترب داشتند. دلیل بالا بودن هزینه نیروی انسانی سنتی بودن مراحل داشت مانند انجام عملیات آبیاری به‌صورت سنتی و وجین دستی علف‌های‌هرز مزرعه و در مرحله برداشت استفاده از ابزار سنتی مانند بیل برای کندن ترب از خاک می‌باشد. کمترین هزینه مصرفی در مزارع مربوط به استفاده از علف‌کش‌ها بود. شاخص‌های بهره‌وری اقتصادی برابر ۶۸۵۸۶ کیلوگرم بر دلار محاسبه گردید. تحقیقات مشابهی در کشور بر تعیین شاخص‌های اقتصادی سایر محصولات صورت گرفته است. نسبت فایده به هزینه برای بادام‌زمینی ۱/۸۲ (Emadi *et al*., 2016)، برای گندم دیم و آبی برابر ۱/۹۷ و ۲/۵۶ (Ghorbani *et al*., 2011) برای خیار گلخانه‌ای برابر ۲/۵۸ (Mohammadi & Omid, 2010)، برای سیب‌زمینی برابر ۱ (Zangeneh *et al*., 2010) گزارش شده‌اند. تمام این نتایج نشان‌دهنده‌ی محدوده‌ی قابل‌قبول برای عدد به‌دست آمده می‌باشد. طبیعی است بسته به نوع محصول و شرایط زمانی و مکانی، مقدار نسبت سود به هزینه تفاوت‌هایی نیز داشته باشد. در این تحقیق مقدار ۵۶/۷۵ درصد از کل هزینه‌های تولید را هزینه‌های متغیر و ۴۳/۲۵ درصد از هزینه‌ها مربوط به هزینه‌های ثابت بود. با توجه به این میزان

هزینه‌های متغیر تابعی از نهاده‌های مصرفی در طول فصل زراعی می‌باشد، این موضوع لزوم توجه بیشتر به مدیریت نهاده‌ها و تلاش برای بهینه‌سازی آن‌ها را روشن‌تر می‌سازد. بازگشت سود خالص تولید ترب برابر ۶۸۸ دلار بر هکتار به‌دست آمد که نشان می‌دهد تولید ترب در منطقه دارای توجیه اقتصادی می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه، تولید ترب در استان ایلام از منظر انرژی مصرفی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و سودآوری اقتصادی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نقش تأثیرگذار چند نهاده در این سه شاخص را نشان داد. سوخت‌های فسیلی و کودهای شیمیایی دو نهاده‌ی تأثیرگذار در شاخص‌های انرژی و زیست‌محیطی شناسایی شدند. نیروی انسانی نیز نهاده‌ای بود که نباید از تأثیر آن در شاخص‌های انرژی غافل ماند، هر چند جایگاه آن در بین نهاده‌های انرژی خیلی بالا نبود ولی این نهاده در شاخص اقتصادی نقش تأثیرگذاری داشت. بیشتر عملیات تولید ترب از مرحله کاشت تا مرحله برداشت به‌صورت غیرمکانیزه و از طریق نیروی کارگری صورت می‌گیرد. این موضوع ضمن افزایش سختی کار برای کشاورزان، باعث کاهش بازده انرژی در تولید ترب می‌شود؛ اما مهم‌تر از آن، نقش آن در افزایش هزینه‌های اقتصادی تولید ترب می‌باشد که نقش چشم‌گیری می‌باشد. کود دامی نیز نهاده‌ای که از تأثیر آن در افزایش شاخص انتشار گاز گلخانه‌ای و افزایش هزینه‌های تولید نباید غفلت کرد. نهاده‌ی کود دامی هم در افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و هم در افزایش هزینه‌های تولید دومین نهاده‌ی تأثیرگذار شناسایی شده است که لزوم مدیریت مصرف آن را مورد تأکید قرار می‌دهد. نتایج این مطالعه همچنین لزوم توجه به منابع تجدیدپذیر انرژی به‌خصوص استفاده از منابع انرژی خورشیدی و بیوگاز در کشاورزی را مورد تأکید قرار می‌دهد.

References

- Abdi, R., Hematian, A., Mobtaker, H. G. & Zarei Shahamat, E. (2012). Sensitivity analysis of energy inputs for maize production system in Kermanshah province of Iran. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 2(3), 84-90.
- Ali, M. & Abedullah, D. (2002). Nutritional and economic benefits of enhanced vegetable production and consumption. *Journal of Crop Production*, 6, 145-176.
- Almasi, M., Shahram, K. & Naeem, L. (2008). *Basics of Agricultural Mechanization. Tehran.* Jangal Publications.
- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Abdshah, H. & Kazemian, A. (2020). *Agricultural Statistics, Volume 1*. Tehran Ministry of Jehad Agriculture. (In Farsi)
- Azizpanah, A. & Mohammadi, V. (2019). Energy modelling and sensitivity analysis of Rice production in Ilam, Iran. *Journal of Applied Agriculture and Biotechnology*, 3(1), 1-13.
- Bajkin, A., Ponjican, O., Radomirovic, D., Pavkov, I. & Dulic, M. (2014). Energy balance for carrot root production and drying. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 18(2), 59-61.
- Bakhsh, K. H. & Hassan, S. (2005). Use of sewage water for radish cultivation: a case study of Punjab, Pakistan. *Journal of Agricultur & Social Sciences*, 4, 322-326.

- Banaeian, N. & Zangeneh, M. (2011). Modeling energy flow and economic analysis for walnut production in Iran. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 3(3), 194-201.
- Dyer, J. A. & Desjardins, R. L. (2006). Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery in Canada. *Biosystems Engineering*, 93(1), 107-118.
- Emadi, B., Nikkhah, A. & Khojastehpour, M. (2016). Effect of farm size on energy consumption and input costs of peanut production in Guilan province of Iran. *Journal of Agricultural Machinery*, 5(1), 217- 227. (In Farsi)
- Ghaderpour, O. & Rafiee S. (2016). Analysis and modeling of energy and production of dryland chickpea in the city of Bukan. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 47(4), 711-720. (In Farsi)
- Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M. & Aghel, H. (2011). A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. *Applied Energy*, 88(1), 283-288.
- Hajkova, D. & Hurnik, J. (2007). Cobb-Douglas production function: the case of a converging economy. *Czech Journal of Economics and Finance (Finance auver)*, 57, 465-476.
- Hatirli, S. A., Ozkan, B. & Fert, C. (2005). An econometric analysis of energy input–output in Turkish agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9(6), 608-623.
- Hatirli, S. A., Ozkan, B. & Fert, C. (2006). Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *Renewable Energy*, 31(4), 427-438.
- Heidari, M. D. & Omid, M. (2011). Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran. *Energy*, 36(1), 220-225.
- Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M. & Mousazadeh, H. (2013). Applying data envelopment analysis approach to improve energy efficiency and reduce GHG (greenhouse gas) emission of wheat production. *Energy*, 58, 588-593.
- Khoshroo, A., Izadikhah, M. & Emrouznejad, A. (2018). Improving energy efficiency considering reduction of CO_2 emission of turnip production: A novel data envelopment analysis model with undesirable output approach. *Journal of Cleaner Production*, 187, 605-615.
- Kizilaslan, H. (2009). Input–output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. *Applied Energy*, 86, 1354-1358.
- Kumar, N., Pawar, N., Bishnoi, D. K., Bhatia, J. & Kumar, R. (2019). Energy usage and benefit-cost analysis of castor production in haryana. *Economic Affairs*, 64(4), 789-794.
- Kuswardhani, N., Soni, P. & Shivakoti, G. P. (2013). Comparative energy input–output and financial analyses of greenhouse and open field vegetables production in West Java, Indonesia. *Energy*, 53, 83-92.
- Lal, R. (2004). Carbon emission from farm operations. *Environment International*, 30(7), 981-990.
- Liu, Y., Langer, V., Hqgh-Jensen, H. & Egelyng, H. (2010). Life cycle assessment of fossil energy use and greenhouse gas emissions in Chinese pear production. *Journal of Cleaner Production*, 18(14), 1423-1430.

- Mobtaker, H. G., Keyhani, A., Mohammadi, A., Rafiee, S. & Akram, A. (2010). Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 137, 367-372.
- Mobtaker, H. G., Akram, A. & Keyhani, A. (2012). Energy use and sensitivity analysis of energy inputs for alfalfa production in Iran. *Energy for Sustainable Development*, 16(1), 84-89.
- Mohammadi, A. & Omid, M. (2010). Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Applied Energy*, 87(1), 191-196.
- Nabavi-Pelesaraei, A., Sadeghzadeh, A., Payman, M. H. & Mobtaker, H. G. (2013). An analysis of energy use, CO_2 emissions and relation between energy inputs and yield of hazelnut production in Guilan province of Iran. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(12), 1601-1613.
- Nikkhah, A., Emadi, B., Shabanian, F. & Hamzeh-Kalkenari, H. (2014). Energy sensitivity analysis and greenhouse gas emissions for tea production in Guilan province. *Iran of Agroecol*, 6(3), 622-633.
- Pahlavan, R., Omid, M. & Akram, A. (2012). Energy input–output analysis and application of artificial neural networks for predicting greenhouse basil production. *Energy*, 37(1), 171-176.
- Pishbin, S., Mohammadi, H., Ejraee, A. & Shirzadi, M. H. (2009). Economic analysis of mechanization and technical efficiency in sugar beet farms: case study in Fars province. *Journal of Sugar Beet*, 24(2), 129-146.
- Pishgar-Komleh, S. H., Ghahderijani, M. & Sefeedpari, P. (2012a). 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.
- Pishgar-Komleh, S. H., Sefeedpari, P. & Ghahderijani, M. (2012b). Exploring energy consumption and CO_2 emission of cotton production in Iran. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 4(3), 033115.
- Pishgar-Komleh, S. H., Omid, M. & Heidari, M. D. (2013). On the study of energy use and GHG (greenhouse gas) emissions in greenhouse cucumber production in Yazd province. *Energy*, 59, 63-71.
- Prasad, B., Chakravorty, S. & Saren, B. (2015). Energy use efficiency and economic analysis of French bean Cultivation under mulching condition. *International Journal of Plant Research*, 28(3), 35-43.
- Rafiee, S., Avval, S. H. M. & Mohammadi, A. (2010). Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. *Energy*, 35(8), 3301-3306.
- Ramedani, Z., Rafiee, S. & Heidari, M. D. (2011). An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. *Energy*, 36(11), 6340-6344.
- Samavatean, N., Rafiee, S., Mobli, H. & Mohammadi, A. (2011). An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield, costs and income of garlic production in Iran. *Renewable Energy*, 36(6), 1808-1813.
- Shamsabadi, H., Abedi, M., Ahmad, D. & Taheri-Rad, A. (2017). Comparison of energy consumption and greenhouse gas emission footprint caused by agricultural products in greenhouses and open field in Iran. *Energy Equipment and Systems*, 5(2), 157-163.

- Singh, R. J., Pande, K. K., Sachan, V. K., Singh, N. K., Sahu, R. P. & Singh, M. P. (2016). Productivity, profitability, and energy consumption of potato-based intercropping systems. *International Journal of Vegetable Science*, 22(2), 190-199.
- Soltanali, H., Emadi, B., Rohani, A., Khojastehpour, M. & Nikkhah, A. (2016). Optimization of energy consumption in milk production units through integration of data envelopment analysis approach and sensitivity analysis. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 6(1), 15-23. (In Farsi)
- TaheriRad, A. R., Nikkhah, A., Khojastehpour, M. & Nourozieh, S. (2015). Assessing GHG emissions, and energy and economic analysis of cotton production in the Golestan province. *Journal of Agricultural Machinery*, 5(2), 428-445. (In Farsi)
- Vincente, A. R., Manganaris, G. A., Ortiz, C. M., Sozzi, G. O. & Crisosto, C. H. (2014). Nutritional quality of fruits and vegetables. In: W. Florkowski., R. Shewfelt., S. Prussia., N. Banks., S. Prussia., R. Shewfelt. & B. Brueckner (Eds.), *Postharvest handling*. (pp. 69-122). Academic Press.
- Zangeneh, M., Omid, M. & 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(7), 2927-2933.