



## Evaluation of Energy Indicators in Monoculture, Intercropping, and Agroforestry Systems of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Production in Khuzestan Province

Ashkan Jalilian<sup>1</sup> | Mohammad Reza Jahansuz<sup>2✉</sup> | Hassan Ghasemi Mobtaker<sup>3</sup> | Mostafa Oveisi<sup>4</sup> | Hosein Moghadam<sup>5</sup>

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: [ashkanjalilian@ut.ac.ir](mailto:ashkanjalilian@ut.ac.ir)
2. Corresponding Author, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: [jahansuz@ut.ac.ir](mailto:jahansuz@ut.ac.ir)
3. Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. [mobtaker@ut.ac.ir](mailto:mobtaker@ut.ac.ir)
4. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. [moveisi@ut.ac.ir](mailto:moveisi@ut.ac.ir)
5. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. [hmoghadam@ut.ac.ir](mailto:hmoghadam@ut.ac.ir)

### Article Info

**Article type:**

Research Article

**Article history:**

Received: September 06, 2022

Received in revised form:

September 27, 2022

Accepted: October 23, 2022

Published online:

June 22, 2023

**Keywords:**

Chemicals,  
energy equivalent,  
energy productivity,  
plastic,  
specific energy.

### ABSTRACT

As one of the most important food producers, the agricultural industry consumes a lot of energy to produce various products. Also, agriculture is the largest supplier of energy in the form of biological energy. This study was conducted in Khuzestan province with the aim of investigating the energy indicators of okra and the contribution of different inputs to the total energy in monoculture, intercropping (okra+cucumber) and agroforestry (okra+date palm) systems. The simple random sampling method was used to determine the survey volume and calculated sample size in this study was found to be 139. The data used in the study were collected from okra farms using a face-to-face questionnaire. The inputs and outputs were calculated per hectare and then, these input and output data were multiplied by the coefficient of energy equivalent. Following the calculation of energy input and output values, the energy ratio, energy productivity and net energy were determined. The results indicated that averages of energy inputs in monoculture, intercropping and agroforestry systems of okra were 78763.77, 81269.27 and 52502.42 respectively, while the energy output in these systems was 17575, 37380 and 113715 MJ ha<sup>-1</sup>, respectively. The energy ratio in monoculture, intercropping and agroforestry systems were calculated as 0.223, 0.460 and 2.166 respectively. The energy productivity in intercropping system was calculated as 0.470 kg MJ<sup>-1</sup>, which was about 302% and 64% more than monoculture and agroforestry, respectively. This issue is due to the higher yield of this cultivation system compared to other investigated systems. The results also indicated that energy inputs of plastic, diesel fuel and chemical fertilizers have the largest share of the total input energy in the investigated systems. To sum it up, for okra cultivation in Khuzestan province in non-agroforestry system, it is possible to recommend intercropping system by optimizing input consumption and reducing energy consumption, because it is superior to monoculture in terms of output yield.

**Cite this article:** Jalilian, A., Jahansouz, M.R., Ghasemi Mobtaker, H., Oveisi, M., & Moghadam, H. (2023). Evaluation of energy indicators in monoculture, intercropping and agroforestry systems of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) production in Khuzestan province. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 54(2), 141-154. DOI: 10.22059/ijfcs.2022.348292.654938.



© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: <http://doi.org/10.22059/ijfcs.2022.348292.654938>



## ارزیابی شاخص‌های انرژی در سیستم‌های کشت خالص، مخلوط و جنگل زراعی تولید بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) در استان خوزستان

اشکان جلیلیان<sup>۱</sup> | محمدرضا جهانسوز<sup>۲</sup> | حسن قاسمی مبتکر<sup>۳</sup> | مصطفی اویسی<sup>۴</sup> | حسین مقدم<sup>۵</sup>

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. [ashkanjalilian@ut.ac.ir](mailto:ashkanjalilian@ut.ac.ir)
۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: [jahansuz@ut.ac.ir](mailto:jahansuz@ut.ac.ir)
۳. گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. [mobtaker@ut.ac.ir](mailto:mobtaker@ut.ac.ir)
۴. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. [moveisi@ut.ac.ir](mailto:moveisi@ut.ac.ir)
۵. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. [hmoghadam@ut.ac.ir](mailto:hmoghadam@ut.ac.ir)

### چکیده

### اطلاعات مقاله

صنعت کشاورزی یکی از مهم‌ترین تولیدکنندگان مواد غذایی می‌باشد که در جهت تولید محصولات، مقدار زیادی انرژی را مصرف می‌کند. همچنین کشاورزی بیشترین عرضه‌کننده انرژی به صورت انرژی زیستی نیز می‌باشد. از این رو، با هدف بررسی شاخص‌های انرژی و سهم نهاده‌های مصرفی از انرژی کل در سیستم‌های کشت خالص، مخلوط (بامیه + خیار) و جنگل زراعی (بامیه + درخت خرما) تولید بامیه، این مطالعه در استان خوزستان انجام شد. اطلاعات مورد نیاز از ۱۳۹ کشاورز از طریق مصاحبه حضوری جمع‌آوری شد که شامل تمام نهاده‌های مصرف‌شده در واحد یک هکتار از هر سیستم کشت می‌باشد. انرژی ورودی نهاده‌ها، انرژی کل ورودی و خروجی و شاخص‌های انرژی اندازه‌گیری و سیستم‌ها از نظر این شاخص‌ها مقایسه شدند. نتایج نشان داد انرژی ورودی به کشت خالص، مخلوط و جنگل زراعی بامیه به ترتیب ۷۸۷۶۳/۷۷، ۸۱۲۶۹/۲۷ و ۵۲۵۰۲/۴۲ مگاژول در هکتار بود، در حالی که انرژی خروجی در این سیستم‌ها به ترتیب ۱۷۵۷۵، ۳۷۳۸۰ و ۱۱۳۷۱۵ مگاژول در هکتار به دست آمد. از این رو نسبت انرژی در کشت خالص، مخلوط و جنگل زراعی بامیه به ترتیب ۰/۲۲۳، ۰/۴۶۰ و ۲/۱۶۶ بود. بیشترین سهم از انرژی کل در هر سه سیستم در نهاده‌های پلاستیک، سوخت دیزلی و کود شیمیایی بود. به طور کلی جهت کشت بامیه در شرایط غیر جنگل زراعی می‌توان با بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها و کاهش انرژی مصرفی کشت مخلوط را توصیه کرد.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۷/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۰۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

### کلیدواژه‌ها:

بهره‌وری انرژی،

پلاستیک،

شدت انرژی،

نهاده‌های شیمیایی،

هم‌ارز انرژی.

**استناد:** جلیلیان، ا.، جهانسوز، م.، قاسمی مبتکر، ح.، اویسی، م.، و مقدم، ح. (۱۴۰۲). ارزیابی شاخص‌های انرژی در سیستم‌های کشت خالص، مخلوط و جنگل زراعی بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) در استان خوزستان. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۴ (۲)، ۱۴۱-۱۵۴.

DOI: 10.22059/ijfcs.2022.348292.654938



## ۱. مقدمه

استان خوزستان بالاترین سطح برداشت و تولید محصولات زراعی را در ایران به خود اختصاص داده است و یکی از محصولات کشت‌شده در این استان بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) می‌باشد که باتوجه به شرایط مورد نیاز اکولوژیکی در استان خوزستان، عملکرد قابل توجهی دارد (Javam *et al.*, 2020). زمان مناسب برداشت محصول در استان خوزستان باعث شده که این محصول از قیمت قابل توجهی برخوردار باشد و این امر باعث اقبال کشاورزان در کشت آن شده است (Javam *et al.*, 2020). بررسی‌ها نشان می‌دهد که این محصول به صورت کشت مخلوط همراه با گیاهانی نظیر خیار، لوبیا و دیگر گیاهان بهاره کشت می‌شود. بالاترین سطح کشت مخلوط در استان نیز با گیاه خیار می‌باشد، که به تنهایی کشت خیار حدود پنج هزار هکتار را به خود اختصاص داده است که بخشی از آن در کشت مخلوط با گیاه بامیه می‌باشد. در شرایط دیگر، این گیاه زراعی به صورت آگروفارستری در میان درختان خرما که یکی از محصولات کشاورزی استان می‌باشد و از سطح زیر کشت قابل توجهی نیز برخوردار است کشت می‌شود. کشت خالص بامیه نیز که سطح زیر کشت بالاتری دارد در نقاط مختلف استان متداول است (Javam *et al.*, 2020). میزان تولید جهانی بامیه ۱۰/۵۴ میلیون تن از سطحی معادل ۲/۵ میلیون هکتار است (FAO, 2021). بیشترین سطح زیر کشت به ترتیب در کشورهای نیجریه، هند و نیجر گزارش شده است؛ باین حال بالاترین عملکرد سالانه به ترتیب در هند، نیجریه و سودان می‌باشد (FAO, 2021). سطح زیر کشت بامیه در ایران ۱۷۵۶ هکتار می‌باشد و استان خوزستان با ۱۶۱۱ هکتار بیشترین سطح زیر کشت کشور را دارد (Ministry of jihad-e-agriculture, 2021; Javam *et al.*, 2020). میوه بامیه با دارا بودن ویتامین‌ها، کارتنوئیدها و فلاونوئیدها دارای خواص آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی می‌باشد (Fekadu Gemede *et al.*, 2015). مصرف بامیه همچنین می‌تواند خواص درمانی دیابتی، چربی خون، میکروبی، درمان زخم و بیماری‌های عصبی، تحریک معده و روده، عفونت‌های داخلی، بیماری‌های دندان و برونشیت داشته باشد (Dantas *et al.*, 2021; Romdhane *et al.*, 2020).

امروزه یکی از مهم‌ترین مباحث اکولوژیکی در بخش کشاورزی و توسعه پایدار آن بررسی میزان انرژی تولیدشده به ازای مقدار انرژی مصرف‌شده می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت هر سیستم زراعی که بهره‌وری انرژی بالاتری داشته باشد در جهت توسعه و کشاورزی پایدار حرکت می‌کند و در مقابل نیز می‌تواند آثار زیان‌بار زیست‌محیطی و ناپایداری اکولوژیکی را به همراه داشته باشد (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2021). امروزه باتوجه به ابزارهای علمی می‌توان میزان انرژی مصرفی، تولیدی و جایگاه و میزان اثرگذاری هر نهاد در فرآیند یک سیستم کشاورزی در شرایط متفاوت تولید را بررسی کرد (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2022). به طور کلی سهم کشاورزی از مصرف انرژی کل کشور ۳/۶ درصد می‌باشد که این مقدار از متوسط جهانی (۲/۲ درصد) بالاتر می‌باشد (Tavakkoli Kakhki & Ghodsi, 2020). مطالعات نشان می‌دهد میزان انرژی مصرف‌شده و تولیدی در سیستم‌های مختلف کشاورزی، نوع محصول تولیدی و همچنین شیوه مدیریت آن متفاوت می‌باشد، بنابراین شیوه مدیریت در سیستم‌های کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار است، چرا که در نهایت پایداری سیستم می‌تواند متفاوت باشد (Javam *et al.*, 2020). مطالعات اخیر نشان می‌دهد استفاده بیش از حد انرژی باعث بروز برخی از مشکلات مربوط به سلامتی انسان و محیط زیست شده است؛ لذا بررسی انتشار آلاینده‌ها در فرایندهای تولید مواد غذایی امری ضروری به نظر می‌رسد (Kouchaki-Penchah *et al.*, 2016). این استفاده بی‌رویه در صنعت کشاورزی، منجر به از بین رفتن تنوع زیستی و آلودگی زیست‌گاه‌های آبی شده است. سهم کشاورزی در انتشار گازهای گلخانه‌ای حدود ۱۶ درصد کل انتشارات گازها در جهان می‌باشد (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2022).

بررسی مؤلفه‌های انرژی در سامانه‌های تولید برنج نشان داد بیشترین سهم از انرژی کل ورودی به سیستم متعلق به نهاد سوخت دیزلی بود و همچنین سامانه تولید ارگانیک و کم‌نهاد از سازگاری بیشتری برخوردار بود (Pirdashti *et al.*, 2021). بررسی میزان انرژی تولید محصولات کشاورزی در کرمانشاه نشان داد که کودهای شیمیایی، سوخت دیزلی و آب برای آبیاری بیشترین میزان انرژی را در بخش کشاورزی به خود اختصاص داده‌اند (Karamian *et al.*, 2021). شاخص‌های انرژی در نظام‌های تولید محصولات زراعی و باغی دشت شریف‌آباد نشان داد یونجه، انار و انگور بیشترین انرژی ورودی و یونجه، ذرت علوفه‌ای و گندم بیشترین انرژی خروجی را داشتند (Vafabakhsh & Mohammadzadeh, 2019). مطالعه پایداری بوم‌نظام‌های کشاورزی استان

سیستان و بلوچستان نشان داد کشت یونجه به دلیل کم‌نهاد بودن و انرژی ورودی نهاده‌های رایگان و تجدیدپذیر اقتصادی از پایداری بالاتری نسبت به دیگر گیاهان زراعی برخوردار بود (Golshani et al., 2021).

سهم نهاده در میزان انرژی در نظام‌های حفاظتی گندم نشان داد نهاده‌های الکتریسیته، کودهای شیمیایی و سوخت مصرفی به ترتیب با ۴۳، ۲۳ و ۱۲ درصد بالاترین سهم انرژی را به خود اختصاص دادند (Tavakkoli Kakhki & Ghodsi, 2020). بررسی میزان انرژی مصرفی در روش‌های مرسوم و جایگزین کشت برنج نشان داد روش‌های مرسوم، انرژی مصرفی بالاتری دارند و سهم بالایی از این انرژی به انرژی‌های غیر مستقیم و تجدیدپذیر اختصاص داشت (Htwe et al., 2021). میزان کل انرژی مصرف شده در تولید خرما ۳۵/۵۲ گیگاژول در هکتار می‌باشد که بین این نهاده‌ها سهم آبیاری، گازوئیل و کود دامی بیشتر از دیگر نهاده‌ها است (Hesampour et al., 2022a).

تک‌کشتی محصولات زراعی به دلیل عملکرد بالا و سهولت در تولید، به عنوان ساده‌ترین راه حل برای تأمین نیاز غذایی جامعه معرفی شده است. با این حال این روش کاشت منجر به ناپایداری در تولید می‌شود، از این رو کشت مخلوط به عنوان یکی از روش‌های جایگزین مطرح شده است (Bourke et al., 2021). کشت توأم دو یا چند گیاه که به شکلی تقلید از طبیعت می‌باشد به عنوان یک راهکار کلیدی در کشاورزی پایدار به حساب می‌آید (Karami et al., 2022). افزایش عملکرد محصول در واحد سطح در شرایط کشت مخلوط نسبت به شرایط کشت خالص از مهم‌ترین مزیت‌های کشت مخلوط می‌باشد (Cuartero et al., 2022; Karami et al., 2022). سیستم جنگل زراعی به دلیل مزایای آن در بهبود درآمد اقتصادی، تنوع زیستی و ذخیره‌سازی کربن به طور فزاینده‌ای در جهان رو به افزایش است (Jiang et al., 2021). به طور کلی، جنگل زراعی شامل درختان، علف‌ها و دام‌ها در یک منطقه و سایت زمینی برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار است (Jiang et al., 2021). در این سیستم درختان به عنوان جزء اصلی سیستم در جنگل زراعی می‌باشند (Jiang et al., 2021). به طور کلی حدود ۴۰ درصد از زمین‌های کشاورزی جهان حداقل ۱۰ درصد پوشش درختی دارند و این مقدار نشان از جایگاه جنگل زراعی در برنامه‌های مدیریتی دارد (Bettles et al., 2021). درخت خرما (*Phoenix dactylifera*) در ایران و خوزستان از جایگاه ویژه برخوردار است، به طوری که پنجمین محصول باغی از نظر تولید در ایران می‌باشد، از این رو در برنامه جنگل زراعی می‌تواند جایگاه مهمی داشته باشد (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۴۰۰). سیستم‌های مختلف کشت بامیه در استان خوزستان از لحاظ نهاده‌های مصرفی و تأثیرات آن بر شاخص‌های انرژی باتوجه به ماهیت مدیریتی این سیستم‌ها می‌تواند متفاوت باشد. بنابراین بررسی انرژی ورودی و خروجی و شاخص‌های انرژی در کشت بامیه در سیستم‌های کشت مخلوط، جنگل زراعی و خالص آن می‌تواند در برنامه‌ریزی‌ها و کاربرد سیستم‌ها باتوجه به معیارهای انرژی کاربردی باشد.

## ۲. روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق در بازه زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۸ و در استان خوزستان انجام شد. استان خوزستان با مساحت ۶۴/۰۵۷ کیلومتر مربع در جنوب غربی ایران در جوار خلیج فارس و اروندرود قرار دارد و جایگاه نخست کشاورزی ایران است. باتوجه به سطح زیر کشت و نوع کشت گیاه بامیه استان خوزستان، اطلاعات مورد نیاز در چند شهرستان جمع‌آوری شد. بیشترین سطح زیر کشت بامیه در شهرستان‌های اهواز، دشت آزادگان، دزفول، باوی و شادگان می‌باشد که از نظر اقلیمی شباهت بالایی دارند. همچنین باتوجه به نخلستان‌های خرمشهر، آبادان و شادگان بیشترین جنگل زراعی بامیه در این شهرستان‌ها می‌باشد. تک‌کشتی مورد مطالعه به صورت کشت زود هنگام زیر پلاستیک و کشت مخلوط زود هنگام با خیار زیر پلاستیک در اواخر دی تا اواخر بهمن ماه می‌باشد. برداشت محصول نیز تا اواسط خرداد ماه ادامه دارد که دلیل آن قطع آبیاری از مبدأ آن جهت دیگر کشت‌های بهاره همچون برنج می‌باشد. کشت بامیه در جنگل زراعی باتوجه به معیشتی بودن آن و سطح زیر کشت کمتر نسبت به دیگر کشت‌ها، به صورت بهاره می‌باشد. در حالی که کشت خالص و مخلوط بامیه به صورت زود هنگام و زیر پلاستیک می‌باشد. جنگل زراعی به صورت کشت بهاره و در اواخر اسفند و اوایل فروردین ماه می‌باشد. نسبت کشت در مخلوط ۷۵ درصد کشت خالص هر گیاه می‌باشد. باتوجه به اطلاعات موجود در جهاد کشاورزی استان خوزستان و باتوجه به فرمول کوکران از ۱۳۹۹ کشاورز باتوجه به میزان همکاری تولیدکنندگان اطلاعات مورد نیاز

جمع‌آوری شد (جدول ۱). جمع‌آوری اطلاعات با توجه به اهداف این تحقیق از مراحل مختلف کشت تا برداشت محصول بود، به طوری که تمامی اطلاعات مورد نیاز در مراحل کاشت، داشت و برداشت (مرز سامانه) ثبت و جمع‌آوری شد. نمونه‌های مورد ارزیابی کشاورزانی بودند که حداقل یک هکتار محصولات مورد نظر را کشت کرده‌اند و سابقه کشت بامیه دارند (شکل ۱). اطلاعات جمع‌آوری شده جهت ارزیابی شاخص‌های انرژی شامل تمامی نهاده‌های به کار گرفته شده در مرحله کاشت، داشت و برداشت می‌باشد که در جدول ۲ آمده است.

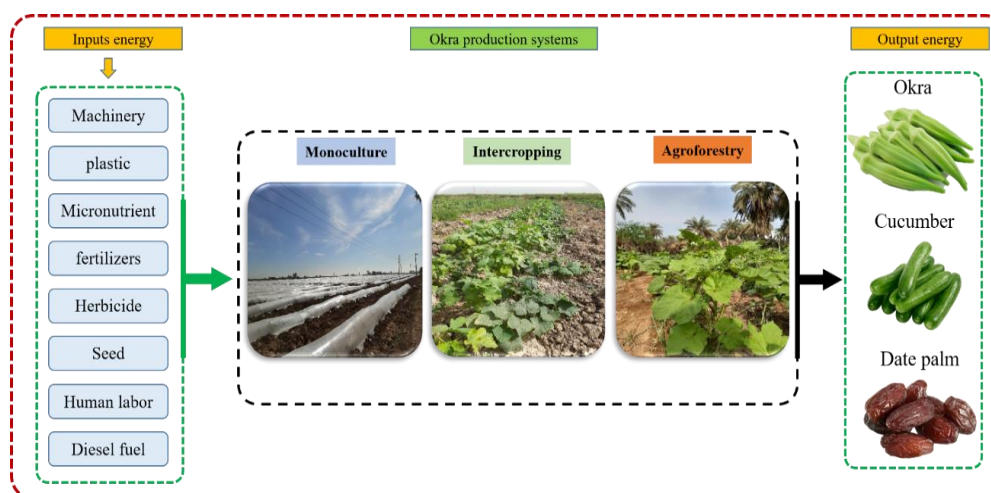
جدول ۱. تعداد نمونه‌های جمع‌آوری شده در سیستم‌های متفاوت کشت بامیه.

City	Agroforestry	Intercropping	Mono culture
Ahvaz	-	15	8
Bavi	-	10	10
Dezful	-	10	20
Khorramshahr	9	-	-
Abadan	12	-	-
Dashte azadegan	-	10	15
Hoveyzeh	-	8	5
Shadegan	7	-	-
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>53</b>	<b>58</b>

جدول ۲. نهاده‌های مصرف شده در سیستم‌های کشت مختلف بامیه در واحد هکتار.

Inputs	Unit	Mono culture	Intercropping	Agroforestry
Human labor	h ha <sup>-1</sup>	2520.67	3365.8	1946.33
Machinery	h ha <sup>-1</sup>	14.5	12.5	5
Plastic	kg ha <sup>-1</sup>	180	210	0
Diesel fuel	L ha <sup>-1</sup>	550	435	680
Chemical fertilizers	kg ha <sup>-1</sup>	255	301	188
Micronutrients	kg ha <sup>-1</sup>	0	5	6
Manure	kg ha <sup>-1</sup>	6000	6700	5000
Chemical biocides	L ha <sup>-1</sup>	7.5	8.5	14
Okra seed	kg ha <sup>-1</sup>	3.20	2.8	3.5
Cucumber seed	kg ha <sup>-1</sup>	0	1	0
Okra product	kg ha <sup>-1</sup>	9250	6200	3500
Cucumber product	kg ha <sup>-1</sup>	44000	32000	0
Date palm product	kg ha <sup>-1</sup>	0	0	11500

مقدار کمی این اطلاعات جهت ارزیابی شاخص‌های انرژی در ضریب هم‌ارز انرژی یا معادل انرژی ضرب خواهد شد تا میزان انرژی ورودی و خروجی سیستم‌های تولید بامیه به دست آید. انرژی معادل نهاده‌های بذر، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی، نیروی انسانی، سوخت دیزل و ... در جدول ۳ قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۱. مرز سامانه مورد مطالعه فرآیند تولید بامیه در استان خوزستان.

جدول ۳. ضرایب انرژی ورودی و خروجی در سیستم‌های مختلف تولید بامیه.

Inputs	Unit	Coefficient equivalent (MJ unit <sup>-1</sup> )	Reference
Human labor	h	1.96	(Kaab <i>et al.</i> , 2019b)
Machinery	h	62.70	(Ghasemi-Mobtaker <i>et al.</i> , 2020)
Plastic	kg	158	(Liu <i>et al.</i> , 2010)
Diesel fuel	L	56.31	(Nabavi-Pelesaraei <i>et al.</i> , 2018)
Nitrogen	kg	66.14	(Nabavi-Pelesaraei <i>et al.</i> , 2018)
Phosphate	kg	12.44	(Nabavi-Pelesaraei <i>et al.</i> , 2018)
Potassium (K <sub>2</sub> O)	kg	11.15	(Nabavi-Pelesaraei <i>et al.</i> , 2018)
Micronutrients	kg	120	(Hesampour <i>et al.</i> , 2022a)
Manure	kg	0.30	(Tuti <i>et al.</i> , 2012)
Herbicide	kg	85	(Kaab <i>et al.</i> , 2019b)
Insecticide	kg	199	(Ozkan <i>et al.</i> , 2004)
Fungicide	kg	92	(Nabavi-Pelesaraei <i>et al.</i> , 2018)
Okra seed	kg	0.8	(Tuti <i>et al.</i> , 2012)
Cucumber seed	kg	1	(Pishgar-Komleh <i>et al.</i> , 2013)
Output			
Okra	kg	1.9	(Tuti <i>et al.</i> , 2012)
Cucumber	kg	0.8	(Pishgar-Komleh <i>et al.</i> , 2013)
Date palm	kg	9.31	(Hesampour <i>et al.</i> , 2022a)

جهت بررسی میزان انرژی مصرف‌شده و تولیدشده در فرآیند تولید محصول، شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود که با استفاده از این شاخص‌ها امکان شناخت جامع از وضعیت انرژی در کشاورزی امکان‌پذیر می‌باشد. این شاخص‌ها شامل نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی می‌باشد (Kaab *et al.*, 2019a) (جدول ۴).

جدول ۴. شاخص‌های انرژی در سیستم‌های مختلف کشت بامیه.

Index	Unit	Formula
Energy Ratio	Ratio	Output energy (MJ ha <sup>-1</sup> ) / Input energy (MJ ha <sup>-1</sup> )
Energy Productivity	kg MJ <sup>-1</sup>	Yield (kg ha <sup>-1</sup> ) / Input energy (MJ ha <sup>-1</sup> )
Specific Energy	MJ kg <sup>-1</sup>	Input energy (MJ ha <sup>-1</sup> ) / Yield (kg ha <sup>-1</sup> )
Net Energy Gain	MJ ha <sup>-1</sup>	Output energy (MJ ha <sup>-1</sup> ) - Input energy (MJ ha <sup>-1</sup> )

محاسبه انرژی نیتروژن شامل ۴۶ درصد از وزن اوره مصرفی در هکتار می‌باشد. همچنین پتاسیم و فسفر نیز براساس میزان آن‌ها در کودهای مصرفی لحاظ شده است. بذر مصرفی نیز باتوجه به تهیه کردن آن از مراکز فروش انرژی آن اندازه‌گیری شد، درحالی‌که اگر بذر خروجی از مزرعه در سال گذشته باشد، باتوجه به منابع و توصیه‌های انرژی باید از برآورد آن صرف نظر کرد. تمامی شاخص‌ها براساس واحد کارکردی یک هکتار بررسی شده‌اند، تا بتوان سیستم‌های کشت را با یکدیگر مقایسه کرد، چرا که بررسی بر اساس یک تن می‌تواند متفاوت‌تر از سطح هکتار باشد، چرا که عملکرد هر سیستم از نظر وزن متفاوت است (Khoshnevisan *et al.*, 2013). انرژی مورد بحث شامل کلیه حالت‌های آن از جمله مستقیم و غیر مستقیم می‌باشد، که این دو خود به تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم خواهند شد. تجدیدپذیر همچون انرژی نیروی انسانی و تجدیدناپذیر شامل نهاده‌هایی همچون سوخت و کودهای شیمیایی می‌باشد. در این مطالعه از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد، این روش در واقع آسان‌ترین روش نمونه‌گیری می‌باشد. پس از جمع‌آوری و مرتب‌سازی اطلاعات مورد نیاز در بخش‌های مختلف و سیستم‌های متفاوت کشت بامیه در استان خوزستان، تجزیه و تحلیل آن با نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۹ انجام شد.

### ۳. یافته‌های پژوهش و بحث

#### ۳-۱. انرژی نهاده‌های مصرفی در سیستم‌های کشت بامیه

بررسی نهاده‌هایی که سهم بالایی از انرژی ورودی را در سیستم‌های کشت بامیه دارند نشان می‌دهد به دلیل شیوه مدیریتی متفاوت در کشت بامیه مقادیر آن‌ها متفاوت می‌باشد، به طوری که باتوجه به میزان نهاده مصرفی در هر سیستم کشت (جدول ۲) میزان انرژی

ورودی نیز تغییر می‌کند. در شرایط کشت مخلوط بامیه و خیار به دلیل استفاده بیشتر از نیروی انسانی در کاشت و برداشت محصولات، میزان انرژی ورودی آن نسبت به کشت خالص ۳۳/۵۲ درصد و نسبت به جنگل زراعی ۷۲/۹۳ درصد بیشتر بود (جدول ۵). در شرایط کشت مخلوط به دلیل افزایش مصرف پلاستیک نسبت به کشت خالص به دلیل عرض بیشتر پشته‌ها میزان انرژی در این نهاده ۱۶/۶۶ درصد بیشتر بود، در سیستم جنگل زراعی نیز به دلیل عدم مصرف پلاستیک جهت کشت زود هنگام میزان انرژی این نهاده صفر می‌باشد (جدول ۵). بررسی سوخت مصرفی نیز نشان می‌دهد در شرایط جنگل زراعی به دلیل کشت بامیه در بهار و همچنین مصرف آب در گیاه خرما در فصل گرما دفعات آبیاری افزایش می‌یابد که باتوجه به آبیاری به وسیله پمپ از کانال‌ها میزان مصرف سوخت و انرژی آن نیز افزایش یافت؛ به طوری که نسبت به کشت خالص ۲۳/۶۳ و نسبت به کشت مخلوط ۵۶/۳۲ درصد بالاتری داشت (جدول ۵). مصرف کود شیمیایی در کشت مخلوط بیش از دو سیستم کشت دیگر بود، به طوری که باتوجه به نهاده مصرفی بالاتر کشت مخلوط با ۱۲۳۵۷/۸۹ مگاژول در هکتار انرژی ورودی کودهای شیمیایی نسبت به کشت خالص ۱۷/۱۳ درصد و نسبت به جنگل زراعی ۱۰۶/۶۷ درصد انرژی ورودی بالاتری داشت (جدول ۵). کشت زیر پلاستیک و هم‌زمان دو گیاه خیار و بامیه در کشت مخلوط مصرف کودهای شیمیایی بالاتری نسبت به خالص و جنگل زراعی دارد. در شرایط جنگل زراعی به دلیل مصرف اندک کود شیمیایی در تولید خرما در خوزستان و همچنین دوره کوتاه‌تر بامیه در کشت بهاره مصرف کودهای شیمیایی نیز کمتر است. کشت بهاره بامیه همراه با کود دامی می‌باشد که طبیعت سرد دارد و کشت مخلوط زیر پلاستیک همراه با کود مرغی که طبیعت گرم دارد، این تفاوت به دلیل فصل کاشت و دمای محیط می‌باشد.

باین حال نتایج نشان داد مصرف کود مرغی در کشت مخلوط به دلیل افزایش گیاه در واحد سطح افزایش یافته و از این رو انرژی ورودی کشت مخلوط نیز نسبت به کشت خالص در حدود ۱۱/۶۶ درصد بالاتر بود (جدول ۵). میزان مصرف کود دامی در جنگل زراعی نیز تقریباً نصف کشت زیر پلاستیک آن می‌باشد که بخشی از آن به درخت خرما و بخش بیشتر آن به بامیه اختصاص می‌یابد. کاربرد آفت‌کش‌ها (علف‌کش، حشره‌کش و قارچ‌کش) در جنگل زراعی بیشتر از دو سیستم دیگر بود که یکی از دلایل آن افزایش میزان حشرات در محیط جنگل زراعی و همچنین افزایش علف‌های هرز به دلیل کاهش کاربرد ادوات خاک‌ورزی و بهاره‌بودن آن است. میزان مصرف سموم شیمیایی در جنگل زراعی و میزان انرژی ورودی آن با ۱۸۸۱ مگاژول در هکتار نسبت به کشت مخلوط ۵۳/۳۸ و نسبت به کشت خالص ۶۳/۴۹ درصد بالاتر بود (جدول ۵). انرژی خروجی سیستم‌های کشت بامیه همان عملکرد محصولات در هکتار می‌باشد که باتوجه به معادل انرژی آن خروجی جنگل زراعی باتوجه به ضریب معادل انرژی بالاتر خرما (۹/۳۱ مگاژول به ازای هر کیلو) بیشترین انرژی خروجی را با ۱۰۷۰۶۵ مگاژول در هکتار به خود اختصاص داد (جدول ۵). بررسی انرژی مصرف‌شده تولید بادام‌زمینی در استان گیلان نشان دادند میزان کل انرژی نهاده‌ها و انرژی ستانده در تولید محصول بادام‌زمینی به ترتیب حدود ۱۹۲۴۸ و ۸۷۲۱۰ مگاژول بر هکتار با کارایی ۴/۵۳ بوده و بیشترین میزان مصرف نهاده‌ها به کودهای شیمیایی با ۴۵٪ تعلق داشت (Nabavi-Pelesaraei et al., 2022). بررسی‌های تولید خیار گلخانه‌ای نشان داد به ازای هر تن تولید ۶۶۲۶/۴۵ مگاژول انرژی مصرف شد که جهت کاهش این مقدار با افزایش کارایی فرآیند تولید محصول میزان انرژی ورودی ۱۴/۸۰ درصد کاهش یافت (Hesampour et al., 2022b).

بررسی انرژی مصرف‌شده در باغات قزوین نشان داد باتوجه به تفاوت در مصرف نهاده‌ها، میزان انرژی نیز متفاوت می‌باشد؛ به طوری که در پسته، شلیل و هلو نیتروژن و در سیب ماشین‌آلات بیشترین سهم را از انرژی کل داشتند و نهاده‌های شیمیایی همچون کود و سوخت مصرفی سهم بالایی در انرژی کل دارند و بهینه‌سازی آن‌ها می‌تواند نسبت انرژی ورودی به خروجی را بهبود بخشد (Ordikhani et al., 2021). ارزیابی انرژی مصرف‌شده در تولید پنبه استان گلستان نشان داد ۳۰ درصد از انرژی غیر مستقیم صرف تولید کود نیتروژن می‌باشد و ۳۹ درصد از انرژی مستقیم به نیروی انسانی تعلق دارد (Arefi et al., 2018). بررسی کشت سیب‌زمینی در گلستان نیز نشان داد بیشترین انرژی ورودی مربوط به سوخت دیزلی می‌باشد (Feyzbakhsh et al., 2019).

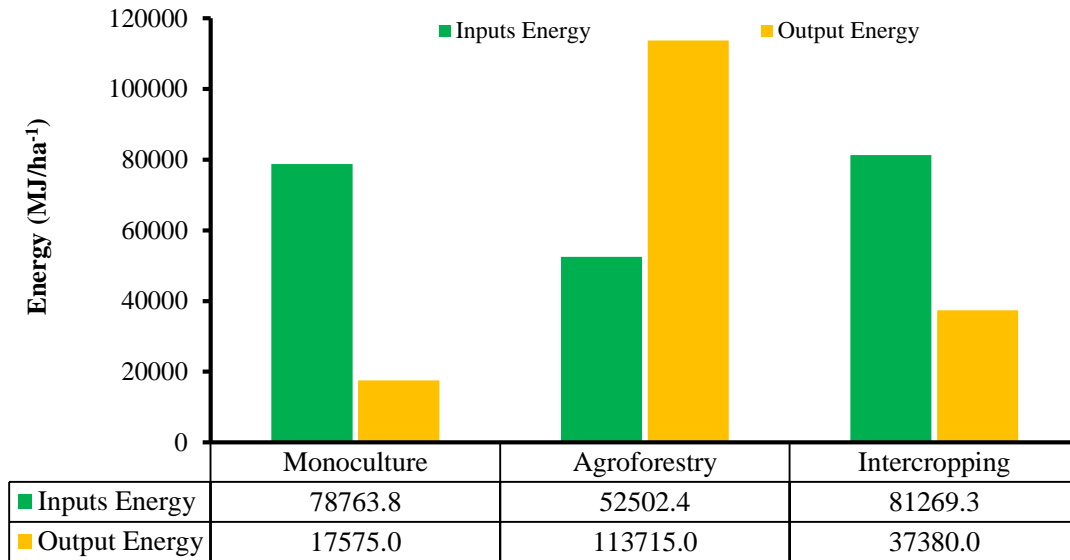
### ۳-۲. نسبت انرژی ورودی و خروجی کل در سیستم‌های کشت بامیه

نتایج این بررسی نشان داد بیشترین انرژی کل ورودی در سیستم کشت مخلوط با ۸۱۲۶۹/۲۷ مگاژول در هکتار و کمترین آن در جنگل زراعی با ۵۲۵۰۲/۴۲ مگاژول در هکتار به دست آمد (شکل ۲). همچنین نتایج نشان می‌دهد نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی سیستم در کشت‌های مختلف بامیه متفاوت است، به طوری که در شرایط کشت خالص بامیه انرژی کل خروجی سیستم با ۱۷۵۷۵ مگاژول در هکتار تنها ۲۲/۳۱ درصد کل انرژی ورودی می‌باشد؛ این مقدار در کشت مخلوط ۴۵/۹۹ درصد بود (شکل ۲). در حالی که در شرایط جنگل زراعی انرژی خروجی ۴۶/۱۷ درصد بیشتر از انرژی ورودی به سیستم بود که نشان از نسبت بالا و مثبت آن دارد (شکل ۲). به نظر می‌رسد نیاز کمتر درخت خرما و کاهش نهاده‌های مصرفی در کشت بامیه در سیستم جنگل زراعی از دلایل کم‌تر بودن انرژی ورودی به این سیستم می‌باشد. همچنین ضریب معادل انرژی بالاتر خرما نسبت به دیگر محصولات و عملکرد بالای آن در هکتار از دیگر دلایل بالاتر بودن انرژی خروجی جنگل زراعی نسبت به کشت خالص و مخلوط می‌باشد. بررسی میزان انرژی مصرفی در روش‌های مرسوم و جایگزین کشت برنج نشان داد روش‌های مرسوم انرژی مصرفی بالاتری دارند، سهم بالایی از این انرژی مختص به انرژی‌های غیر مستقیم و تجدیدپذیر بود (Htwe *et al.*, 2021). بررسی انرژی کشت کدو حلوايي نشان داد انرژی ورودی به سیستم ۱۶/۱۹۱ و خروجی سیستم ۲۷/۱۴۳ مگاژول بر هکتار بود و بیشترین سهم از انرژی مصرف شده متعلق به کودهای شیمیایی بود (Sharifi *et al.*, 2021). میزان انرژی ورودی و خروجی کشت سیب‌زمینی در استان گلستان به ترتیب ۳۰/۸ و ۷۹/۲ گیگاژول در هکتار و نسبت انرژی خروجی به ورودی ۲/۱۳ بود (Feyzbakhsh *et al.*, 2019).

جدول ۵. میزان انرژی ورودی/خروجی سیستم‌های کشت مختلف بامیه در هکتار.

Inputs	Intercropping (MJ ha <sup>-1</sup> )	Mono culture (MJ ha <sup>-1</sup> )	Agroforestry (MJ ha <sup>-1</sup> )
Human labor	6597.04	4940.5132	3814.8068
Machinery	783.75	909.15	313.5
Plastic	24494.85	30970.5	38290.8
Diesel fuel	33180	28440	0
Chemical fertilizers	12357.89	10550.55	5979.52
Nitrogen	10648.54	9127.32	4563.66
Phosphate	1430.6	1144.48	858.36
Potassium (K <sub>2</sub> O)	278.75	278.75	557.5
Manure	2010	1800	1500
Micronutrients	600	0	720
Herbicide	255	255	595
Insecticide	895.5	895.5	1194
Fungicide	92	0	92
Okra seed	2.24	2.56	2.8
Cucumber seed	1	0	0
Output			
Okra	11780	17575	6650
Cucumber	25600	0	0
Date palm	-	0	107065
Total energy inputs	81269.2764	78763.773	52502.4268
Total energy output	37380	17575	113715





شکل ۲. نسبت سهم انرژی ورودی و خروجی هر یک از سیستم‌های کشت بامیه.

### ۳-۳. سهم نهاده‌ها از کل انرژی ورودی در سیستم‌های کشت بامیه

نتایج این بررسی نشان داد در شرایط کشت خالص بامیه بیشترین سهم از انرژی کل ورودی به ترتیب با ۳۹/۳۲، ۳۶/۱۱ و ۱۳/۴۰ درصد متعلق به سوخت دیزلی، پلاستیک مصرفی و کودهای شیمیایی می‌باشد (شکل ۳). کمترین مقدار انرژی ورودی در کشت خالص نیز متعلق به نهاده‌های بذر مصرفی، ماشین‌آلات کشاورزی و سموم شیمیایی بود (شکل ۳). در شرایط کشت مخلوط بامیه و خیار بیشترین انرژی ورودی با ۴۰/۸۳، ۳۰/۱۴ و ۱۵/۲۱ درصد در نهاده‌های پلاستیک مصرفی، سوخت دیزلی و کودهای شیمیایی به دست آمد (شکل ۳). کمترین مقدار نیز به ترتیب در بذر مصرف شده، کودهای ریزمغذی و ماشین‌های کشاورزی مشاهده شد (شکل ۳). بررسی میزان انرژی مصرف شده در شرایط جنگل زراعی بامیه و خرما نیز نشان داد بالاترین سهم از انرژی کل مصرفی با ۷۲/۹۳، ۱۱/۳۹ و ۷/۲۷ درصد به ترتیب متعلق به سوخت دیزلی، کود شیمیایی و نیروی انسانی می‌باشد، کمترین آن نیز متعلق به بذر مصرفی، ماشین‌های کشاورزی و کودهای ریزمغذی بود (شکل ۳). میزان کل انرژی مصرف شده در تولید خرما ۳۵/۵۲ گیگا ژول در هکتار می‌باشد که در بین نهاده‌ها سهم آبیاری، گازوئیل و کود دامی بیشتر از دیگر نهاده‌ها می‌باشد (Hesampour *et al.*, 2022a). بررسی بهره‌وری انرژی تولید گندم و کلزا در شهرستان خرمشهر نشان داد میزان انرژی ورودی در یک هکتار مزارع گندم و کلزا مورد مطالعه ۴۱۸۱۰ و ۳۳۵۱۷ مگاژول بود که بیشترین تأثیر را نهاده‌های الکتریسیته، کود نیتروژن و سوخت به خود اختصاص دادند (Khodaei jaghan *et al.*, 2022).

بررسی شاخص‌های انرژی تولید گرمک دیم در شهرستان ایلام نشان دادند کل انرژی ورودی و خروجی در تولید گرمک دیم به ترتیب برابر با ۳۹۰۲۱/۵۹ و ۳۹۱۹۰/۴۳ مگاژول بر هکتار بوده و سوخت دیزل، ماشین‌های کشاورزی و کود نیتروژن به ترتیب با سهم ۵۱، ۲۴ و ۱۴ درصد، پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی بودند. سهم انرژی مستقیم، غیر مستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر به ترتیب برابر با ۵۷٪، ۴۳٪، ۷٪ و ۹۳٪ درصد بود (Kaab *et al.*, 2021). ارزیابی جریان انرژی در تولید پامچال گلخانه‌ای نشان

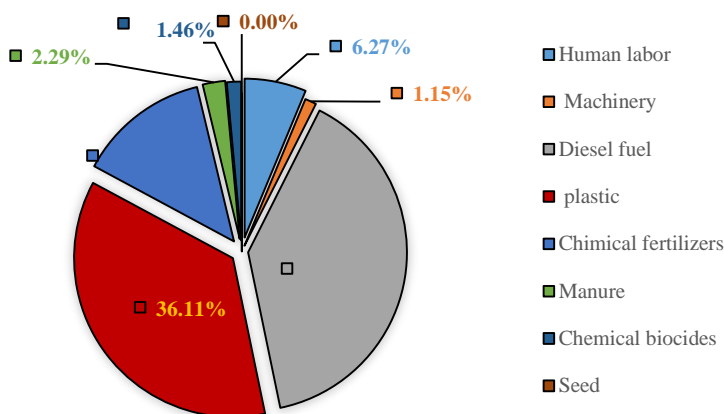
دادند بیشترین سهم از انرژی کل با ۶۶ درصد مرتبط به انرژی مصرف شده مستقیم بود، در این تحقیق پلاستیک مصرف شده، سوخت دیزلی و کودهای شیمیایی سهم بالایی از انتشارات کل را داشتند (Salehpour et al., 2020).

#### ۴-۳. ارزیابی شاخص‌های انرژی سیستم‌های کشت بامیه

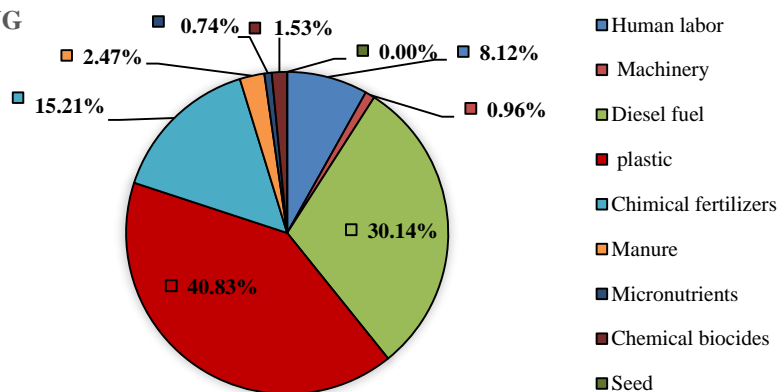
نتایج بررسی شاخص‌های انرژی سیستم‌های کشت بامیه نشان داد بالاترین میزان نسبت انرژی با ۲/۱۶ در جنگل زراعی بامیه و خرما به دست آمد که نسبت به کشت خالص (۰/۲۲۳) و کشت مخلوط (۰/۴۶۰) برتری داشت (جدول ۶). نسبت انرژی بیانگر میزان انرژی تولیدی به ازای هر مگاژول انرژی ورودی می‌باشد که این نسبت با افزایش میزان انرژی خروجی که خود بیانگر عملکرد بالاتر یک سیستم یا کاهش انرژی ورودی آن است بهبود می‌یابد. عملکرد بهتر جنگل زراعی بامیه در این شاخص به دلیل عملکرد خرما و ضریب انرژی آن و همچنین انرژی ورودی کمتر در هکتار می‌باشد. این میزان در کشت مخلوط با وجود انرژی ورودی بالاتر نسبت به کشت خالص، به دلیل عملکرد بالاتر محصولات (جمع بامیه و خیار) و انرژی خروجی بالاتر نسبت انرژی بالاتری داشت (شکل ۲ و جدول ۶). بررسی شاخص بهره‌وری انرژی که نشان‌دهنده کیلوگرم محصول تولید شده به ازای مگاژول انرژی ورودی می‌باشد نشان داد کشت مخلوط بامیه و خیار با ۰/۴۷۰ کیلوگرم بر مگاژول نسبت به کشت خالص (۰/۱۱۷ کیلوگرم بر مگاژول) و کشت مخلوط (۰/۲۸۶ کیلوگرم بر مگاژول) به ترتیب ۳۰۱/۷۰ و ۶۴/۳۳ درصد برتری دارد (جدول ۶). مجموع عملکرد تولید شده در کشت مخلوط نسبت به دیگر سیستم‌های کشت بالاتر می‌باشد؛ این امر با وجود انرژی ورودی بالاتر منجر به برتری در این شاخص شد. کاهش انرژی ورودی و همچنین افزایش عملکرد در واحد سطح می‌تواند این شاخص را بهبود بخشد، به طوری که جنگل زراعی بامیه با افزایش عملکرد در واحد سطح از طریق کشت بامیه زیر درختان خرما نسبت به کشت خالص در این شاخص برتری داشت. کشت خالص بامیه با توجه به انرژی ورودی بالای آن و تک‌محصولی بودن، از بهره‌وری کمتری برخوردار بود. بررسی شاخص شدت انرژی که نشان‌دهنده مقدار انرژی مصرف شده جهت تولید محصول می‌باشد نشان داد کشت مخلوط بامیه و خیار با ۲/۱۲ مگاژول بر کیلوگرم نسبت به کشت خالص و جنگل زراعی عملکرد بهتری داشت (جدول ۶). کشت خالص بامیه با توجه به انرژی ورودی بالای آن و همچنین عملکرد محصول در واحد هکتار کمتر نسبت به دیگر سیستم‌های کشت بامیه، از نظر شاخص شدت انرژی نسبت به کشت مخلوط و جنگل زراعی عملکرد ضعیف‌تری داشت؛ به طوری که کشت مخلوط بامیه و خیار و همچنین بامیه و خرما به دلیل عملکرد بالاتر در هکتار از نظر شاخص شدت انرژی وضعیت بهتری داشتند. به نظر می‌رسد جهت بهبود این شاخص در شرایط کشت خالص علاوه بر کاهش مقدار انرژی ورودی با بهینه‌سازی مصرف نهاده‌ها، می‌بایست عملکرد در واحد سطح را از طریق شیوه‌های مدیریتی افزایش داد. ارزیابی شاخص افزوده خالص انرژی نشان داد تنها در شرایط جنگل زراعی بامیه و خرما میزان این شاخص مثبت می‌باشد که نشان‌دهنده بالاتر بودن انرژی خروجی سیستم نسبت به انرژی ورودی به آن می‌باشد (جدول ۶). در شرایط کشت خالص و مخلوط بامیه میزان انرژی ورودی به سیستم بالاتر از خروجی آن بود که بخش عمده آن به دلیل انرژی بالاتر نهاده‌های مصرف شده همچون پلاستیک و سوخت دیزلی به همراه کودهای شیمیایی است. عملکرد کمتر کشت خالص نسبت به دیگر سیستم‌های کشت بامیه و همچنین انرژی ورودی بالای آن باعث کاهش افزوده انرژی خالص شد، درحالی که در شرایط کشت مخلوط و جنگل زراعی عملکرد بالاتر در واحد سطح منجر به بهبود این شاخص شد. مقدار انرژی کمتر در جنگل زراعی به دلیل کاهش مصرف نهاده‌ها همچون کودهای شیمیایی و عدم مصرف پلاستیک در کنار خروجی بالای آن از دلایل برتری در این شاخص می‌باشد.

بررسی شاخص‌های انرژی گرمک دیم در ایلام نشان داد شاخص کارایی انرژی و افزوده خالص انرژی در این مطالعه به ترتیب مقدار ۱/۰۰۴ و ۱۶۸/۸۴ مگاژول بر هکتار به دست آمد (Kaab et al., 2021). بررسی بهره‌وری انرژی تولید گندم و کلزا در شهرستان خرمشهر نشان داد کارایی مصرف انرژی برای گندم ۱/۳۲ و برای کلزا ۲/۱۵ به دست آمد (Khodaei jaghan et al., 2022).

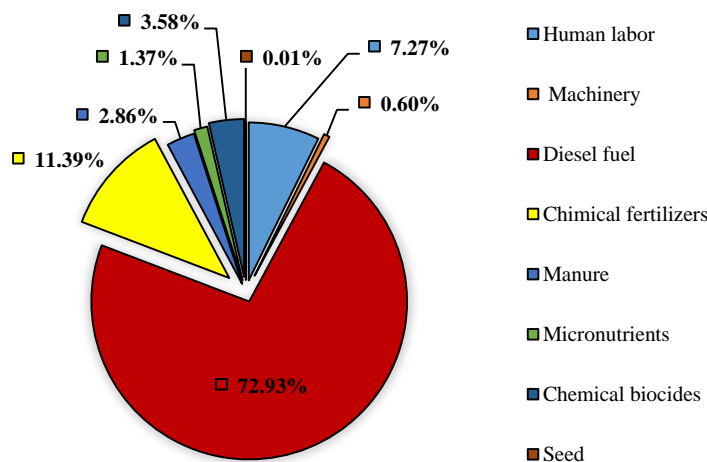
**MONOCULTURE**



**INTERCROPPING**



**AGROFORESTRY**



شکل ۳. سهم نهاده‌ها از انرژی کل ورودی یک هکتار کشت خالص، مخلوط و جنگل زراعی بامیه در استان خوزستان.

جدول ۶. شاخص‌های انرژی مورد محاسبه در سیستم‌های مختلف کشت بامیه

Index	Unit	Intercropping	Mono culture	Agroforestry
Energy Ratio	Ratio	0.460	0.223	2.166
Energy Productivity	kg MJ <sup>-1</sup>	0.470	0.117	0.286
Specific Energy	MJ kg <sup>-1</sup>	2.127	8.515	3.50
Net Energy Gain	MJ ha <sup>-1</sup>	-43889.28	-61188.77	61212.57

مقایسه شاخص‌های انرژی گندم و زعفران نشان داد بهره‌وری انرژی برای زعفران و گندم به ترتیب ۰/۰۰۰۰۱۹ و ۰/۰۹۷ کیلوگرم به‌ازای مگاژول انرژی است، بالاترین سهم از انرژی ورودی به مزارع گندم کود نیتروژن و سوخت و برای زعفران بنه و

الکتربسیته بود (Khorramdel et al., 2020). بررسی شاخص‌های انرژی در تولید شکر از چغندر قند نشان داد کل انرژی ورودی در تولید ۱۰۰ تن شکر ۴۷۸۸۶۹۰ مگاژول انرژی می‌باشد، موثرترین نهاده در انرژی کل تولید نیز با ۴۳ درصد متعلق به گاز طبیعی بود. همچنین شاخص‌های نسبت انرژی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی نیز به ترتیب ۰/۵۶، ۰/۰۲، ۰/۹ و ۴۷/۹ و ۲۰۷۵۴۹۹- محاسبه شد (Gholamrezae et al., 2021).

#### ۴. نتیجه‌گیری

بررسی مقایسه‌ای سه سیستم کشت مورد بررسی در شاخص‌های انرژی نشان داد جنگل زراعی بامیه و درخت خرما با نسبت انرژی ۲/۱۶ نسبت به کشت خالص و مخلوط برتری دارد، این برتری با توجه به میزان انرژی خروجی بالاتر نسبت به انرژی ورودی به دست آمد. شاخص افزوده خالص انرژی نیز نشان داد مقدار این شاخص تنها در جنگل زراعی بامیه و خرما مثبت می‌باشد که این مثبت بودن به دلیل میزان انرژی خروجی بالاتر نسبت به انرژی ورودی به سیستم می‌باشد. سهم نهاده‌ها از کل انرژی ورودی به سیستم‌های کشت بامیه نشان می‌دهد پلاستیک، سوخت دیزلی و کودهای شیمیایی بیشترین سهم را به خود اختصاص می‌دهند، بنابراین جهت بهبود شاخص‌های انرژی، این نهاده‌ها باید به‌طور بهینه مصرف شده و در صورت امکان با نهاده‌های کم‌انرژی جایگزین شوند. بررسی‌ها نشان می‌دهد جهت بر خورداری از سیستم کشت موفق از نظر شاخص‌های انرژی علاوه بر کاهش سهم نهاده از انرژی کل و بهینه‌سازی مصرف آن‌ها، می‌بایست عملکرد در واحد سطح را نیز افزایش داد. از این رو کشت مخلوط به دلیل عملکرد کمی بالاتر در شاخص‌های بهره‌وری انرژی و شدت انرژی نسبت به دیگر سیستم‌ها برتری داشت. با کاهش اتکا به سوخت‌های فسیلی و همچنین نهاده‌های شیمیایی می‌توان شاخص‌های انرژی را در هر سه روش خالص، مخلوط و جنگل زراعی بهبود بخشید. در این راستا استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر همچون انرژی خورشیدی و کودهای زیستی می‌تواند از راهکارهای بهبود انرژی در تولید بامیه در استان خوزستان باشد. افزایش انرژی خروجی از نظر عملکرد کمی بالاتر در کشت خالص بامیه در عین کاهش انرژی ورودی با بهینه‌سازی تولید از نظر مصرف نهاده‌ها همچون کود شیمیایی، سوخت دیزلی و پلاستیک مصرفی می‌تواند موجب توسعه هرچه بیشتر تولید بامیه در استان خوزستان نسبت به گذشته شود.

#### ۶. منابع

- Arefi, R., Soltani, A., & Ajamnoroezi, H. (2018). Estimation of fuel energy consumption and indicators of cotton production in Golestan province (Iran). *Journal of Agroecology*, 10(3), 853–874. (In Persian)
- Bettles, J., Battisti, D.S., Cook-Patton, S.C., Kroeger, T., Spector, J.T., Wolff, N.H., & Masuda, Y.J. (2021). Agroforestry and non-state actors: A review. *Forest Policy and Economics*, 130, 102538.
- Bourke, P.M., Evers, J.B., Bijma, P., van Apeldoorn, D.F., Smulders, M.J.M., Kuyper, T.W., Mommer, L., & Bonnema, G. (2021). Breeding beyond monoculture: Putting the “intercrop” into crops. *Frontiers in Plant Science*, 12, 2602.
- Cuartero, J., Pascual, J.A., Vivo, J.M., Özbolat, O., Sánchez-Navarro, V., Egea-Cortines, M., Zornoza, R., Mena, M.M., Garcia, E., & Ros, M. (2022). A first-year melon/cowpea intercropping system improves soil nutrients and changes the soil microbial community. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 328, 107856.
- Dantas, T.L., Alonso Buriti, F.C., & Florentino, E.R. (2021). Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as a potential functional food source of mucilage and bioactive compounds with technological applications and health benefits. *Plants*, 10(8), 1683.
- Fekadu Gemedo, H., Ratta, N., & Haki, G.D. (2015). Nutritional quality and health benefits of “okra” (*Abelmoschus esculentus*): A Review. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4(2), 208.
- Feyzbakhsh, M.T., Dorri, M.A., & Rezvantlab, N. (2019). Evaluation of energy indices and its impact on global warming potential for potato production: A case study, Golestan province. *Journal of Agroecology*, 11(1), 53–68. (In Persian)
- 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.
- Gholamrezae, H., Kheiralipour, K., & Rafiee, S. (2021). Investigation of energy and environmental indicators in sugar production from sugar beet. *Journal of Environmental Science Studies*, 6(2), 3540–3548. (In Persian)
- Golshani, F., Asgharipour, M.R., Ghanbari, A., Seyedabadi, E., & Campbel, D. (2021). Monitoring the sustainability of cropland of Boland village in Sistan and Baluchistan province, Iran using emergy approach. *Journal of Agroecology*. Available online from 28 December, 2021. (In Persian)

- Hesampour, R., Hassani, M., Hanafiah, M.M., & Heidarbeigi, K. (2022). Technical efficiency, sensitivity analysis and economic assessment applying data envelopment analysis approach: A case study of date production in Khuzestan state of Iran. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(3), 197–207.
- Hesampour, R., Taki, M., Fathi, R., Hassani, M., & Halog, A. (2022). Energy-economic-environmental cycle evaluation comparing two polyethylene and polycarbonate plastic greenhouses in cucumber production (from production to packaging and distribution). *Science of the Total Environment*, 828, 154232.
- Htwe, T., Sinutok, S., Chotikarn, P., Amin, N., Akhtaruzzaman, M., Techato, K., & Hossain, T. (2021). Energy use efficiency and cost-benefits analysis of rice cultivation: A study on conventional and alternative methods in Myanmar. *Energy*, 214, 119104.
- Javam, M., Ghasemi Nejad Raeni, M., & Marzban, A. (2020). Economic analysis of okra production systems in Khuzestan province. *Agricultural Mechanization and Systems Research*, 21(74), 33–46.
- Jiang, Z.D., Owens, P.R., Ashworth, A.J., Fuentes, B.A., Thomas, A.L., Sauer, T.J., & Wang, Q.B. (2021). Evaluating tree growth factors into species-specific functional soil maps for improved agroforestry system efficiency. *Agroforestry Systems*, 1–12.
- Kaab, A., Sharifi, M., & Moradi, H. (2021). Analysis of energy indicators and environmental impacts of dryland cantaloupe production with life cycle assessment approach (Case study: Ilam). *Journal of Agricultural Machinery*, 11(2), 491–504. (In Persian)
- Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A., & Chau, K. (2019). Use of optimization techniques for energy use efficiency and environmental life cycle assessment modification in sugarcane production. *Energy*, 181, 1298–1320.
- 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, 1005–1019.
- Karami, E., Almasi, A., Kashi, A., & Etminani, A. (2022). The effect of wind breaking of sweet corn and okra on growth indices and yield of cucumber in strip intercropping system. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 52(4), 789–798. (In Persian)
- Karamian, F., Mirakzadeh, A.A., & Azari, A. (2021). Analysis of water and energy consumption and environment impacts of agricultural production in Miandarbhand plain of Kermanshah province. *Journal of Agroecology*. Available online from 11 July, 2021. (In Persian)
- Khodaei Joghani, A., Taki, M., & Matorian, H. (2022). Evaluating energy productivity, greenhouse gas emission, global warming potential and sustainability index of wheat and rapeseed agroecosystems in Khorramshahr. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 32(1), 309–324. (In Persian)
- Khorrandel, S., Nassiri Mahallati, M., Latifi, H., & Farzaneh Belgerdi, M.R. (2020). Comparison between energy, environmental and economical indicators of irrigated wheat and saffron agroecosystems in Khorasan-e Razavi province. *Journal of Saffron Research*, 8(1), 29–54. (In Persian)
- Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Yousefi, M., & Movahedi, M. (2013). Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. *Energy*, 52, 333–338.
- Liu, Y., Høgh-Jensen, H., Egelyng, H., & Langer, V. (2010). Energy efficiency of organic pear production in greenhouses in China. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25(3), 196–203.
- 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)
- Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., & Chau, K.W. (2018). Integration of artificial intelligence methods and life cycle assessment to predict energy output and environmental impacts of paddy production. *Science of the Total Environment*, 631–632, 1279–1294.
- Nabavi-Pelesaraei, A., Saber, Z., Mostashari-Rad, F., Ghasemi-Mobtaker, H., & Chau, K. (2021). Coupled life cycle assessment and data envelopment analysis to optimize energy consumption and mitigate environmental impacts in agricultural production. *Methods in Sustainability Science*, 227–264.
- Ordikhani, H., Parashkoohi, M.G., Zamani, D.M., & Ghahderijani, M. (2021). Energy-environmental life cycle assessment and cumulative exergy demand analysis for horticultural crops (Case study: Qazvin province). *Energy Reports*, 7, 2899–2915.
- Ozkan, B., Akcaoz, H., & Fert, C. (2004). Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, 29(1), 39–51.
- Pirdashti, H., Saber, Z., Esmaeili, M., Motevali, A., & Nabavi-Pelesaraei, A. (2021). Assessing the energy components and the environmental impacts of the different rice production systems using life cycle assessment (LCA) method. *Journal of Agroecology*. Available online from 26 May, 2021. (In Persian)
- 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.

- Romdhane, M.H., Chahdoura, H., Barros, L., Dias, M.I., Corrêa, R.C.G., Morales, P., Ciudad-Mulero, M., Flamini, G., Majdoub, H., & Ferreira, I.C.F.R. (2020). Chemical composition, nutritional value, and biological evaluation of Tunisian okra pods (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Molecules*, 25(20), 4739.
- Salehpour, T., Khanali, M., & Rajabipour, A. (2020). Environmental impact and energy flow assessment in greenhouse primrose production using cumulative energy demand and cumulative energy demand Approach. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 50(4), 771–785. (In Persian)
- Sharifi, M., Soodmand-Moghaddam, S., & Akram, A. (2021). Investigating the energy consumption and environmental pollutants of pumpkin production (Case study: Boroujerd county). *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 52(1), 27–36. (In Persian)
- Tavakkoli Kakhki, H.R., & Ghodsi, M. (2020). Evaluation of energy efficiency indices according to wheat (*Triticum aestivum* L.) based crop in conservation agricultural systems in temperate climate region (A case study: Gonabad). *Journal of Agroecology*, 12(3), 433–445. (In Persian)
- Tuti, M.D., Prakash, V., Pandey, B.M., Bhattacharyya, R., Mahanta, D., Bisht, J.K., Kumar, M., Mina, B.L., Kumar, N., Bhatt, J.C., & Srivastva, A.K. (2012). Energy budgeting of colocasia-based cropping systems in the Indian Sub-Himalayas. *Energy*, 45(1), 986–993.
- Vafabakhsh, J., & Mohammadzadeh, A. (2019). Energy flow and GHG emissions in major field and horticultural crop production systems (Case study: Sharif Abad plain). *Journal of Agroecology*, 11(2), 365–382. (In Persian)