

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

امیر عزیزپناه^{۱*} و مجید نامداری^۲

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 به دست 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 به ترتیب با ۳۴/۵، ۲۹/۷ و ۱۳/۷۵ درصد و کمترین آن با ۰/۰۱ درصد مربوط به بذر به دست آمد. مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از عملیات زراعی برای تولید ترب برابر ۵۲۰/۸۸ کیلوگرم دی‌اکسید کربن بر هکتار به دست آمد که سهم سوخت بنزین، کود دامی، کود نیتروژن و سوخت دیزل به ترتیب 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 به دست آمد.

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

مقدمه

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 به عنوان ابزار محاسبه می‌باشد. مصرف بالای اشکال مختلف انرژی در کشاورزی برخی مشکلات زیست‌محیطی ایجاد می‌کند که گرم شدن جهانی و آلودگی هوا به عنوان مهم‌ترین مشکلات ذکر شده‌اند. بر این اساس، پیدا کردن رابطه بین انرژی‌های مصرفی و

سبزیجات به عنوان 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

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 به دست آوردند و برای مدل‌سازی از توابع کاب- داگلاس استفاده کردند. نسبت انرژی برای تولید خیار ۰/۶۹ و برای گوجه‌فرنگی ۱/۴۸ به دست آمد. مطالعه‌ی Pishbin و همکاران (۲۰۰۹) در مدل‌سازی انرژی و تحلیل اقتصادی مزارع چغندرقد 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

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

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):

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

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:

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

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

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

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

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

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.

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

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

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

جدول ۲- معادل ضرایب استاندارد نشر گازهای گلخانه‌ای

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

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

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

می‌آید. در بخش نهایی تحقیق و بر اساس رابطه ۸ مقدار بهره‌وری نهایی محاسبه گردید (Hatirli *et al.*, 2006).

$$Mpp_{xj} = \frac{GM(Y)}{GM(X_j)} \times \alpha_j \quad \text{رابطه (۸)}$$

Mpp_{xj} مقدار بهره‌وری فیزیکی به ازای نهاده j ام، $GM(Y)$ میانگین هندسی عملکرد محصول، $GM(X_j)$ میانگین هندسی j امین نهاده، α_j کشش تقاضای نهاده J ام می‌باشد. میانگین هندسی طبق تعریف برابر است با ریشه n ام حاصل ضرب 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 حاصل ضرب 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 به دلیل عدم مکانیزاسیون کشاورزی و انجام

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

$$Y = f(X) \exp(u) \quad \text{رابطه (۶)}$$

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

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 به ترتیب ضرایب ثابت و خطا هستند.

همچنین تأثیر انرژی‌های مستقیم (DE)، غیرمستقیم (IDE)، تجدیدپذیر (RE) و تجدیدنپذیر (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 صورتی که 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

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 محصولات نظیر سیب‌زمینی ۴۷۰۰۰ مگاژول بر هکتار (Pishgar-Komle *et al.*, 2012)، ریحان و ۱۴۳۰۸۹۹۸ مگاژول (Pahlavan *et al.*, 2012) و خیار و گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای به‌ترتیب ۱۴۱۴۹۳ و ۱۳۱۶۳۶ مگاژول بر هکتار (Heidari & Omid, 2011) گزارش شده است.

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

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

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

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 تجدیدنپذیر در تولید محصول به‌ترتیب برابر ۶۲/۱۴، ۳۷/۴۴، ۱۹/۷۷ و ۸۰/۲۳ درصد به‌دست

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 ۰/۴۳ کیلوگرم تولید ترب یک مگاژول انرژی مصرف

چغندر قند برابر ۷۸ درصد اعلام نمودند. Zangeneh و همکاران (۲۰۱۰) میزان انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر را برای مزارع سیب‌زمینی به ترتیب 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.

آمد. میزان انرژی‌های مستقیم و تجدیدناپذیر به دلیل درصد بالای انرژی سوخت بنزین و سوخت دیزل و کودهای شیمیایی بیشتر از انرژی‌های غیرمستقیم و تجدیدپذیر به دست 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

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

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) به ترتیب 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 نهاده‌های سوخت دیزل، کود شیمیایی و نیروی انسانی به ترتیب معادل ۵/۴۱-، ۰/۶۹- و ۶۹۰-

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 به ترتیب 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 به دلیل مصرف بیش

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 به دست 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.

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

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	۰/۳۰۸ ^{ns}	-۱/۴۵
X3 سوخت دیزل	-۱/۰۴	-۳/۶۶	۰/۰۰۴**	-۵/۴۱
X4 سوخت بنزین	۰/۱۱	۰/۴۵	۰/۶۵۷ ^{ns}	۰/۱۳
X5 ماشین‌آلات	۰/۳۶	۱/۸۴	۰/۰۹۵ ^{ns}	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	۰/۷۷۱ ^{ns}	۲/۹
R^2	۰/۷۳			
Durbin Watson	۱/۵۰			
RTC	۱/۰۸			

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

آماره‌ی یک درصد معنی‌دار و غیرمستقیم با ۰/۰۰۹ که از نظر آماره معنی‌دار نبود. همچنین این مدل نشان داد که ضریب رگرسیونی انرژی مستقیم به دلیل تأثیر انرژی نهاده‌های نیروی انسانی و سوخت دیزل بر عملکرد محصول تأثیر منفی و انرژی غیرمستقیم بر عملکرد محصول تأثیر مثبت

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

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 تریب باید کاهش داده شود.

جدول ۶- نتایج ارزیابی اقتصادی سنجی اشکال مختلف انرژی

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

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد؛ ^{ns} غیرمعنی‌دار.

میزان مصرف نهاده‌های تجدیدناپذیر را کاهش داد. همچنین آماره R² و دوربین واتسون و مجموع ضرایب رگرسیون به ترتیب برابر ۰/۷۶، ۱/۵۳ و ۰/۷۱۸ محاسبه شده است که قابل قبول بودن مدل را نشان می‌دهند. مقدار R² 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

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

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 انتشار مربوط به مراحل ساخت ماشین‌های کشاورزی بوده، در حالی که بهره‌برداری از آن در مزرعه مستلزم مصرف سوخت‌های فسیلی می‌باشد که نتایج نشان دهنده تأثیر قابل توجه 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، نهادی بنزین مصرف نمی‌شد. بنابراین نتایج آن‌ها با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مطابقت دارد.

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 نیتروژن با ۱۳/۵۲ درصد و سوخت دیزل با ۱۰/۲۴ درصد در رتبه‌های بعدی قرار دارند. نکته جالب توجه در نتایج این بخش، تأثیر قابل ملاحظه سه نهادی 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 نهادی‌های انرژی را به خود اختصاص داده بودند. بنابراین با قاطعیت می‌توان بیان داشت به‌منظور بهبود شاخص‌های انرژی و زیست‌محیطی در تولید ترب، سه نهادی بنزین، کود نیتروژن و سوخت دیزل باید مدیریت شده و تا حد امکان مصرف آن‌ها بهینه‌سازی شده یا از

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

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

انتشار گازهای گلخانه‌ای ۵۲۰/۸۸.

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

TaheriRad و همکاران (۲۰۱۵) به تحلیل 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

تحقیق مشاهده می‌شود قابل توجیه 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 به ترتیب برابر ۱۰۴۴، ۳۵۶، ۸۴۲ و ۶۸۸ دلار بر هکتار محاسبه گردید. نسبت فایده به هزینه تولید محصول برابر ۲/۹۳ به دست آمد.

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 به دست آمده از این

جدول ۸ - تحلیل اقتصادی تولید ترب در هکتار

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

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

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 قابل قبول برای عدد به دست 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

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 به صورت سنتی و وجین دستی علف‌های هرز 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

نهاده‌های انرژی خیلی بالا نبود ولی این نهاد در شاخص اقتصادی نقش تأثیرگذاری داشت. بیشتر عملیات تولید ترب از مرحله کاشت تا مرحله برداشت به صورت 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 نهادی که از تأثیر آن در افزایش شاخص انتشار گاز گلخانه‌ای و افزایش هزینه‌های تولید نباید غفلت کرد. نهادی که کود دامی هم در افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و هم در افزایش هزینه‌های تولید دومین نهادی تأثیرگذار شناسایی شده است که لزوم مدیریت مصرف آن را مورد تأکید قرار می‌دهد. نتایج این مطالعه همچنین لزوم توجه به منابع تجدیدپذیر انرژی به خصوص استفاده از منابع انرژی خورشیدی و بیوگاز در کشاورزی را مورد تأکید قرار می‌دهد.

هزینه‌های متغیر تابعی از نهاد‌های مصرفی در طول فصل زراعی می‌باشد، این موضوع لزوم توجه بیشتر به مدیریت نهادها و تلاش برای بهینه‌سازی آن‌ها را روشن‌تر می‌سازد. بازگشت سود خالص تولید ترب برابر ۶۸۸ دلار بر هکتار به دست 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 نهاد در این سه شاخص را نشان داد. سوخت‌های فسیلی و کودهای شیمیایی دو نهادی تأثیرگذار در شاخص‌های انرژی و زیست‌محیطی شناسایی شدند. نیروی انسانی نیز نهادی بود که نباید از تأثیر آن در شاخص‌های انرژی غافل ماند، هر چند جایگاه آن در بین

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 Jihad 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 Agriculture & 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 CO₂ 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, CO₂ 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., Shabaniyan, 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 CO₂ 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 CO₂ 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.