University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

Comparison of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and Onion (*Allium cepa* L.) Production Systems in Terms of Energy and Economic Indicators, and Greenhouse Gas Emissions Potential (Case Study of Cities in Alborz Province)

Sadegh Nasirpour[1] | Mohammadreza Jahansouz[2]✉ | Hosein Moghadam [3] | Arash Mohammadzadeh [4]

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: s.nasirpour@alumni.ut.ac.ir.
2. Corresponding Author, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: jahansuz@ut.ac.ir
3. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: hmoghadam@ut.ac.ir
4. Technical Services Research Department, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Maragheh, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: May 28, 2023
Received in revised form: July 11, 2023
Accepted: July 13, 2023
Published online: December 22, 2023

Keywords:
Carbon dioxide,
direct energy,
gross production value,
net return,
renewable energy.

ABSTRACT

This research was done with the aim of checking energy and economic indicators and the amount of greenhouse gas emissions in the production system of two products, tomato and onion in 2021 and 2022 in Alborz province. The information required for this research was obtained through interviews with farmers and completing questionnaires. The results of this study showed that the highest energy input, energy output, and net energy in onion were obtained in Savojbolagh city at the rate of 21324.8, 105600, and 24275.3 $Mj.ha^{-1}$, respectively. In tomato, the highest input energy, output energy, and net energy was 73799.8, 56000, and -13495.4 $Mj.ha^{1}$, respectively (in tomato, net energy is negative due to the greater input energy than output energy). The highest energy efficiency consumption was obtained in onion and tomato, 1.4 and 1.32 respectively. In the comparison of energy efficiency, the highest value in onion and tomato were observed 0.82 and 0.99 $Kg.mj^{-1}$. Among the various inputs in the onion and tomato production systems, diesel, nitrogen chemical fertilizer, animal manure, irrigation water, gasoline, and manpower had the largest share in input energy in the order of priority. Onion and tomato by producing 3065.8 and 3045.4 kg of CO2 per hectare, played a role in the emissions of greenhouse gases. The analysis of economic indicators also showed that onion with a net income of 9608.7 $\$.ha^{-1}$ compared to tomato with a net income of 4840.3 $\$.ha^{-1}$ has generated more income. According to the obtained results it can be possible that reduce the amount of energy input and greenhouse gas emissions and thus, provide the necessary conditions for the establishment of more sustainable agriculture by modifying production methods such as using modern irrigation methods and also replacing animal and biological fertilizers with chemical fertilizers.

Cite this article: Nasirpour, S., Jahansouz, M.R., Moghadam, H., & Mohammadzadeh, A. (2023). Comparison of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and onion (*Allium cepa* L.) production systems in terms of energy and economic indicators, and greenhouse gas emissions potential (case study of cities in Alborz province). *Iranian Journal of Field Crop Science*, *54*(4), 137-153. DOI: 10.22059/ijfcs.2023.359954.655008.

© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/ijfcs.2023.359954.655008

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۸۰۸۲

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

مقایسه نظام تولید گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) و پیاز (*Allium cepa* L.) از نظر شاخص‌های انرژی، اقتصادی و پتانسیل انتشار گازهای گلخانه‌ای (مطالعه موردی شهرستان‌های استان البرز)

صادق نصیرپور[۱] | محمدرضا جهانسوز[۲]✉ | حسین مقدم[۳] | آرش محمدزاده[۴]

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: s.nasirpour@alumni.ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: jahansuz@ut.ac.ir

۳. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: hmoghadam@ut.ac.ir

۴. بخش تحقیقات خدمات فنی، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱

کلیدواژه‌ها:
ارزش ناخالص تولید، انرژی تجدیدپذیر، انرژی مستقیم، دی‌اکسید کربن، سود خالص.

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی شاخص‌های انرژی، اقتصادی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در نظام تولید دو محصول گوجه‌فرنگی و پیاز در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در استان البرز انجام شد. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق از طریق مصاحبه با کشاورزان و تکمیل پرسشنامه به دست آمد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که بیشترین انرژی ورودی، خروجی و انرژی خالص در پیاز به‌ترتیب به میزان ۲۱۳۲۴/۸، ۱۰۵۶۰۰ و ۲۴۲۷۵/۳ مگاژول در هکتار در شهرستان ساوجبلاغ به دست آمد. در گوجه‌فرنگی نیز بالاترین انرژی ورودی، خروجی و خالص به‌ترتیب ۷۳۷۹۹/۸، ۵۶۰۰۰ و ۱۳۴۹۵/۴- مگاژول در هکتار بود (در گوجه‌فرنگی به دلیل بیشتربودن انرژی ورودی نسبت به انرژی خروجی، انرژی خالص به صورت منفی می‌باشد). بالاترین کارایی مصرف انرژی در پیاز و گوجه‌فرنگی به‌ترتیب ۱/۴ و ۱/۳۲ به دست آمد. در مقایسه بهره‌وری انرژی مشاهده شد که بالاترین مقدار در پیاز ۰/۸۲ و در گوجه‌فرنگی ۰/۹۹ کیلوگرم بر مگاژول بود. در بین ورودی‌های مختلف در نظام تولید این دو محصول گازوییل، کود شیمیایی نیتروژن، کود دامی، آب آبیاری، بنزین و نیروی انسانی بیشترین سهم را در انرژی ورودی داشتند. پیاز و گوجه‌فرنگی به‌ترتیب با تولید ۳۰۶۵/۸ و ۳۰۴۵/۴ کیلوگرم CO_2 در هکتار در انتشار گازهای گلخانه‌ای نقش داشتند. بررسی شاخص‌های اقتصادی نیز نشان داد که پیاز با درآمد خالص ۹۶۰۸/۷ دلار در هکتار نسبت به گوجه‌فرنگی با درآمد خالص ۴۸۴۰/۳ دلار در هر هکتار درآمد بیشتری ایجاد کرده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان با اصلاح روش‌های تولید همانند استفاده از روش‌های نوین آبیاری و همچنین جایگزینی کودهای دامی و زیستی با کودهای شیمیایی باعث کاهش میزان انرژی ورودی و انتشار گازهای گلخانه‌ای شد و بدین‌ترتیب شرایط لازم جهت استقرار یک کشاورزی پایدارتر را فراهم کرد.

استناد: نصیرپور، ص.، جهانسوز، م.ر.، مقدم، ح.، و محمدزاده، آ. (۱۴۰۲). مقایسه نظام تولید گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) و پیاز (*Allium cepa* L.) از نظر شاخص‌های انرژی، اقتصادی و پتانسیل انتشار گازهای گلخانه‌ای (مطالعه موردی شهرستان‌های استان البرز). *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۴(۴)، ۱۳۷-۱۵۳.

DOI: 10.22059/ijfcs.2023.359954.655008

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان

۱. مقدمه

بخش کشاورزی با سهم ۱۳ درصدی از تولید ناخالص داخلی و همچنین سهم ۲۵ درصدی از اشتغال یکی از بخش‌های حیاتی اقتصاد ایران می‌باشد که لزوم توجه و مطالعه بخش‌های مختلف آن را دو چندان می‌کند (Jadidi *et al*., 2010). امروزه در تولید محصولات کشاورزی سهم قابل توجهی از انرژی از طریق نهاده‌هایی مانند سوخت، الکتریسیته، ماشین‌های کشاورزی، بذر، سموم و کودهای شیمیایی تامین می‌شود. افزایش جمعیت و تقاضای بالا برای محصولات کشاورزی باعث افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی شده است. بنابراین جوامع نیازمند برنامه‌ریزی‌های مدون و اساسی در جهت مدیریت مصرف انرژی در بخش کشاورزی می‌باشند (Taghinazhad *et al*., 2019). استفاده موثر از انرژی در راستای استقرار کشاورزی پایدار آسیب‌های وارده به محیط زیست را کاهش داده و روند پرشتاب تخریب منابع طبیعی را کند می‌کند (Taghinazhad *et al*., 2019).

بیشینه‌کردن کارایی مصرف انرژی از مهم‌ترین عوامل موثر در ایجاد نظام‌های تولیدی پایدار می‌باشد. استفاده بی‌رویه از سوخت‌های فسیلی و نهاده‌های کشاورزی موجب ایجاد آسیب به محیط زیست می‌شود، بنابراین مطالعه و مقایسه جریان انرژی گیاهان در هر منطقه باید مورد توجه قرار گیرد (Safa *et al*., 2011). گزارش شده است که تقریبا ۱۶ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان به دلیل فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد (Nabavi-Pelesaraei *et al*., 2022). مطالعه نظام تولید گندم نشان داد که کل انرژی ورودی معادل ۳۸۷۵۵/۳۴ مگاژول در هکتار بود که از بین عوامل ورودی کود نیتروژن و سوخت دیزل به‌ترتیب با ۳۷/۳۸ و ۱۹/۰۳ درصد بالاترین سهم را داشتند. سهم انرژی‌های مستقیم و غیر مستقیم به‌ترتیب حدود ۳۹/۸۸ و ۶۰/۱۲ درصد و همچنین انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به‌ترتیب معادل ۳۱/۰۱ و ۶۸/۹۹ درصد از کل انرژی ورودی بود. همچنین کارایی مصرف انرژی برای تولید دانه گندم معادل ۱/۶۷ و بهره‌وری انرژی نیز معادل ۰/۶۱۱ کیلوگرم بر مگاژول به دست آمد (Taghinazhad *et al*., 2019). در مطالعه روی هویج، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی و پیاز نشان داده شد که بالاترین انرژی ورودی در پیاز به میزان ۸۷۵۵۶ مگاژول در هکتار به دست آمد، بیشترین انرژی خروجی نیز در سیب‌زمینی ۱۷۷۴۲۸ مگاژول در هکتار بود. همچنین بیشترین انرژی خالص نیز در سیب‌زمینی به میزان ۹۶۵۵۹ مگاژول در هکتار به دست آمد. کارایی مصرف انرژی در هویج، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی و پیاز به‌ترتیب معادل ۱/۴، ۱/۶، ۲/۲ و ۰/۹ به دست آمد. همچنین بهره‌وری انرژی نیز به‌ترتیب در هویج، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی و پیاز معادل ۰/۸۶، ۰/۷۷، ۰/۶۰ و ۰/۵۶ کیلوگرم بر مگاژول به دست آمد. سهم انرژی مستقیم در گوجه‌فرنگی و پیاز به‌ترتیب با ۶۱/۲ و ۶۴ درصد بالاترین مقدار را به خود اختصاص دادند. همچنین انرژی تجدیدناپذیر نیز در گوجه‌فرنگی و پیاز به‌ترتیب با ۸۲/۶ و ۸۱ در صد از کل انرژی ورودی نسبت به انرژی تجدیدپذیر سهم قابل توجهی را به خود اختصاص داد. همچنین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای پیاز، گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی و هویج به‌ترتیب معادل ۵۳۳۲/۶، ۴۴۰۳، ۳۹۳۰/۲ و ۳۷۱۲/۷ کیلوگرم CO_2 در هکتار بود (Mohammadzadeh *et al*., 2017). در مطالعه‌ای روی تولید گوجه‌فرنگی در شهرستان مرند نشان داده شد که برای تولید گوجه‌فرنگی در هر هکتار نیاز به ۶۵/۲ گیگاژول در هکتار انرژی می‌باشد که از این میزان انرژی ورودی ۵۱ درصد سهم کودهای شیمیایی و ۲۱ درصد سهم آب مورد نیاز برای آبیاری بود. کارایی مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی نیز به‌ترتیب برابر با ۰/۶ و ۰/۷۴ کیلوگرم بر مگاژول به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که انرژی تجدیدناپذیر ۶۹/۱ درصد از انرژی ورودی کل را به خود اختصاص داد (Jadidi *et al*., 2010). در تحقیقی بهره‌وری انرژی، کل انرژی ورودی و کل انرژی خروجی برای چغندرقند، سیب‌زمینی، پنبه، گوجه‌فرنگی، گندم آبی و جو آبی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان داد که بیشترین انرژی ورودی در این مطالعه ناشی از مصرف آب، کود اوره، استفاده از ادوات و نیروی انسانی بود. همچنین بیشترین بهره‌وری انرژی مربوط به جو آبی به مقدار ۳/۱۴ کیلوگرم بر مگاژول و کمترین آن مربوط به گوجه‌فرنگی به مقدار ۰/۵۸ کیلوگرم بر مگاژول بود (Mansourian, 2005).

در مطالعه حاضر شاخص‌های انرژی، اقتصادی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای با هدف بررسی و ارزیابی نظام‌های تولید گوجه‌فرنگی و پیاز در شهرستان‌های استان البرز مورد مطالعه قرار گرفتند.

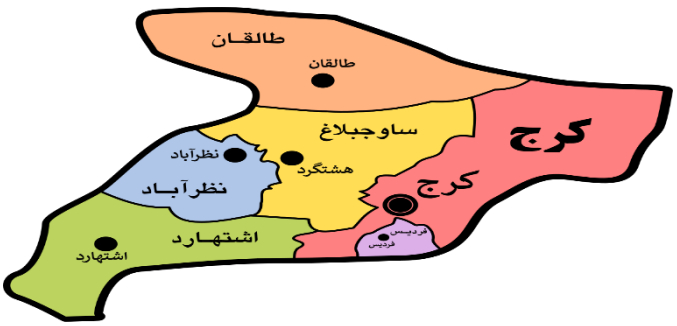
۲. روش‌شناسی پژوهش

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در بازه زمانی سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۱ در شهرستان‌های استان البرز (شکل ۱) صورت پذیرفت. استان البرز دارای ۳۹۲۹۷ هکتار سطح زیر کشت محصولات زراعی می‌باشد که از این مقدار سهم پیاز و گوجه‌فرنگی به‌ترتیب ۲۶۰ و ۵۲۳ هکتار می‌باشد که معادل ۱/۴ و ۰/۷ درصد از سطح زیر کشت کل اراضی زراعی استان است. میزان تولید پیاز و گوجه‌فرنگی در استان البرز به ترتیب برابر با ۱۵۷۲۱ و ۳۳۲۰۹ تن می‌باشد که عملکردی معادل با ۶۰۴۶۶ و ۶۳۴۵۹ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب برای پیاز و گوجه‌فرنگی دارد (آمارنامه جهاد کشاورزی،۱۴۰۰). با استناد به اطلاعات اداره هواشناسی متوسط بارندگی سالیانه درازمدت منطقه ۲۵۰/۶ میلی‌متر است (Nasirpour *et al.*, 2022). به منظور جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز تحقیق شامل اطلاعات کاشت، داشت، برداشت، نوع و میزان نهاده‌های مصرفی، هزینه‌های تولید، عملکرد محصول و سود اقتصادی نسبت به مصاحبه با کشاورزان و تکمیل پرسشنامه برای دو گیاه پیاز و گوجه‌فرنگی در پنج شهرستان استان البرز شامل کرج، ساوجبلاغ، نظرآباد، فردیس و اشتهارد اقدام شد. لازم به ذکر است در این مطالعه پایش نظام تولید در مزارع مدنظر قرار گرفت و تولیدات گلخانه‌ای مورد بررسی قرار نگرفت. برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز گوجه‌فرنگی با ۷۵ کشاورز تولیدکننده (۱۴۰ هکتار سطح زیر کشت محصول در استان) در سطح استان مصاحبه شد و پرسشنامه‌ها تکمیل شدند. همچنین برای تکمیل اطلاعات پیاز نیز با ۴۵ کشاورز تولیدکننده این محصول (۷۵ هکتار سطح زیر کشت محصول در استان) در سطح استان مصاحبه شد. برای پیدا کردن حجم نمونه از فرمول کوکران استفاده شده است (Mansourfar, 1997). کوکران برای محاسبه تعداد نمونه لازم در روش نمونه‌گیری تصادفی فرمول روبرو را ارایه کرده است:

$$n = \frac{Nt^2s^2}{Nd^2+t^2s^2}$$

که در آن N، اندازه جامعه آماری یا تعداد زارعین، t ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال‌بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول t استیودنت به دست می‌آید. S^2 ، برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه، d دقت احتمالی مطلوب و n حجم نمونه مورد مطالعه است. برای انتخاب کشاورزان جهت مصاحبه و تکمیل اطلاعات از کارشناسان جهاد کشاورزی هر منطقه استفاده شد تا اطلاعات جمع‌آوری‌شده میانگینی از تولیدکنندگان در سطح هر منطقه باشند. با توجه به اینکه سطح زیر کشت این دو محصول در شهرستان طالقان پایین بود، این شهرستان مورد مطالعه و بررسی قرار نگرفت. سوالات مطرح‌شده در پرسشنامه شامل تمامی مراحل و هزینه‌ها و نیروی انسانی استفاده شده در آماده سازی زمین قبل از کشت، مرحله کشت شامل میزان و انواع نهاده‌های استفاده‌شده اعم از بذر، کود و سم و همچنین میزان نیروی انسانی استفاده‌شده در مرحله کشت و تمامی هزینه‌های مرحله کشت، مرحله داشت شامل نهاده‌های استفاده‌شده، نیروی انسانی استفاده‌شده، تمامی هزینه‌های مرحله داشت، میزان آب مصرف‌شده از ابتدای کاشت و مرحله برداشت شامل هزینه‌های برداشت به همراه میزان نیروی انسانی استفاده شده در این مرحله و همچنین میزان محصول برداشت‌شده می‌باشد.



شکل ۱. نقشه شهرستان‌های استان البرز.

۲-۲. محاسبه شاخص‌های انرژی

برای محاسبه هر یک از این شاخص‌های انرژی در محصولات مورد مطالعه، انرژی نهاده‌های مصرفی استفاده‌شده در نظام تولید محصولات و عملکرد محصولات با استفاده از ضرایب معادل انرژی آن‌ها (جدول ۱) محاسبه شد (Yousefi *et al*., 2016; Mohammadzadeh *et al*., 2018; Ahmadbeyki *et al*., 2023).

جدول ۱. معادل انرژی ورودی و خروجی در نظام تولید گوجه‌فرنگی و پیاز.

Inputs	Unit	Energy equivalents (MJ unit^{-1})	Reference
Human labor	h	1.96	(Kaab *et al*., 2019)
Machinery	h	62.7	(Yousefi *et al.*, 2016)
Diesel	l	47.8	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2011)
Gasoline	l	46.3	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2011)
Nitrogen	kg	66.14	(Yousefi *et al.*, 2016)
Phosphate	kg	12.44	(Yousefi *et al.*, 2016)
Potassium	kg	11.25	(Yousefi *et al.*, 2016)
Sulphur	kg	1.12	(Pahlavan *et al*., 2012)
Calcium	kg	8.8	(Bakhtiari *et al.*, 2015)
Farmyard manure	kg	0.3	(Mohammadzadeh *et al.*, 2017)
Herbicides	Kg	85	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2011)
Insecticides	Kg	229	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2011)
Fungicides	Kg	115	(Pishgar-Komleh *et al.*, 2011)
Electricity	kwh	12	(Ghasemi-Mobtaker *et al*., 2020)
Water for irrigation	m^3	1.02	(Yousefi *et al.*, 2016)
Tomato seed	kg	3.6	(Mohammadzadeh *et al.*, 2017)
Onion seed	kg	1.6	(Mohammadzadeh *et al.*, 2017)
Output			
Tomato	kg	0.8	(Mohammadzadeh *et al.*, 2017)
Onion	kg	1.6	(Mohammadzadeh *et al.*, 2017)

کارایی مصرف انرژی (معادله ۱):

$$\text{کارایی مصرف انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول در هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)}}$$

بهره‌وری انرژی (معادل ۲):

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)}}$$

انرژی مخصوص (معادله ۳):

$$\text{انرژی مخصوص} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)}}{\text{عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)}}$$

انرژی خالص (معادله ۴):

$$\text{انرژی خالص} = \text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)} - \text{انرژی خروجی (مگاژول در هکتار)}$$

انرژی مصرفی در بخش کشاورزی در گروه‌های مختلف شامل انرژی مستقیم، انرژی غیر مستقیم، انرژی تجدیدپذیر و انرژی تجدیدناپذیر طبقه‌بندی می‌شود. انرژی که به‌صورت مستقیم در مزرعه مصرف می‌شود شامل نیروی انسانی، سوخت و الکتریسیته برای به‌کارانداختن ماشین‌آلات و تجهیزات و همچنین آب آبیاری (آب مصرف‌شده برای تولید محصول) می‌باشد. انرژی غیر مستقیم شامل انرژی مصرفی در بخش‌های تولید کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، تهیه بذر و ساخت ادوات و ماشین‌های کشاورزی است. انرژی تجدیدپذیر شامل نیروی انسانی، آب، کودهای حیوانی و بذر می‌باشد. در مقابل، انرژی تجدیدناپذیر مواردی از قبیل سوخت، انرژی مصرف‌شده در تولید سموم و کودهای شیمیایی، انرژی مصرفی برای ساخت ماشین‌آلات و تولید برق را در برمی‌گیرد (Mohammadzadeh *et al*., 2018 ; Ahmadbeyki *et al*., 2023).

۲-۳. محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای

میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای هر یک از گازهای CO_2، N_2O و CH_4 با توجه به ضرایب آن‌ها و نهاده‌های مصرف‌شده که در جدول ۲ آمده است محاسبه شده و در پایان میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اساس گاز دی‌اکسید کربن برای هر یک از

محصولات مورد مطالعه ذکر شد. میزان برابری هر یک از گازهای N_2O و CH_4 با CO_2 که توسط IPCC (1995) انتشار یافته در جدول ۲ آمده است (Soltani *et al*., 2014 ; Mohammadzadeh *et al*., 2018). میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای فرم خالص کودها در جدول ۲ ذکر شده است.

جدول ۲. میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (گرم) به ازای مصرف هر واحد نهاده ورودی.

Input	CO_2	N_2O	CH_4	Reference
Diesel (l)	3560	0.7	5.2	(Kramer *et al*., 1999)
Gasoline (l)	2320	*	*	(Koga & Tajima, 2011)
Nitrogen (kg)	3100	0.03	3.7	(Snyder *et al*., 2009)
Phosphate (kg)	1000	0.02	1.8	(Snyder *et al*., 2009)
Potassium (kg)	700	0.01	1	(Snyder *et al*., 2009)
Electricity (kwh)	61.2	8.82	0.02	(Tzilivakis *et al*., 2005)
Herbicide (kg)	6300	*	*	(Lal, 2004)
Insecticide (kg)	5100	*	*	(Lal, 2004)
Fungicide (kg)	3900	*	*	(Lal, 2004)
CO_2 equivalence factor	1	310	21	(IPCC, 1995)

۴-۲. شاخص‌های اقتصادی

برای محاسبه شاخص‌های اقتصادی از روابط زیر استفاده شد (Mohammadzadeh *et al*., 2018):

ارزش ناخالص تولیدی (معادله ۵): $\text{ارزش ناخالص تولیدی} = \left(\text{کیلوگرم در هکتار}\right) \text{عملکرد محصول} * \left(\text{دلار}\right) \text{قیمت هر کیلو گرم محصول}$

سود خالص (معادله ۶): $\text{سود خالص} = \text{ارزش ناخالص تولیدی} - \text{کل هزینه تولید}$

نسبت سود به هزینه (معادله ۷): $\text{نسبت سود به هزینه} = \frac{\text{ارزش ناخالص تولیدی}}{\text{کل هزینه تولید}}$

بهره‌وری اقتصادی (معادله ۸): $\text{بهره‌وری اقتصادی} = \frac{\text{عملکرد محصول}}{\text{کل هزینه تولید}}$

قیمت هرکیلوگرم گوجه‌فرنگی و پیاز میانگین فروش تولیدکنندگان در شهرستان‌های استان البرز در کل دوره تولید می‌باشد. برای اعتبارسنجی قیمت‌های اعلام شده توسط کشاورزان، قیمت‌ها با میادین میوه و تره‌بار و جهاد کشاورزی در هر منطقه نیز در دوره تولید مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعه حاضر قیمت دلار ۲۸۵۰۰۰ ریال بر اساس نرخ اعلامی بانک مرکزی به عنوان نرخ رسمی در نظر گرفته شد. همچنین برای رسم نمودارها و جداول از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

اطلاعات نهاده‌های مصرف شده در محصولات مورد مطالعه جهت محاسبه انرژی ورودی و خروجی، شاخص‌ها، انواع انرژی و انرژی هر یک از نهاده‌ها برای استفاده در ارزیابی شاخص‌های انرژی در جدول ۳ ارایه شده است. اعداد به‌دست‌آمده میانگین نهاده‌های ورودی برای تولید گوجه‌فرنگی و پیاز در سطح یک هکتار در شهرستان‌های استان البرز می‌باشند. در رابطه با میزان مصرف کودها با توجه با متفاوت‌بودن کودهای مصرفی توسط کشاورزان فرم خالص استفاده‌شده قید شده است. همچنین برای سموم کشاورزی نیز میزان خالص استفاده‌شده در سطح یک هکتار تولید محصول بیان شده است.

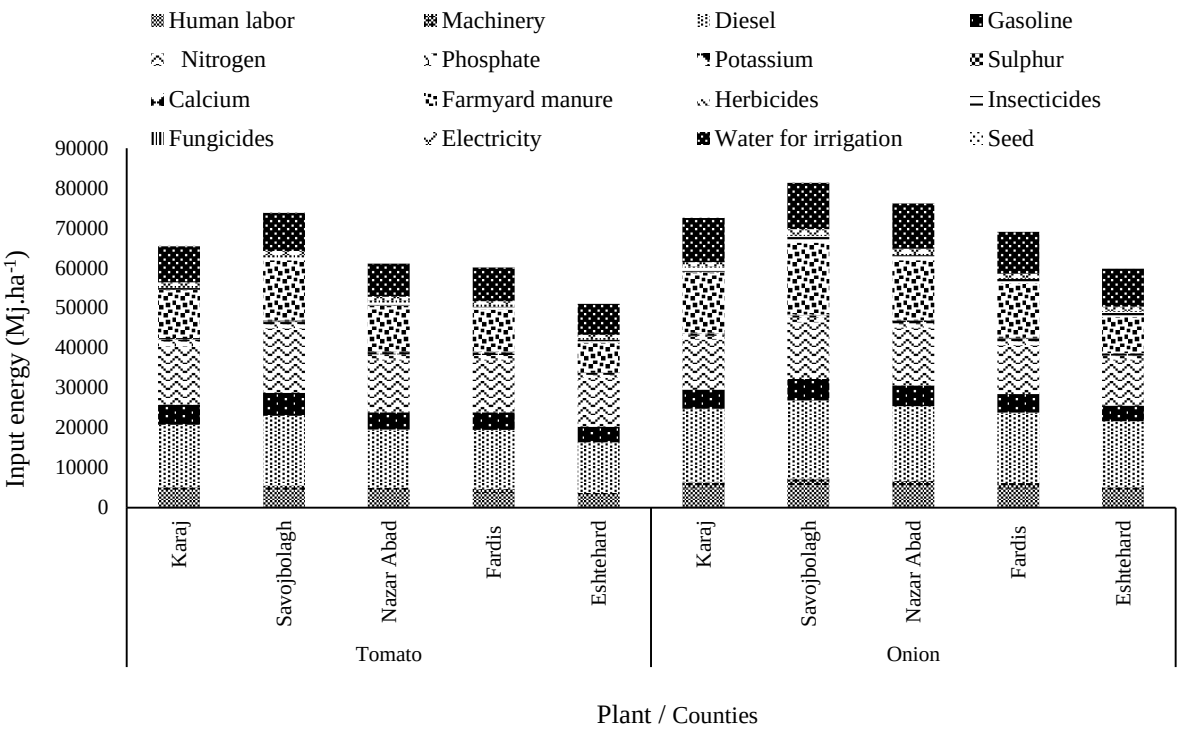
در مطالعه میزان انرژی ورودی در تولید دو محصول گوجه‌فرنگی و پیاز در شهرستان‌های استان البرز مشخص شد که از بین ۱۶ عامل مختلف که در تولید این دو محصول نقش دارند، شش عامل گازوییل، کود شیمیایی نیتروژن، کود دامی، آب مصرفی برای تولید محصول، بنزین و نیروی انسانی سهم بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۲). نتایج مطالعه نشان داد که از بین انرژی‌های ورودی، گازوییل مصرفی که عمدتا برای آماده‌سازی زمین و مراحل داشت محصول استفاده می‌شود، بیشترین میزان ورودی از کل انرژی ورودی را شامل می‌شود؛ به‌طوری‌که در تولید گوجه‌فرنگی به صورت میانگین در استان البرز ۱۴۹۹۹ مگاژول در هکتار از انرژی ورودی مربوط به گازوییل است. بالاترین میزان انرژی ورودی حاصل از گازوییل به مقدار ۱۷۴۴۷ مگاژول در هکتار در ساوجبلاغ به دست آمد که معادل ۲۳/۶ درصد از کل انرژی ورودی در تولید این محصول می‌باشد که نسبت به میانگین

استانی ۱۶/۳۲ درصد بیشتر مصرف شده است. در تولید پیاز نیز به صورت میانگین در استان البرز ۱۸۱۶۴ مگاژول در هکتار از انرژی ورودی مربوط به گازوییل می‌با شد. برای تولید پیاز در شهر ستان ساوجبلاغ گازوییل با ورود ۱۹۵۹۸ مگاژول در هکتار از انرژی کل، نقش ۲۴/۱ در صدی را ایفا می‌کند (شکل ۲) که در مقایسه با کشت گوجه‌فرنگی در کشت پیاز، ۱۱ در صد انرژی بیشتری به صورت گازوییل استفاده می‌شود. کمترین میزان انرژی ورودی حاصل از گازوییل به‌ترتیب در کشت گوجه‌فرنگی و پیاز در شهرستان اشتهارد به میزان ۱۲۶۶۷ و ۱۶۴۹۱ مگاژول در هکتار به دست آمد (شکل ۲) که نسبت به میانگین استانی به‌ترتیب ۱۵/۵۵ و ۹/۲ درصد انرژی کمتری از طریق گازوییل وارد شده است. نتایج مطالعات گذشته نیز نشان می‌دهد که گازوییل بالاترین سهم از میزان انرژی ورودی کل را داشته است (Khoshnevisan *et al*., 2013, 2014). نتایج مطالعه مشابهی روی گوجه فرنگی و پیاز نیز نشان داد که برای تولید پیاز نیاز به ۵۰۸/۵ لیتر در هکتار سوخت گازوییل می‌با شد که برابر با ۲۴۳۰۶ مگاژول انرژی در هکتار است که این مقدار از انرژی ۲۷/۷ در صد از انرژی ورودی کل را شامل می شود. همچنین در این مطالعه میزان انرژی ورودی برای کشت گوجه‌فرنگی از گازوییل برابر ۱۶۹۱۰ مگاژول در هکتار بود که سهم ۲۴/۹ درصدی از انرژی ورودی کل را داشت. علت مصرف بالای گازوییل در پیاز در مطالعه فوق استفاده از این سوخت برای پمپاژ آب از چاه‌ها ذکر شده که با توجه به نیاز بالای آبی پیاز همین امر موجب افزایش مصرف سوخت در تولید پیاز شده است (Mohammadzadeh *et al.*, 2017).

جدول ۳. نهاده‌های مصرف‌شده در گوجه‌فرنگی و پیاز در شهرستان‌های استان البرز.

Inputs	Uuit		Karaj	Savojbolagh	Nazar Abad	Fardis	Eshtehard
Human labor	h	Tomato	2078	2200	1930	1875	1390
		Onion	2435	2830	2640	2380	1940
Machinery	h	Tomato	17	19.5	18	16.5	15
		Onion	25	27	25	23	21
Diesel	l	Tomato	326	365	305	308	265
		Onion	385	410	390	370	345
Gasoline	l	Tomato	110	125	95	95	85
		Onion	104	115	112	100	85
Nitrogen	kg	Tomato	220	245	200	200	185
		Onion	190	215	220	185	175
Phosphate	kg	Tomato	94	72	98	95	60
		Onion	71	95	80	80	75
Potassium	kg	Tomato	52	55	55	50	40
		Onion	55	55	60	60	50
Sulphur	kg	Tomato	87.5	100	55	75	30
		Onion	87.5	90	60	50	35
Calcium	kg	Tomato	26	35	20	22	10
		Onion	21	12	10	15	8
Farmyard manure	kg	Tomato	40000	50000	38000	35000	25000
		Onion	50000	60000	50000	45000	30000
Herbicides	kg	Tomato	1	1	0.7	1.2	0.3
		Onion	2.4	2.8	3	2	2.2
Insecticides	kg	Tomato	2.1	2.8	3	2.7	3
		Onion	4.5	6	4.5	5	5
Fungicides	kg	Tomato	4.8	5	5.2	5	4
		Onion	2.5	3	2.5	2	2
Electricity	kwh	Tomato	73	88	70	67	63
		Onion	90	115	107	84	83
Water for irrigation	m3	Tomato	8880	9350	8200	8350	7600
		Onion	10800	11360	11200	10300	9360
Seed	kg	Tomato	0.7	0.9	1	0.8	0.9
		Onion	8.5	10.5	9.5	9	8
Output	kg	Tomato	65000	70000	59500	58000	44500
		Onion	58000	66000	61000	57000	47500

نتایج بررسی نشان داد که پس از گازوییل، کود شیمیایی نیتروژن و کود دامی بالاترین میزان از انرژی ورودی کل را در کشت گوجه‌فرنگی و پیاز داشتند. متوسط انرژی ورودی کود شیمیایی نیتروژن و کود دامی در استان البرز برای گوجه‌فرنگی به‌ترتیب به مقدار ۱۳۸۸۹ و ۱۱۲۸۰ مگاژول در هکتار می‌باشد. برای پیاز نیز این مقدار برابر با ۱۳۰۲۹ و ۱۴۱۰۰ مگاژول در هکتار برای استان البرز به دست آمد.



شکل ۲. سهم ورودی‌های مختلف انرژی در کشت گوجه‌فرنگی و پیاز از کل انرژی ورودی در شهرستان‌های استان البرز.

در کشت گوجه‌فرنگی بالاترین میزان ورود انرژی حاصل از مصرف کود شیمیایی نیتروژن و کود دامی در شهرستان ساوجبلاغ به دست آمد که به‌ترتیب ۲۲ و ۲۰/۳ درصد از کل انرژی ورودی در تولید گوجه‌فرنگی را به خود اختصاص دادند (شکل ۲) که در مقایسه با میانگین استانی به‌ترتیب ۱۶/۶۶ و ۳۳ درصد بیشتر می‌باشند. در تولید پیاز مصرف کود شیمیایی نیتروژن در نظرآباد، بالاترین میزان انرژی ورودی را به خود اختصاص می‌دهد؛ به‌طوری‌که ۱۹/۱ درصد از کل انرژی را شامل می‌شود و نسبت به میانگین استانی ۱۱/۶۷ درصد بیشتر می‌باشد. مصرف کود دامی در تولید پیاز با ۱۸۰۰۰ مگاژول در هکتار انرژی از کل انرژی ورودی، ۲۲/۱ در صد از کل انرژی ورودی را شامل می شود (شکل ۲) و در مقایسه با میانگین استانی نیز ۲۷/۶۵ در صد بیشتر مصرف شده است. کمترین میزان انرژی ورودی حاصل از مصرف کود شیمیایی نیتروژن در کشت گوجه‌فرنگی و پیاز در شهرستان اشتهارد به دست آمد که به‌ترتیب ۲۴ و ۱۹/۳ درصد از انرژی ورودی کل را تامین می‌کنند (شکل ۲) که در مقایسه با میانگین کود شیمیایی نیتروژن استفاده‌شده در استان البرز به‌ترتیب در گوجه‌فرنگی و پیاز ۱۲ و ۱۱/۲ درصد کمتر می‌باشد. نشان داده شده که در تولید گوجه‌فرنگی در گلخانه نیز کودهای شیمیایی با ۳۸/۲ درصد از کل انرژی ورودی سهم قابل توجهی از میزان کل انرژی را به خود اختصاص می‌دهند (Taki *et al.*, 2013). سایر کودهای استفاده شده در تولید گوجه‌فرنگی و پیاز در مقایسه با کود نیتروژن و کود دامی نقش اندکی از میزان انرژی ورودی کل را دارند؛ به‌طوری‌که نتایج مطالعه نشان داد که میانگین انرژی ورودی در استان البرز از طریق کودهای فسفر، پتاس، گوگرد و کلسیم برای گوجه‌فرنگی به‌ترتیب به مقدار ۱۰۴۲، ۵۶۱، ۷۷ و ۱۹۸ مگاژول در هکتار می‌باشد. همچنین برای پیاز نیز میانگین استانی انرژی ورودی از طریق این کودها به‌ترتیب برابر با ۹۹۷، ۶۲۴، ۷۲ و ۱۱۶ مگاژول در هکتار به دست آمد. بالاترین میزان انرژی ورودی حاصل از مصرف کود فسفر درکشت گوجه‌فرنگی و پیاز در شهرستان‌های نظرآباد و ساوجبلاغ به دست آمد که به‌ترتیب سهم ۱/۹۹ و ۱/۴۵ درصدی از انرژی ورودی کل را داشتند (شکل ۲) و در مقایسه با میانگین استانی به‌ترتیب ۱۷ و ۱۸/۵۳ درصد بیشتر بوده است. برای کود پتاس نیز بالاترین انرژی ورودی برای هر دو محصول معادل ۶۱۳/۳ مگاژول در هکتار در شهرستان ساوجبلاغ به دست آمد که سهمی کمتر از یک درصد از انرژی ورودی کل راه به خود اختصاص می‌دهد که در مقایسه با میانگین استانی برای گوجه‌فرنگی و پیاز به‌ترتیب

۱۲/۴۷ و ۱/۱۲ در صد بیشتر است. کودهای گوگرد و کلسیم استفاده شده در تولید گوجه‌فرنگی و پیاز نیز سهم قابل توجهی از انرژی ورودی کل را به خود اختصاص ندادند؛ به‌طوری‌که در تمامی شهرستان‌ها در بیشترین حالت نقشی کمتر از ۰/۵ درصد از انرژی ورودی کل را داشتند (شکل ۱). در مطالعه‌ای که در آنتالیای ترکیه روی الگوی مصرف انرژی گوجه‌فرنگی انجام شد نیز نشان داده شد که که بیشترین مقدار انرژی مصرف‌شده شامل کودهای شیمیایی (۳۸/۲ درصد)، الکتریسیته (۲۷/۰۹ درصد)، کود آلی (۱۷/۳ در صد) و سوخت دیزل (۱۳/۶ در صد) بود (Ozkan *et al*., 2011). در سایر مطالعات نیز نشان داده شده است که بالاترین میزان انرژی ورودی (گوجه‌فرنگی، پیاز، سیب‌زمینی) از طریق کودهای شیمیایی به‌ترتیب به نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد اختصاص دارد (Mohammadzadeh *et al*., 2017; Mousavi-Avval *et al*., 2011). همچنین نشان داده شده است که میزان انرژی ورودی از طریق کود شیمیایی نیتروژن برای هویج معادل ۳۰/۳ درصد از انرژی کل (Mohammadzadeh *et al*., 2017)، برای گوجه‌فرنگی ۴۱/۱۹ درصد از انرژی ورودی کل (Jadidi *et al*., 2012)، و برای سیب‌زمینی نیز معادل ۴۰ در صد از انرژی ورودی کل بود (Pishgar-Komleh *et al*., 2012). گزارش شده است که میزان انرژی ورودی از طریق کود دامی برای گوجه‌فرنگی معادل ۱۸/۳۶ درصد از انرژی ورودی کل (Kuswardhani *et al*., 2013)، هویج معادل ۱۰/۲ درصد از انرژی ورودی کل (Mohammadzadeh *et al*., 2017) و برای پیاز ۶/۸۱ درصد از انرژی ورودی کل می‌باشد (Hassanzadeh Aval & Rezvani Moghaddam, 2013). میانگین انرژی ورودی در استان البرز به واسطه آب مصرفی برای گوجه‌فرنگی و پیاز به‌ترتیب به مقدار ۸۶۴۵ و ۱۰۸۱۶ مگاژول در هکتار می‌باشد. در رابطه با انرژی ورودی حاصل از آب مصرفی (میزان آب مصرف‌شده برای تولید محصول) مشاهده شد که بیشترین انرژی ورودی در شهرستان ساوجبلاغ برای کشت هر دو محصول گوجه‌فرنگی و پیاز به‌ترتیب به میزان ۹۵۳۷ و ۱۱۵۸۷/۲ مگاژول در هکتار به دست آمد که ۱۲/۹ و ۱۴/۲ درصد از انرژی ورودی کل را شامل می‌شود و نسبت به میانگین استانی نیز به‌ترتیب ۱۰/۳۱ و ۷/۱۲ درصد بیشتر است. همچنین کمترین میزان از انرژی ورودی حاصل از مصرف آب برای دو محصول در شهرستان اشتهارد به دست آمد که به‌ترتیب برای کشت گوجه فرنگی و پیاز دارای سهم ۱۵/۲ و ۱۶ در صدی از انرژی ورودی کل می‌باشد و در مقایسه با میانگین مصرف آب در استان البرز برای گوجه‌فرنگی و پیاز به‌ترتیب ۱۰/۴ و ۱۱/۷ در صد انرژی کمتری از این طریق مصرف شده است (شکل ۲). در تولید گوجه فرنگی و پیاز بنزین نیز نقش قابل توجهی در میزان انرژی ورودی کل را دارد؛ به‌طوری‌که میانگین انرژی ورودی از طریق این عامل برای گوجه‌فرنگی و پیاز در استان البرز به‌ترتیب ۴۷۲۲ و ۴۷۷۸ مگاژول در هکتار بود. بالاترین میزان انرژی ورودی حاصل از مصرف بنزین در کشت گوجه‌فرنگی معادل ۷/۸ درصد از انرژی کل ورودی در شهرستان ساوجبلاغ به دست آمد که نسبت به میانگین استان ۲۲/۵ درصد بیشتر است. همچنین در تولید پیاز بیشترین انرژی ورودی حاصل از بنزین در شهرستان ساوجبلاغ به دست آمد که ۶/۵ درصد از انرژی ورودی کل را تشکیل داده و در مقایسه با میانگین استان البرز نیز ۱۱/۴۲ درصد بیشتر مصرف شده است (شکل ۲). در رابطه با میزان انرژی ورودی از طریق الکتریسیته (انرژی مصرف‌شده برای پمپاژ آب) نتایج مطالعه نشان داد که در کشت گوجه‌فرنگی بیشترین میزان انرژی ورودی در ساوجبلاغ معادل ۱/۴ درصد از انرژی ورودی کل را شامل می‌شود و پایین‌ترین میزان انرژی ورودی در اشتهارد ۱/۵ درصد از انرژی ورودی را به خود اختصاص داد که در مقایسه با میانگین استانی (۸۶۶ مگاژول در هکتار) به‌ترتیب ۲۱/۹ و ۱۲/۷ درصد افزایش و کاهش را نشان می‌دهد. در تولید پیاز نیز به طور متوسط در استان البرز ۱۱۴۹ مگاژول از انرژی ورودی از طریق الکتریسیته تامین می‌شود. برای تولید پیاز نیز بالاترین و پایین‌ترین میزان انرژی ورودی از طریق الکتریسیته در ساوجبلاغ و اشتهارد به دست آمد که ۱/۷ درصد از انرژی ورودی کل را شامل می‌شود و در مقایسه با میانگین استانی به‌ترتیب ۲۰/۱۰ و ۱۳/۴ درصد افزایش و کاهش مصرف را نشان می‌دهد (شکل ۲). گزارش شده است که میزان انرژی ورودی برای تولید پیاز از طریق الکتریسیته (انرژی مصرف شده برای پمپاژ آب) و آب آبیاری (آب مصرف شده برای آبیاری) به‌ترتیب معادل ۷۶۵۰ و ۱۱۸۹۷/۷ مگاژول در هکتار بود (Mohammadzadeh *et al*., 2017). در تولید گوجه‌فرنگی و پیاز نیروی انسانی از عوامل موثر و مهم در میزان انرژی ورودی کل می‌باشد؛ به‌طوری‌که در استان البرز به صورت میانگین انرژی ورودی به واسطه نیروی انسانی برای تولید گوجه‌فرنگی و پیاز به‌ترتیب به مقدار ۳۷۱۳ و ۴۷۸۶ مگاژول در هکتار می‌باشد. نتایج بررسی نشان داد که بیشترین نیروی انسانی مورد استفاده در گوجه‌فرنگی ۲۲۰۰ ساعت (جدول ۳) و در پیاز ۲۸۳۰ ساعت

(جدول ۳) در شهر ستان ساوجبلاغ می‌با شد که این میزان برابر با ۴۳۱۲ و ۵۵۴۶/۸ مگاژول در هکتار می‌با شد که به‌ترتیب در گوجه‌فرنگی و پیاز معادل ۵/۸ و ۶/۸درصد از انرژی ورودی کل را شامل می‌شود و در مقایسه با میانگین استانی ۱۶/۱۳ و ۱۵/۸۹ در صد بیشتر ا ست. همچنین کمترین میزان نیروی انسانی ا ستفاده شده در گوجه‌فرنگی و پیاز در شهر ستان ا شتهارد به‌ترتیب به میزان ۱۳۹۰ و ۱۹۴۰ ساعت در هکتار به دست آمد که در مقایسه با میانگین انرژی ورودی در استان البرز به‌ترتیب ۲۶/۶ و ۲۰/۵ در صد کمتر می‌با شد (جدول ۳). در مطالعه‌ای م شابه میزان انرژی ورودی حا صل از نیروی انسانی در پیاز و گوجه‌فرنگی به‌ترتیب برابر ۳۷۶۶/۶ و ۲۷۸۸/۴ مگاژول در هکتار گزارش شده است (Mohammadzadeh *et al*., 2017). مقایسه استفاده از ماشین‌آلات در گوجه‌فرنگی و پیاز نشـان داد که به صـورت میانگین در اسـتان البرز انرژی ورودی برای تولید این دو محصـول به واسـطه ماشین‌آلات به‌ترتیب معادل ۱۰۷۸ و ۱۵۱۷ مگاژول در هکتار است. بیشترین استفاده از ماشین‌آلات (میزان کارکرد ماشین‌آلات در تولید محصـول) در این دو گیاه به‌ترتیب به میزان ۱۹/۵ و ۲۷ سـاعت در هکتار در سـاوجبلاغ به دسـت آمد (جدول ۳) که این معادل دو در صد از انرژی ورودی کل می‌با شد و در مقایسه با میانگین ا ستانی در گوجه‌فرنگی و پیاز ۱۳/۴۲ و ۱۱/۶ در صد بیشتر اسـت (شـکل ۱). همچنین کمترین میزان اسـتفاده از ادوات کشـاورزی در تولید گوجه‌فرنگی و پیاز به میزان ۱۵ و ۲۱ سـاعت به ترتیب در شهر ستان ا شتهارد ثبت شد که در مقایسه با میانگین ا ستانی به‌ترتیب در گوجه‌فرنگی و پیاز ۱۲/۷ و ۱۳/۲ در صد کمتر است (جدول ۳). بررسی میزان انرژی ورودی از طریق سموم استفاده‌شده نشان داد که هر کدام از این سموم از کل انرژی ورودی سهم کوچکی دارند که در اکثر موارد کمتر از یک در صد از انرژی کل می‌با شد و در بین سموم نیز حشره‌کش‌ها نسبت به سایر سـموم سـهم بیشـتری از انرژی مصـرفی دارند؛ به‌طوری‌که در کشـت گوجه‌فرنگی و پیاز به‌ترتیب بالاترین انرژی ورودی در شهرستان‌های نظرآباد و ساوجبلاغ به دست آمد که ۱/۱ و ۱/۷ درصد از انرژی ورودی را شامل می‌شود (شکل ۱). میانگین انرژی ورودی از طریق سـموم حشـره کشـت در اسـتان البرز برای گوجه‌فرنگی و پیاز به‌ترتیب معادل ۶۲۲ و ۱۱۴۵ مگاژول در هکتار می‌باشد. در بررسی میزان انرژی ورودی از طریق بذر نیز مشخص شد که این عامل نقش قابل توجهی در انرژی ورودی در کشت گوجه‌فرنگی و پیاز ندارد و در بیشترین حالت ۰/۰۲ درصد از انرژی ورودی کل را شامل می‌شود (شکل ۱)؛ به‌طوری‌که به صورت میانگین در گوجه‌فرنگی و پیاز در اسـتان البرز میزان انرژی ورودی از طریق بذر ۲/۹۸ و ۱۴/۵۶ مگاژول در هکتار می‌باشـد. میانگین میزان انرژی ورودی، خروجی و خالص کل در اسـتان البرز برای گوجه‌فرنگی به‌ترتیب ۶۲۳۲۵، ۴۷۵۲۰ و ۱۴۸۰۵- مگاژول در هکتار بود. برای پیاز نیز این مقدار به‌ترتیب ۷۱۸۰۳، ۹۲۶۴۰ و ۲۰۸۳۷ بود. بالاترین میزان از انرژی ورودی برای گوجه‌فرنگی و پیاز به‌ترتیب به مقدار ۷۳۷۹۹/۸ و ۸۱۳۲۴/۸ مگاژول در هکتار در سـاوجبلاغ به دسـت آمد که نسـبت به میانگین استانی به‌ترتیب ۱۸/۴۱ و ۱۳/۲۶درصد بیشتر است. همچنین نتایج نشان داد که کمترین میزان از انرژی ورودی برای گوجه‌فرنگی و پیاز به‌ترتیب به میزان ۵۱۰۰۰/۹ و ۵۹۸۳۸/۲ مگاژول در هکتار در شهر ستان ا شتهارد به دست آمد (جدول ۴) که در مقایسه با میانگین ا ستانی به‌ترتیب ۱۸/۲ و ۱۶/۷ در صد کمتر می‌با شد. در مطالعه روی گوجه‌فرنگی ن شان داده شد که میانگین عملکرد و انرژی ورودی به‌ترتیب ۵۷۹۰۵/۱ کیلوگرم بر هکتار و ۶۱۴۳۴/۵ مگاژول در هکتار بودند (Ozkan *et al*., 2011). همچنین بررسی میزان انرژی خروجی نشـان داد که بیشـترین میزان انرژی خروجی برای گوجه‌فرنگی برابر با ۵۶۰۰۰ مگاژول در هکتار در ساوجبلاغ ثبت شد که ن سبت به میانگین ا ستانی ۱۷/۸۴ در صد بی شتر ا ست و برای پیاز نیز بی شترین میزان انرژی خروجی در ساوجبلاغ به میزان ۱۰۵۶۰۰ مگاژول در هکتار به د ست آمد (جدول ۴) که در مقای سه با میانگین انرژی خروجی حا صل از تولید پیاز در ا ستان البرز ۱۳/۹۸ در صد بی شتر ا ست. نتایج مطالعه ن شان داد که میزان انرژی خالص برای تولید گوجه‌فرنگی در تمامی شهر ستان‌ها به علت اینکه انرژی خروجی کمتر از انرژی ورودی می‌با شد منفی شده ا ست و بالاترین انرژی خالص تولید گوجه فرنگی به میزان ۱۳۴۹۵/۴- مگاژول در هکتار در شهرستان کرج به دست آمد؛ درحالی‌که در پیاز بیشترین انرژی خالص به میزان ۲۴۲۷۵/۳ مگاژول در هکتار در ساوجبلاغ ثبت شد (جدول ۴) که در مقایسه با میانگین ا ستانی انرژی خالص ۱۶/۵ در صد بیشتر اسـت. در بررسـی جریان انرژی در تولید گوجه‌فرنگی و خیار در گلخانه نشـان داده شـد که میزان انرژی ورودی در تولید این دو محصول به‌ترتیب برابر با ۴۱۲۹۱۱/۹۹ و ۴۰۵۴۰۵/۷۵ مگاژول در هکتار می‌با شد. همچنین میزان انرژی خروجی در گوجه‌فرنگی و خیار به‌ترتیب برابر با ۲۲۸۲۸۱/۳۷ و ۱۰۴۹۸۲/۹۴ مگاژول در هکتار به د ست آمد. بر ا ساس نتایج این مطالعه م شخص شد که

از بین عوامل موثر در تولید، سوخت دیزلی، الکتریسیته، نیتروژن و نیروی انسانی به‌ترتیب ۶۰، ۱۲، ۱۱ و هشت درصد از کل انرژی ورودی در تولید گوجه‌فرنگی را به عهده دارند و کود فسفات و بذر کمترین میزان انرژی ورودی را داشتند (Ahmadbeyki *et al*., 2023). در بررسی کارایی مصرف انرژی در گوجه‌فرنگی و پیاز بالاترین کارایی مصرف انرژی به‌ترتیب به میزان ۱/۴ و ۱/۳۲ در شهرستان‌های اشتهارد و فردیس به دست آمد (جدول ۴) که نسبت به میانگین استانی کارایی مصرف انرژی گوجه‌فرنگی (۱/۳۲) و پیاز (۱/۲۸) به‌ترتیب شش و ۳/۱۲ درصد بیشتر است. همچنین در مورد انرژی مخصوص نیز مشاهده شد که در گوجه‌فرنگی بالاترین انرژی مخصوص به میزان ۱/۱ مگاژول بر کیلوگرم در اشتهارد ثبت شد که در مقایسه با میانگین استانی (۱/۰۲ مگاژول بر کیلوگرم) ۷/۸۴ در صد بیشتر است و برای پیاز این مقدار برابر با ۱/۲۵ مگاژول بر کیلوگرم در شهرستان‌های کرج و اشتهارد به دست آمد (جدول ۴) که نسبت به میانگین استانی انرژی مخصوص در پیاز (۱/۲۳ مگاژول بر کیلوگرم) ۱/۶۲ درصد بیشتر است. در مورد بهره‌وری انرژی نیز در گوجه‌فرنگی بالاترین مقدار در شهرستان کرج به مقدار ۰/۹۹ کیلوگرم بر مگاژول به دست آمد که نسبت به میانگین استانی (۰/۹۴ کیلوگرم بر مگاژول) ۵/۳۱ درصد بیشتر بوده و برای پیاز به میزان ۰/۸۲ کیلوگرم بر مگاژول در شهرستان فردیس ثبت شد (جدول ۵) که در مقایسه با میانگین استانی (۰/۸ کیلوگرم بر مگاژول) ۲/۵ درصد بیشتر است. گزارش شده است که بهره‌وری انرژی و انرژی مخصوص در گوجه‌فرنگی به‌ترتیب ۰/۶۹ کیلوگرم بر مگاژول و ۱/۴۵ مگاژول بر کیلوگرم در هکتار ثبت شده است. همچنین کارایی مصرف انرژی تولید گوجه‌فرنگی در گلخانه ۰/۵۵ گزارش شده است (Ahmadbeyki *et al*., 2023). در مطالعه روی گوجه‌فرنگی کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی و انرژی مخصوص به‌ترتیب ۰/۹۲ ، ۱/۱۶ کیلوگرم بر مگاژول و ۰/۸۶ مگاژول بر کیلوگرم گزارش شد (Taki *et al*., 2013). در مطالعه روی گوجه‌فرنگی و پیاز میزان انرژی ورودی به‌ترتیب ۶۷۹۱۵ و ۸۷۵۵۶ مگاژول در هکتار گزارش شد. همچنین در این مطالعه میزان انرژی خروجی نیز به‌ترتیب برای گوجه‌فرنگی و پیاز برابر با ۴۱۷۱۴ و ۷۹۶۰۰ مگاژول در هکتار بود، بنابراین در هر دوی این گیاهان میزان انرژی خالص منفی بود. همچنین در این مطالعه میزان کارایی مصرف انرژی، انرژی مخصوص و بهره‌وری انرژی برای گوجه‌فرنگی ۱/۶، ۰/۸ مگاژول بر کیلوگرم و ۰/۷۷ کیلوگرم بر مگاژول ثبت شد و برای پیاز نیز به ترتیب ۰/۹ ، ۱/۶ مگاژول بر کیلوگرم و ۰/۵۶ کیلوگرم بر مگاژول گزارش شد (Mohammadzadeh *et al*., 2017). در بررسی و مقایسه اشکال مختلف انرژی که در تولید گوجه‌فرنگی و پیاز در شهرستان‌های استان البرز مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج نشان داد که در همهٔ موارد انرژی مستقیم و انرژی تجدیدناپذیر سهم بیش از ۵۰ درصدی را به خود اختصاص داده‌اند؛ به‌طوری‌که میانگین استانی انرژی مستقیم و غیر مستقیم برای گوجه‌فرنگی برابر با ۳۲۹۴۷ و ۲۹۳۷۸ مگاژول در هکتار بود. برای پیاز نیز میانگین استانی انرژی مستقیم و غیر مستقیم معادل ۳۹۶۹۹ و ۳۲۱۰۳ مگاژول در هکتار بود. بالاترین انرژی ورودی مستقیم در گوجه‌فرنگی و پیاز در ساوجبلاغ به‌ترتیب به میزان ۳۸۱۳۹/۵ و ۴۳۴۳۶/۵ مگاژول در هکتار به دست آمد که معادل ۵۱/۶۷ و ۵۳/۴۱ درصد از انرژی ورودی کل می‌باشند (جدول ۴) و در مقایسه با میانگین استانی به‌ترتیب ۱۵/۷۶ و ۹/۴۱ در صد بیشتر است. همچنین در بررسی انرژی تجدیدناپذیر نیز مشخص شد که میانگین استانی این انرژی برای گوجه‌فرنگی و پیاز به‌ترتیب ۴۹۹۶۳ و ۴۲۰۸۰ مگاژول در هکتار بود. در هر دو محصول گوجه‌فرنگی و پیاز بالاترین مقدار انرژی تجدیدناپذیر در شهرستان ساوجبلاغ به میزان ۵۹۹۴۷/۶ و ۴۶۱۷۴ مگاژول در هکتار به دست آمد که برابر با ۸۱/۲۳ و ۵۶/۷۸ درصد از انرژی ورودی کل می‌باشد (جدول ۴) و در مقایسه با میانگین استانی در گوجه‌فرنگی و پیاز به‌ترتیب ۱۹/۹۸ و ۹/۷۲ درصد بیشتر است. مطالعه روی گوجه‌فرنگی نشان داد که از مجموع ۱۱۶۷۶۸ مگاژول در هکتار انرژی ورودی برای تولید یک هکتار گوجه‌فرنگی به‌ترتیب انرژی مستقیم، غیر مستقیم، انرژی تجدیدپذیر و انرژی تجدیدناپذیر ۶۶، ۳۴، ۱۹ و ۸۱ درصد انرژی کل را به خود اختصاص داده‌اند (Taki *et al*., 2013). در مطالعه دیگری روی گوجه‌فرنگی و پیاز نیز نتایج مشابهی به دست آمد؛ به‌طوری‌که انرژی مستقیم، غیر مستقیم، انرژی تجدیدپذیر و انرژی تجدیدناپذیر در گوجه‌فرنگی به‌ترتیب ۶۱/۲، ۳۸/۸، ۱۷/۴ و ۸۲/۶ درصد از انرژی ورودی کل را تشکیل دادند. همچنین برای پیاز نیز این اعداد به‌ترتیب ۶۴، ۳۶، ۱۹ و ۸۱ درصد بودند (Mohammadzadeh *et al*., 2017). در سایر مطالعات نیز نتایج مشابهی گزارش شده است (Ghasemi Mobtaker *et al*., 2012; Jadidi *et al*., 2012). علت اینکه در پیاز میزان انرژی تجدیدناپذیر کمتر از گوجه‌فرنگی می‌باشد به دلیل استفاده بیشتر از نیروی

انسانی، مصرف آب بالاتر و همچنین مصرف کودهای حیوانی بیشتر در این محصول می‌باشد که سبب شده انرژی تجدیدپذیر در پیاز نسبت به گوجه‌فرنگی به صورت قابل توجهی افزایش یابد که در نهایت این امر موجب کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی خواهد شد. بنابراین در کشت محصولات کشاورزی و الگوی کشت محصولات یک منطقه هر عاملی که از سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر کاسته و به سهم انرژی‌های تجدیدپذیر افزوده شود به پایداری تولید کشاورزی و سلامت محیط زیست کمک می‌کند که از آن جمله می‌توان به استفاده و جایگزین‌کردن کودهای آلی و حیوانی در مقایسه با کودهای شیمیایی اشاره کرد. همچنین مدرن‌کردن سیستم‌های آبیاری که در نهایت به علت مصرف آب کمتر سبب کاهش مصرف سوخت و الکتریسیته می شود نیز می‌تواند در این بین نقش موثری داشته باشد.

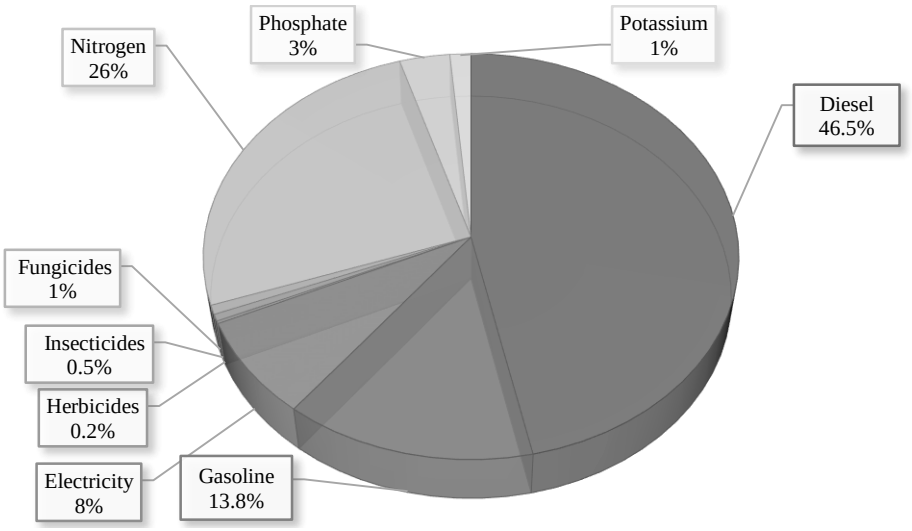
جدول ٤. شاخص‌ها و انواع مختلف انرژی در تولید گوجه‌فرنگی و پیاز در شهرستان‌های استان البرز.

Indicator	Unit		Karaj	Savojbolagh	Nazar Abad	Fardis	Eshtehard
Inputs energy	$Mj.ha^{-1}$	Tomato	65495.4	73799.8	61138.8	60194.4	51000.9
		Onion	72535.8	81324.8	76235.9	69084.4	59838.2
Output energy	$Mj.ha^{-1}$	Tomato	52000	56000	47600	46400	35600
		Onion	92800	105600	97600	91200	76000
Net energy	$Mj.ha^{-1}$	Tomato	-13495.4	-17799.8	-13538.8	-13794.4	-15400.9
		Onion	20264.2	24275.3	21364.1	22115.6	16161.8
Energy use efficiency	-	Tomato	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4
		Onion	1.27	1.29	1.28	1.32	1.27
Specific energy	$Mj.kg^{-1}$	Tomato	1	1.1	1	1	1.1
		Onion	1.25	1.23	1.24	1.21	1.25
Energy productivity	$Kg.mj^{-1}$	Tomato	0.99	0.94	0.97	0.96	0.87
		Onion	0.79	0.81	0.8	0.82	0.79
Forms of energy							
Direct energy	$Mj.ha^{-1}$	Tomato	34682.3 (52.95%)	38139.5 (51.67%)	31964.3 (52.28%)	32116.9 (53.35%)	27834.9 (54.57%)
		Onion	40086.8 (55.26%)	43436.5 (53.41%)	41710 (54.71%)	38494.8 (55.72%)	34772.1 (58.11%)
Indirect energy	$Mj.ha^{-1}$	Tomato	30813.1 (47.05%)	35660.3 (48.33%)	29174.5 (47.72%)	28077.5 (46.65%)	23166 (45.43%)
		Onion	32449 (44.74%)	37888.3 (46.59%)	34525.9 (45.29%)	30589.6 (44.28%)	25066.1 (41.89%)
Renewable energy	$Mj.ha^{-1}$	Tomato	13133 (20.05%)	13852.2 (18.77%)	12150.2 (19.87%)	12194.7 (20.25%)	10479.5 (20.54%)
		Onion	30802.2 (42.46%)	35150.8 (43.22%)	31613.6 (41.46%)	28685.2 (41.52%)	22362.4 (37.37%)
Non-renewable energy	$Mj.ha^{-1}$	Tomato	52364.4 (79.95%)	59947.6 (81.23%)	48988.6 (80.13%)	47999.5 (79.75%)	40521.4 (79.46%)
		Onion	41733.6 (57.54%)	46174 (56.78%)	44622.3 (58.54%)	40399.2 (58.48%)	37475.8 (62.63%)

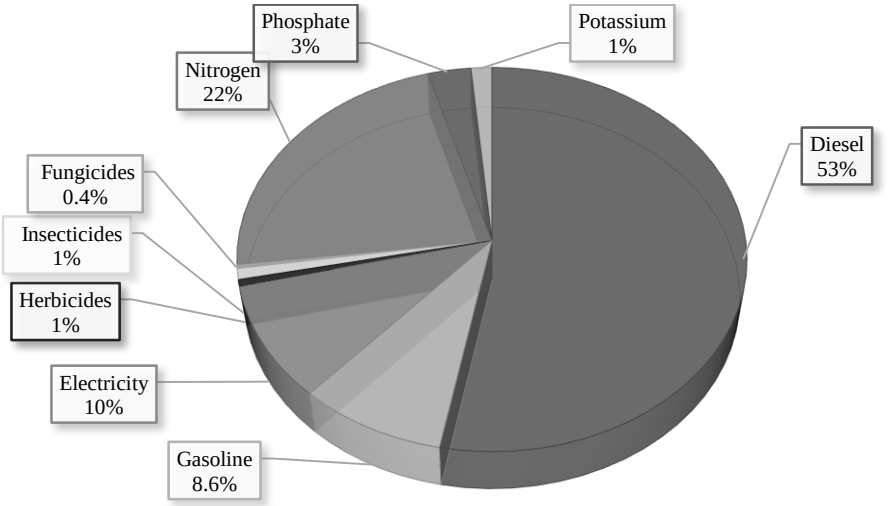
۱-۳. پتانسیل انتشار گازهای گلخانه‌ای

مطالعه پتانسیل انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف نهاده‌های تولید در دو محصول گوجه‌فرنگی و پیاز نشان داد که از بین عوامل موثر در انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گوجه‌فرنگی به صورت میانگین در استان البرز چهار عامل گازوییل، کود شیمیایی نیتروژن، بنزین و الکتریسیته به‌ترتیب ۴۶/۵، ۲۶، ۱۳/۸ و هشت درصد در انتشار گازهای گلخانه‌ای نقش دارند که این موضوع نشان می‌دهد این عوامل نزدیک به ۹۵ درصد در انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید گوجه‌فرنگی موثر می‌باشند (شکل ۳). بنابراین می‌توان با بهبود روش‌های خاک‌ورزی یا استفاده از ادواتی که سبب کاهش مصرف سوخت شود، جایگزینی سوخت‌های دیگر مانند اتانول و سوخت‌های زیستی و همچنین جایگزینی کودهای دامی با کودهای شیمیایی و استفاده از روش‌های نوین آبیاری که در نهایت موجب کاهش استفاده از الکتریسیته و سوخت جهت استحصال آب شود، باعث کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید محصولات کشاورزی شد. در پیاز نیز همانند گوجه‌فرنگی چهار عامل گازوییل، نیتروژن، الکتریسیته و بنزین به صورت میانگین در شهرستان‌های استان البرز به‌ترتیب ۵۳، ۲۲، ۱۰ و ۸/۶ درصد در انتشار گازهای گلخانه‌ای موثر بودند که تقریبا ۹۰ درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید یک هکتار پیاز متعلق به این چهار عامل است (شکل ۴). تولید یک

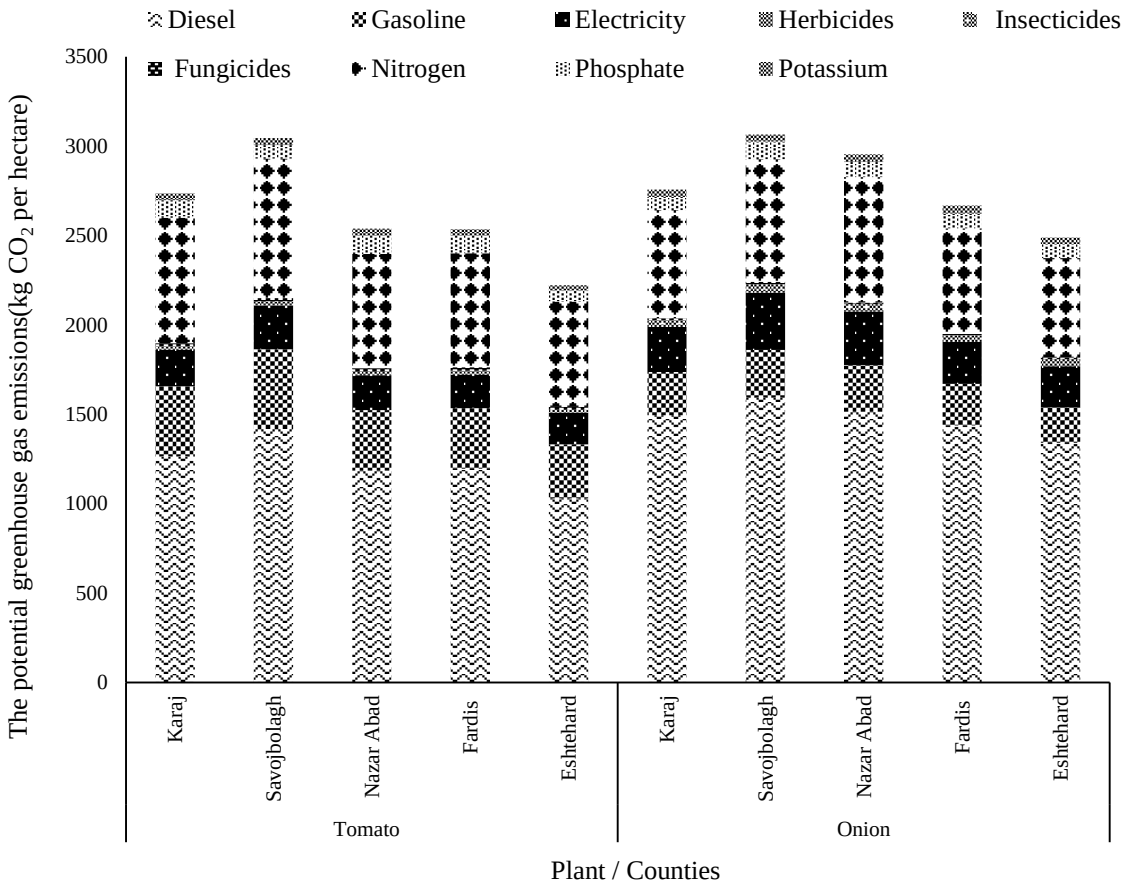
هکتار گوجه‌فرنگی به صورت میانگین در استان البرز باعث آزادسازی ۲۶۱۵/۵۸ کیلوگرم CO_2 درهکتار شده است و تولید گوجه فرنگی در شهرستان ساوجبلاغ و کرج نسبت به سایر شهرستان‌ها و میانگین استان، سبب انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشتری شده است؛ به‌طوری‌که تولید یک هکتار گوجه‌فرنگی در ساوجبلاغ و کرج به‌ترتیب باعث آزاد شدن ۳۰۴۵/۴ و ۲۷۳۵/۲ کیلوگرم CO_2 در هکتار شده است که نسبت به میانگین استان ۱۶/۴۳ و ۴/۵۷ درصد بیشتر است (شکل ۵). در شهرستان‌های نظرآباد، فردیس و اشتهارد برای تولید یک هکتار گوجه‌فرنگی به‌ترتیب ۲۵۳۸/۷، ۲۵۳۶/۱ و ۲۲۲۲/۵ کیلوگرم CO_2 در هکتار آزاد شده است که به ترتیب در مقایسه با میانگین استان ۳، ۳/۰۴ و ۱۵ درصد کمتر است (شکل ۵). در مقایسه با گوجه‌فرنگی تولید یک هکتار پیاز در استان البرز به صورت میانگین باعث آزاد شدن ۲۷۸۶/۶۳ کیلوگرم CO_2 در هکتار می شود. بیشترین تولید گازهای گلخانه‌ای در تولید این محصول نیز در شهرستان ساوجبلاغ به میزان ۳۰۶۵/۸ کیلوگرم CO_2 در هکتار به دست آمد که نسبت به میانگین استان ۱۰ درصد تولید بیشتری اتفاق می‌افتد. کمترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای تولید پیاز همانند گوجه‌فرنگی در شهرستان اشتهارد مشاهده شد؛ به‌طوری‌که در هر هکتار تولید پیاز ۲۴۸۹/۴ کیلوگرم CO_2 در هکتار تولید شد که در مقایسه با میانگین استانی ۱۱ درصد گاز کربن‌دی‌اکسید کمتری تولید شده است (شکل ۵). از تولید یک هکتار پیاز در شهرستان‌های کرج، نظرآباد و فردیس نیز به‌ترتیب ۲۷۵۶/۴، ۲۹۵۴/۳ و ۲۶۶۷/۲ کیلوگرم CO_2 در هکتار آزاد شده است (شکل ۵). در مطالعه عوامل موثر بر تولید گازهای گلخانه‌ای در تولید گوجه‌فرنگی در اصفهان نشان داده شد که به‌ترتیب سوخت دیزلی با تولید ۲۷۱۹/۹۸ کیلوگرم CO_2 در هکتار بیشترین نقش را در گرمایش جهانی داشته و پس از آن الکتریسیته و کود نیتروژن به‌ترتیب با تولید ۷۲۹/۶ و ۴۰۹/۵ کیلوگرم CO_2 در هکتار از عوامل مهم و موثر بودند (Taki *et al*., 2013). در مطالعه میزان تولید CO_2 حاصل از انتشار گازهای گلخانه‌ای به دلیل تولید محصولات کشاورزی گزارش شده که پیاز با تولید ۵۳۳۲/۶ کیلوگرم CO_2 در هکتار بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را دارد و پس از آن گوجه‌فرنگی با تولید ۴۴۰۳ کیلوگرم CO_2 در هکتار در رتبه بعدی قرار دارد. همچنین گزارش شد که سیب‌زمینی و هویج نیز به‌ترتیب باعث تولید ۳۹۳۰/۲ و ۳۷۱۲/۷ کیلوگرم CO_2 در هکتار می‌شوند (Mohammadzadeh *et al*., 2017). همچنین گزارش شده است که تولید یک هکتار کلزا باعث آزادشدن ۲۰۲۸ کیلوگرم CO_2 در هکتار می شود (Soltani *et al*., 2014) و در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد که سیب‌زمینی باعث تولید ۹۹۲/۸۸ کیلوگرم CO_2 در هکتار شده است (Pishgar-Komleh *et al*., 2012).



شکل ۳. میانگین تاثیر ورودی‌های مختلف در تولید گوجه‌فرنگی در شهرستان‌های استان البرز بر انتشار گازهای گلخانه‌ای.



شکل ٤. میانگین تاثیر ورودی‌های مختلف در تولید پیاز در شهرستان‌های استان البرز بر انتشار گازهای گلخانه‌ای.



شکل ۵. سهم ورودی‌های مختلف در تولید گوجه‌فرنگی و پیاز بر انتشار گاز کربن‌دی‌اکسید در شهرستان‌های استان البرز.

۲-۳. شاخص‌های اقتصادی

ارزیابی شاخص‌های اقتصادی تولید دو محصول گوجه‌فرنگی و پیاز (تولیدات مزرعه‌ای) در جدول ۵ نشان داده شده است. میانگین ارزش ناخالص تولید، هزینه‌های تولید و سود خالص برای گوجه‌فرنگی در استان البرز به‌ترتیب به مقدار ۹۲۷۴، ۵۳۸۲ و ۳۸۹۲ دلار در هکتار می‌باشد. برای پیاز نیز به‌ترتیب میانگین ارزش ناخالص تولید، هزینه‌های تولید و سود خالص در استان البرز به مقدار

۱۴۸۰۳، ۶۴۰۵ و ۸۳۹۸ دلار در هکتار به دست آمد. بیشترین ارزش ناخالص تولیدی بین این دو محصول در شهرستان‌ها مربوط به محصول پیاز به مقدار ۱۶۶۷۳ دلار در هکتار در شهرستان ساوجبلاغ بود که نسبت به میانگین استان ۱۲/۶۳ درصد بیشتر می‌باشد. در گوجه‌فرنگی این عدد معادل ۱۱۰۵۲/۶ دلار در هکتار بود که از میانگین استان تقریبا ۲۰ درصد بیشتر می‌باشد. پایین‌ترین ارزش ناخالص تولیدی در پیاز ۱۱۵۰۰ دلار در هکتار در اشتهارد و در گوجه‌فرنگی نیز ۶۷۹۲/۱ دلار در هکتار در همین شهرستان به دست آمد (جدول ۵) که به‌ترتیب نسبت به میانگین استان ۲۲ و ۲۷ درصد کمتر می‌باشند. در مقایسه هزینه‌های تولید دو محصول گوجه‌فرنگی و پیاز نیز بالاترین هزینه تولید این دو به‌ترتیب به مقدار ۶۲۱۲/۲ و ۷۰۶۴/۹ دلار در هکتار در شهرستان ساوجبلاغ به دست آمد که در مقایسه با میانگین هزینه‌های تولید در استان ۱۵/۴۲ و ۱۰/۳ درصد هزینه‌ی بیشتری برای تولید انجام شده است. بنابراین بالاترین سود خالص در پیاز به مقدار ۹۶۰۸/۷ دلار در هکتار به دست آمد که نسبت به میانگین سود خالص در استان البرز ۱۴/۴ درصد بیشتر می‌باشد و در گوجه‌فرنگی نیز بالاترین سود خالص ۴۸۴۰/۳ دلار در هکتار در ساوجبلاغ به دست آمد که نسبت به میانگین استان ۲۴/۳۶ درصد بیشتر می‌باشد؛ ولی در مقایسه با بیشترین سود خالص در پیاز ۵۰ درصد سود کمتری ایجاد کرده است (جدول ۵). در مقایسه نسبت سود به هزینه، در گوجه‌فرنگی بالاترین مقدار به میزان ۱/۸۱ در شهرستان کرج به دست آمد و در پیاز بیشترین نسبت سود به هزینه به مقدار ۲/۲۴ در شهرستان نظرآباد مشاهده شد. همچنین در مقایسه میزان بهره‌وری اقتصادی دو گیاه، بالاترین میزان بهره‌وری اقتصادی گوجه‌فرنگی به میزان ۱۱/۲۶ کیلوگرم بر دلار در شهرستان‌های کرج و ساوجبلاغ به دست آمد؛ درحالی‌که در پیاز بیشترین بهره‌وری اقتصادی به میزان ۹/۳۴ کیلوگرم بر دلار در شهرستان ساوجبلاغ بود (جدول ۵) که این موضوع بیانگر آن می‌باشد که در گوجه‌فرنگی با وجود سود خالص پایینتر نسبت به پیاز، به ازای واحد هزینه‌ای که برای تولید صورت گرفته است محصول بیشتری حاصل شده است. گزارش شده است که ارزش ناخالص تولید در پیاز و گوجه‌فرنگی به‌ترتیب برابر با ۱۰۴۱۶/۹ و ۷۶۸۸ دلار در هکتار بود. همچنین هزینه تولید برای پیاز ۸۸۲۶/۸ دلار در هکتار و برای گوجه‌فرنگی ۶۶۰۴/۶ دلار در هکتار بود. نسبت سود به هزینه در پیاز و گوجه‌فرنگی برابر با ۱/۱۸ و ۱/۱۶ بود، همچنین بهره‌وری اقتصادی در پیاز و گوجه‌فرنگی به‌ترتیب برابر با ۵/۶۳ و ۷/۸۹ کیلوگرم بر دلار بود (Mohammadzadeh *et al.*, 2017).

جدول ۵. تجزیه و تحلیل اقتصادی تولید گوجه‌فرنگی و پیاز در شهرستان‌های استان البرز.

Indicator	Unit		Karaj	Savojbolagh	Nazar Abad	Fardis	Eshtehard
Gross production value	$.ha^{-1}	Tomato	10491.2	11052.6	9185.9	8852.6	6792.1
		Onion	15263	16673	14982.4	15600	11500
Total cost of production	$.ha^{-1}	Tomato	5768.4	6212.2	5398.2	5371.2	4163.1
		Onion	6333	7064.9	6798.2	6298.9	5531.5
Net return	$.ha^{-1}	Tomato	4722.8	4840.3	3787.7	3481.4	2628.9
		Onion	8929.8	9608.7	8184.2	9301	5968.4
Benefit to cost ratio	-	Tomato	1.81	1.77	1.7	1.64	1.63
		Onion	2.4	2.36	2.2	2.47	2.07
Economic productivity	Kg.$	Tomato	11.26	11.26	11.02	10.79	10.68
		Onion	9.15	9.34	8.97	9.04	8.58

۴. نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که بالاترین انرژی ورودی، خروجی و خالص در کشت پیاز به دست آمد. همچنین مشاهده شد که بیشترین کارایی مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی در گوجه‌فرنگی به دست آمد. در مقایسه اشکال انرژی در کشت دو گیاه گوجه‌فرنگی و پیاز نیز مشاهده شد که در هر دو سهم انرژی مستقیم و انرژی تجدیدناپذیر بیشتر از انرژی غیر مستقیم و تجدیدپذیر می‌باشد. همچنین بررسی نتایج نشان داد که در تولید این دو محصول سوخت‌های فسیلی، نیتروژن، کود دامی، آب مصرفی و نیروی انسانی سهم قابل توجهی از کل انرژی ورودی را دارند. در مقایسه شاخص‌های اقتصادی نیز مشاهده شد که بالاترین سود خالص در تولید پیاز به دست آمد؛ درحالی‌که نتایج نشان داد بهره‌وری اقتصادی تولید گوجه‌فرنگی از تولید پیاز بالاتر است. به‌طور کلی و بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه باید به این نکته توجه کرد که در هر محصول و در مناطق مختلف با

شرایط متفاوت ارزش هر یک از این شاخص‌ها متفاوت می‌باشد و متخصصان و سیاستگذاران در هر منطقه باید بر اساس شرایط موجود و جهت نیل به کشاورزی پایدار و طراحی الگوی کشت به این شاخص‌ها توجه کرده و از آن‌ها جهت دست‌یابی به حداکثر بهره‌وری استفاده کنند.

۵. منابع

Ahmadbeyki, A., Ghahderijani, M., Borghaee, A., & Bakhod, H. (2023). Energy use and environmental impacts analysis of greenhouse crops production using life cycle assessment approach: A case study of cucumber and tomato from Tehran province, Iran. *Energy Reports*, *9*, 988–999.

Bakhtiari, A.A., Hematian, A., & Sharifi, A. (2015). Energy analyses and greenhouse gas emissions assessment for saffron production cycle. *Environmental Science and Pollution Research, 22*, 16184-16201.

Ghasemi Mobtaker, H., Akram, A., & Keyhani, A. (2012). Energy use and sensitivity analysis of energy inputs for alfalfa production in Iran. *Energy for Sustainable Development*, *16*, 84–89.

Ghasemi-Mobtaker, H., Kaab, A., & Rafiee, S. (2020). Application of life cycle analysis to assess environmental sustainability of wheat cultivation in the west of Iran. *Energy*, *193*, 116768.

Hassanzadeh Aval, F., & Rezvani Moghadam, P. (2013). Energy efficiency evaluation and economical analysis of onion (*Allium cepa* L.) production in Khorasan Razavi province of iran. *Iranian Journal of Applied Ecology*, *2*, 1-11.

IPCC. (1995). Climate change, the science of climate change. In: Houghton, J.T, Meira Filho, L.G, Callander, B.A., Harris, N. ,Kattenberg, A., Maskell, K. (eds) Intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press.

Jadidi, M., Homayonifar, M., Sabohi Saboni, M., & Kheradmand, V. (2010). Investigating efficiency and energy efficiency in tomato production. *Journal of Agricultural Economics and Development*, *24*(3), 363-370.

Jadidi, M.R., Sabouhi Sabouni, M., Homayounifar, M., & Mohammadi, A. (2012). Assessment of energy use pattern for tomato production in Iran: A case study from the Marand region. *Research in Agricultural Engineering*, *58*, 50–56.

Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A., & Chau, K. (2019). Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production. *Science of the Total Environment, 664*, 1005–101.

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., & Mousazadeh, H. (2013). Environmental impact assessment of open field and greenhouse strawberry production. *Eropean Jounal of Agronomy, 50*, 29–37.

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Mousazadeh, H., & Clark, S. (2014). Environmental impact assessment of tomato and cucumber cultivation in greenhouses using life cycle assessment and adaptive neuro-fuzzy inference system. *Jounal of Cleaner Production*, *73*, 183–192.

Koga, N., & Tajima, R. (2011). Assessing energy efficiencies and greenhouse gas emissions under bioethanol-oriented paddy rice production in northern Japan. *Journal of Environmental Management, 92*, 967-973.

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

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*, 981990.

Mansourfar, K. (1997). statistical methods, Tehran University Press, 4th edition.

Mansourian, N. (2005). Study of energy efficiency in agricultural sector of Iran (Case study of Khorasan province). In Proceedings 5th Iranian Agricultural Economics Conference, Zahedan, Iran.

Mohammadzadeh, A., Abdolmajid Mahdavi Damghani, J.V., & Reza Deihimfard, R. (2017). Assessing environmental impacts of major vegetable crop production systems of East Azerbaijan province in Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, DOI: 10.1080/03650340.2017.1405260.

Mohammadzadeh, A., Mahdavi Damghani, A., Vafabakhsh, J., & Deihimfard, R. (2018). Ecological economic efficiency for alfalfa (*Medicago sativa* L.) and corn silage (*Zea mays* L.) production systems: Maragheh Bonab plain, East Azerbaijan province. *Journal of Agroecology*, *10*(3), 875-895.

Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, S., Jafari, A., & Mohammadi, A. (2011). Energy flow modeling and sensitivity analysis of inputs for canola production in Iran. *Journal of Cleaner Production, 19*, 1464–1470.

Nabavi-Pelesaraei, A., Pakravan-Charvadeh, M.R. & Ghasemi-Mobtaker, H. (2022). Predicting output energy and greenhouse gas emissions in peanut production: A case study in Astaneh-Ashrafiyeh county of Guilan province. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, *53*(1), 145–168. (In Persian).

Nasirpour, S., Jahansouz, M.R., Ahmadi, A., & Afshoon, E. (2022). Effect of irrigation levels and different tillage systems on grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) yield. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *53*(2), 193-204. (In Persian).

Ozkan, B., Kurklu, A., & Akcaoz, H. (2011). An inputoutput energy analysis in greenhouse vegetable production: A case study of Antalya region of Turkey. *Biomass Bioenergy*, *26*, 189-195.

Pahlavan, R., Omid, M., Rafiee, S., & Mousavi-Avval, S.H. (2012). Optimization of energy consumption for rose production in Iran. *Energy for Sustainable Development*, *16*, 236-241.

Pishgar Komleh, S., Keyhani, A., Rafiee, S., & Sefeedpary, P. (2011). Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran. *Energy*, *36*, 3335-3341.

Pishgar-Komleh, S., Ghahderijani, M., & Sefeedpari, P. (2012). 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.

Safa, M., Samarasinghe, S., & Mohssen, M. (2011). A field study of energy consumption in wheat production in Canterbury, New Zealand. *Energy Conversion and Management*, *52*(7), 2526-2532

Snyder, C., Bruulsema, T., Jensen, T., & Fixen, P. (2009). Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *133*, 247-266.

Soltani, A., Maleki, M., & 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.

Taghinazhad, J., Vahedi, A., & Ranjbar, F. (2019). Economic assessment of energy consumption and greenhouse gas emissions from wheat production in Ardabil provience. *Environmental Sciences*, *17*(3), 137-150. (In Persian).

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

Yousefi, M., Damghani, A.M., & Khoramivafa, M. (2016). Comparison greenhouse gas (GHG) emissions and global warming potential (GWP) effect of energy use in different wheat agroecosystems in Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, *23*, 7390-7397.