Iranian Journal of Biosystem Engineering ISNN: 2423-7841
Homepage: http://ijbse.ut.ac.ir

Assessment of bioenergy production potential from agricultural residues in Markazi Province

Majid Khanali[1]✉ | Movahed Sepahvand[2] | Hassan Ghasemi-Mobtaker[3] | Shirin Mohammad samiee[4]

1. Corresponding Author, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: Khanali@ut.ac.ir
2. Agricultural Engineering Research Group, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Khorramabad, Iran. E-mail: Sepahvandmovahed@gmail.com
3. Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: Mobtaker@ut.ac.ir
4. Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agriculture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: Sh.msamiee@gmail.com

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: Sep. 7, 2024

Revised: Oct. 23, 2024

Accepted: Nov. 6, 2024

Published online: Summer 2024

Keywords:
Renewable Energy, Biomass, Agricultural Residues, Combined Heat and Power (CHP)

ABSTRACT

The depletion of fossil resources and the environmental impacts of burning fossil fuels have heightened the importance of renewable energy sources, including biomass. One effective way to harness biomass energy is through the simultaneous production of electricity and heat from agricultural waste. Given the significant amount of agricultural residues and their inadequate management in the country, it is crucial to assess the potential for bioenergy production and analyze the distribution of this renewable resource across different regions of Iran. This research aims to evaluate the bioenergy production potential from agricultural residues in Markazi Province. Data for this study was gathered from relevant organizations, library sources, and agricultural statistics covering crops (2016-17 to 2020-21) and horticulture (2017-21) over a five-year period. The results indicate that the annual production of crops and horticulture in the province was 1,194,134 tons. The theoretical biomass potential, theoretical energy potential, and available energy from these residues were calculated to be 910,069 tons, 15,424,483 GJ, and 3,340,869 GJ, respectively. The energy potential and the electrical and thermal output of the CHP (Combined Heat and Power) system from the residues were estimated at 263,449 MWh of electricity (37.65 MW) and 406,994 MWh of heat (58.16 MW). Additionally, the global warming potential index was estimated to be 181,954.54 tons of CO2 equivalent. Based on the per capita electricity consumption of 6.218 MWh in the province for 2021, the electrical energy generated from these residues could meet the electricity needs of 42,369 residents.

Cite this article: Khanali, M., Sepahvand, M., Ghasemi-Mobtaker, H., & Mohammad samiee, Sh. (2024). Assessment of bioenergy production potential from agricultural residues in Markazi Province, *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 55 (2), 113-128. https://doi.org/10.22059/ijbse.2024.381242.665564

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijbse.2024.381242.665564

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The depletion of fossil resources and the environmental impact of burning fossil fuels have heightened the importance of renewable energy sources, including biomass energy. One effective method for harnessing energy from biomass is the combined generation of electricity and heat from agricultural waste. Cogeneration, a highly efficient technology, produces both electricity and thermal energy using a variety of technologies and fuels, offering a cost-effective solution to reduce CO_2 emissions. Given the significant amount of agricultural residues and the lack of proper management in the country, it is crucial to assess the potential for bioenergy production and to map the distribution of this renewable resource across different regions of Iran. This research, therefore, aims to evaluate the potential for bioenergy production from agricultural residues in Markazi Province, Iran.

Material and Methods

Information for this study was gathered from relevant organizations, library sources, and agricultural statistics on crops (2016-17 to 2020-21) and horticulture (2017-21), covering a five-year period. This section of the research focuses on the geographical location of the region, crop and horticulture data, methods for calculating the theoretical and available energy of residues, the examination of simultaneous electricity and heat production, and the estimation of pollutant emissions from bioenergy production using agricultural residues.

Results and Discussion

The study results showed that the annual production of crops and horticulture in the province amounted to 1,194,134 tons. The theoretical biomass potential, theoretical energy potential, and available energy from their residues were calculated to be 910,069 tons, 15,424,483 GJ, and 3,340,869 GJ, respectively. The energy potential and the electrical and thermal power of the CHP (Combined Heat and Power) system from the total residues of the studied crops and horticulture were estimated at 263,449 MWh of electricity with a power of 37.65 MW and 406,994 MWh of heat with a power of 58.16 MW. Additionally, the global warming potential index was calculated to be 181,954.54 tons of CO_2 equivalent. Among the crops studied, wheat had the highest energy potential, generating 115,457 MWh of electricity with a power of 16.50 MW and 129,890 MWh of heat with a power of 18.56 MW. In contrast, walnut residues had the lowest energy potential, producing 11,169 MWh of electricity with a power of 0.17 MW and 4,675 MWh of heat with a power of 0.67 MW.

Conclusion

Based on the per capita electricity consumption of 6.218 MWh in the province for 2021, the electrical energy generated from crop and horticultural residues could meet the needs of 42,369 residents. The findings indicate that Markazi province, Iran, has significant potential for bioenergy production from agricultural residues.

Author Contributions

Conceptualization, M.Kh., M.S. and H.Gh.M.; methodology, M.Kh. and M.S.; software, M.S. and Sh.M.; validation, M.Kh. and M.S.; formal analysis, M.Kh., M.S. and H.Gh.M.; investigation, M.S.; resources, M.S. and Sh.M.; data curation, M.Kh., M.S., H.Gh.M. and Sh.M.; writing-original draft preparation, M.Kh. and M.S.; writing-review and editing, M.Kh. and M.S.; visualization, M.Kh. and H.Gh.M.; supervision, M.Kh. and M.S.; project administration, M.Kh. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Data Availability Statement

The original contributions presented in the study are included in the article, further inquiries can be directed to the corresponding author.

Acknowledgments

The authors would like to acknowledge for all supports by Faculty of Agriculture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Ethical considerations

The study was approved by the Ethics Committee of the University of Tehran. authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

مجله مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۵، شماره ۲ شاپا: ۷۸۴۱-۲۴۲۳
Homepage: http://ijbse.ut.ac.ir

پتانسیل‌سنجی تولید انرژی زیستی از پسماندهای کشاورزی در استان مرکزی

مجید خانعلی[۱]✉ | موحد سپهوند[۲] | حسن قاسمی‌مبتکر[۳] | شیرین محمدسمیعی[۴]

۱. نویسنده مسئول، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
رایانامه: Khanali@ut.ac.ir

۲. گروه تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران. رایانامه: Sepahvandmovahed@gmail.com

۳. گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: Mobtaker@ut.ac.ir

۴. گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: Sh.msamiee@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۱۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۸/۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۱۶
تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۳

واژه‌های کلیدی:
انرژی تجدیدپذیر،
زیست‌توده،
پسماند کشاورزی،
تولید همزمان برق و حرارت

چکیده

محدودیت منابع فسیلی و اثرات زیست‌محیطی ناشی از سوختن آن‌ها، اهمیت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله انرژی زیست‌توده را افزایش داده است. یکی از راه‌های تولید انرژی از زیست توده، تولید همزمان برق و حرارت از انرژی پسماندهای کشاورزی است. با توجه به سهم بالای پسماندهای کشاورزی و عدم مدیریت صحیح آن در کشور، ضروری است پتانسیل تولید انرژی زیستی و تعیین پراکندگی این منبع تجدیدپذیر در مناطق مختلف ایران مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین این تحقیق با هدف پتانسیل‌سنجی تولید انرژی زیستی از پسماندهای کشاورزی در استان مرکزی صورت گرفت. اطلاعات مربوط به‌این مطالعه از سازمان‌های ذی‌ربط، منابع کتابخانه‌ای و آمارنامه‌های کشاورزی محصولات زراعی (۱۴۰۰-۱۳۹۹) – (۹۶-۱۳۹۵) و باغی (۱۳۹۶-۱۴۰۰) برای یک دوره ۵ ساله جمع‌آوری شد. بر اساس نتایج؛ میزان تولید سالانه کل محصولات زراعی و باغی شاخص در استان ۱۱۹۴۱۳۴ تن و مقادیر زیست‌توده نظری، پتانسیل انرژی نظری و انرژی قابل استحصال از پسماند این محصولات به‌ترتیب ۹۱۰۰۶۹ تن، ۱۵۴۲۴۴۸۳ گیگاژول و ۳۳۴۰۸۶۹ گیگاژول محاسبه شد. پتانسیل انرژی و توان الکتریکی و حرارتی سامانه CHP از پسماند کل محصولات زراعی و باغی مورد مطالعه به‌ترتیب ۲۶۳۴۴۹ مگاوات‌ساعت برق با توان ۳۷/۶۵ مگاوات و ۴۰۶۹۹۴ مگاوات‌ساعت حرارت با توان ۵۸/۱۶ مگاوات به‌دست آمد. همچنین مقدار شاخص پتانسیل گرمایش جهانی ۱۸۱۹۵۴/۵۴ تن معادل CO_2، برآورد شد. با توجه به سرانه مصرف برق ۶/۲۱۸ مگاوات‌ساعتی استان در سال ۱۴۰۰، انرژی الکتریکی تولید شده از پسماند کل محصولات شاخص زراعی و باغی، می‌تواند نیاز برق ۴۲۳۶۹ نفر از جمعیت استان را تامین نماید.

استناد: خانعلی ، مجید؛ سپهوند، موحد؛ قاسمی‌مبتکر، حسن؛ و محمدسمیعی، شیرین (۱۴۰۳) پتانسیل‌سنجی تولید انرژی زیستی از پسماندهای کشاورزی در استان مرکزی، *مجله مهندسی بیوسیستم ایران*، ۵۵ (۲)، ۱۲۸-۱۱۳. https://doi.org/10.22059/ijbse.2024.381242.665564

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijbse.2024.381242.665564

مقدمه

تقاضای انرژی در جهان به دلایلی مانند افزایش جمعیت و پیشرفت فناوری، به سرعت رو به رشد است. محدودیت منابع فسیلی و اثرات زیست‌محیطی ناشی از سوختن آن‌ها، ضرورت کاهش مصرف انرژی فسیلی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله زیست‌توده را نمایان می‌دارد (نبی بیدهندی و همکاران، ۱۴۰۰). زیست‌توده حدود ۱۴ درصد (۵۶ میلیون تراژول در سال) از انرژی اولیه جهان را تأمین کرده است و از این لحاظ در میان انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، مقام نخست در عرضه انرژی اولیه را دارا می‌باشد (Tursi, 2019). همچنین در زمینه تولید انرژی الکتریکی از منابع تجدیدشونده، زیست‌توده پس از انرژی برق‌آبی در جایگاه دوم جهانی قرار دارد (Banja, 2013). وجود پتانسیل فراوان منابع زیست‌توده در ایران، باعث شده‌است که کاربرد و استحصال انرژی (به غیر از سوزاندن چوب) از این مواد از دیرباز رایج شود. پتانسیل انرژی زیست‌توده در ایران معادل ۱۳۲/۵ میلیون‌تن نفت خام در سال ۱۳۸۳ برآورد شد که در این میان سهم منابع مختلف شامل پسماندهای کشاورزی، فضولات دامی، مواد زائد جامد فسادپذیر شهری و فاضلاب‌های شهری و فسادپذیر صنایع به ترتیب ۵۹، ۲۸، ۱۱ و ۲ درصد از کل می‌باشد (بوغلان‌دشتی، ۱۳۸۳). مطالعات متعددی در زمینه پتانسیل‌سنجی تولید انرژی زیستی از پسماندهای کشاورزی در ایران و جهان صورت گرفته است که در ادامه به چند نمونه آن اشاره شده است. در مطالعه‌ای با عنوان ظرفیت ایران در استفاده از بقایای گیاهی، با استفاده از فناوری گازیفیکاسیون، مجموع ارزش بقایای محصولات کشاورزی و زائدات تولید شده چوبی باغی و جنگلی برابر با ارزش حرارتی ۹۹/۱ میلیون بشکه نفت خام یا ۱۴/۴ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی برآورد شد که می‌تواند ۲۰-۲۵ درصد انرژی کشور را تأمین نماید (جهان‌تیغ و همکاران، ۱۳۹۳). در مطالعه‌ای دیگر با موضوع پتانسیل‌سنجی پسماندهای کشاورزی مناسب در ایران برای تولید سوخت زیستی نسل دوم، از ۵۴/۳۴ میلیون تن پسماند تولید شده از ۱۱ محصول شامل غلات (گندم، برنج، جو و ذرت)، سیب‌زمینی، نباتات علوفه‌ای، محصولات صنعتی (نیشکر، چغندرقند و دانه‌های روغنی) و محصولات باغی (سیب، انگور و خرما) در ایران، میزان ۱۱/۲ میلیون تن پسماند قابل استحصال برای تولید سوخت زیستی برآورد شد که از آن می‌توان ۳/۱۵ میلیارد مترمکعب زیست‌گاز تولید کرد. استان‌های خوزستان، فارس و مازندران با پتانسیل تولید ۲۸۵/۷۹، ۲۶۵/۴۱ و ۱۵۱/۱۹ میلیون مترمکعب زیست‌گاز به‌ترتیب در جایگاه اول تا سوم تولید این سوخت زیستی از پسماندهای کشاورزی قرار گرفتند (کریمی علویجه و یغمایی، ۱۳۹۵). در پژوهشی با عنوان ارزیابی پتانسیل تولید انرژی زیستی از پسماند غلات آبی در ایران، مقدار پسماند کل و پسماند قابل استحصال غلات آبی به‌ترتیب ۱۷۶۰۸۷۵۰ و ۳۱۷۴۹۰۳ تن و پتانسیل تولید سالانه زیست‌گاز ۸۶۴/۴۹ میلیون مترمکعب برآورد شد. بیشترین و کمترین پتانسیل تولید زیست‌گاز به‌ترتیب به گندم و ذرت دانه‌ای با مقادیر ۴۵۲/۷ و ۲۸/۷۷ میلیون مترمکعب اختصاص داشت (سپهوند و خانعلی، ۱۴۰۲). در کشور هندوستان، پتانسیل تولید انرژی از پسماندهای کشاورزی، کود حیوانی، فاضلاب‌های صنعتی و سایر پسماندها در سال ۱۹۹۷ معادل ۵/۱۴ اگزا (10^{18}) ژول برآورد شد (Ravindranath et al., 2005). در مطالعه‌ای در جنوب ایتالیا، مقدار پسماند سالانه تولید شده از محصولات کشاورزی در حدود ۸۲۰۰۰۰ تن در منطقه تخمین زده شد که می‌تواند در واحدهای کوچک برای تولید همزمان برق و حرارت مورد استفاده قرار گیرد. نتایج تحلیل‌ها نشان داد که استفاده از زیست‌توده موجود قادر است نیاز حرارتی و بار الکتریکی به ترتیب ۱۱۶۰۰۰ و ۱۷۸۰۰۰ خانوار را به طور همزمان تأمین نماید (Algieri et al., 2019). همچنین در تحقیقی با عنوان پتانسیل تولید انرژی از پسماندهای کشاورزی در بولیوی، میزان پسماند تولید شده از محصولات زراعی عمده این کشور (نیشکر، سویا، ذرت، برنج، سورگوم و آفتابگردان) ۳/۸ میلیون تن برآورد شد. در صورت استفاده از بخش اعظم آن (۳/۲ میلیون تن)، انرژی معادل ۴/۵ تراوات ساعت با توان ۷۲۲ مگاوات تولید خواهد شد (Morato et al., 2019). با توجه به مرور منابع انجام شده و از سوی دیگر، مشکلات زیست‌محیطی و بهداشتی که به دنبال دفن، سوزاندن و رهاسازی پسماندهای کشاورزی در کشور پدیدار گشته و منجر به آلودگی‌های زیست‌محیطی (آب، خاک و هوا) شده‌است، ضرورت مدیریت صحیح پسماندها آشکار می‌گردد. بنابراین با تولید انرژی زیستی از پسماندهای کشاورزی می‌توان در جهت کاهش وابستگی به منابع فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه نیل به توسعه پایدار گام برداشت. همچنین با توجه به سهم بالای پسماندهای کشاورزی از پتانسیل بالقوه انرژی زیست‌توده در ایران، لازم است پتانسیل تولید انرژی زیستی و تعیین پراکندگی این منبع تجدیدپذیر در مناطق مختلف ایران مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین این تحقیق با هدف پتانسیل‌سنجی تولید انرژی زیستی از پسماندهای کشاورزی در استان مرکزی صورت پذیرفت.

روش‌شناسی پژوهش

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان مرکزی با مساحتی معادل ۲۹۱۲۸ کیلومترمربع، ۱/۷۹ درصد از مساحت کشور را به خود تخصیص داده و تقریباً در مرکز ایران بین ۳۳ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی واقع شده است (بی‌نام، ۱۴۰۰).

جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز

اطلاعات مربوط به‌این مطالعه از سازمان‌های ذیربط شامل مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی، سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)، همچنین منابع کتابخانه‌ای و آمارنامه‌های کشاورزی محصولات زراعی (۱۳۹۹–۱۴۰۰) – (۹۶–۱۳۹۵) و باغی (۱۳۹۶–۱۴۰۰) برای یک دوره ۵ ساله جمع‌آوری شده است (بی‌نام، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸، ۱۳۹۹، ۱۴۰۰، ۱۴۰۱).

اطلاعات محصولات زراعی و باغی در منطقه مورد مطالعه

متوسط سالانه سطح زیر کشت محصولات زراعی در استان مرکزی ۳۴۲۰۳۵ هکتار و میزان تولید ۱۶۰۸۱۶۳ تن و سطح بارور و میزان تولید محصولات باغی به‌ترتیب ۶۲۵۲۱ هکتار و ۴۶۹۲۶۱ تن برآورد شده است. استان مرکزی به لحاظ سطح زیرکشت و میزان تولید محصولات زراعی (۱۳۹۹–۱۴۰۰) به‌ترتیب رتبه ۱۴ و۲۰ و به لحاظ سطح بارور و میزان تولید محصولات باغی (۱۴۰۰) رتبه ۱۴ و ۱۹ را در کشور به خود اختصاص داده است (بی‌نام، ۱۴۰۰). در این مطالعه؛ گندم، جو، نخود، لوبیا، چغندرقند، کلزا، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، خربزه و هندوانه به عنوان محصولات شاخص زراعی و سیب، هلو، زردآلو، انگور، پسته، بادام، گردو و انار به عنوان محصولات شاخص باغی استان در نظر گرفته شدند (بی‌نام، ۱۴۰۰).

پتانسیل‌سنجی تولید انرژی از پسماند

به‌منظور پتانسیل‌سنجی تولید انرژی از پسماندهای محصولات زراعی و باغی، محاسبه انرژی در سه مرحله انجام شد. در مرحله اول پتانسیل زیست‌توده نظری[1](TBP)، در مرحله دوم مقدار پتانسیل انرژی نظری[2](TEP) و در مرحله سوم پتانسیل انرژی قابل استحصال[3](AEP) محاسبه شد.

پتانسیل زیست‌توده نظری

پتانسیل زیست‌توده نظری مقدار کل زیست‌توده تولیدی سالانه حاصل از پسماندهای محصولات کشاورزی می‌باشد که بر حسب مقدار عملکرد محصول تولیدی، نسبت پسماند به محصول[4](RPR) و رطوبت محصول[5](M) تغییر می‌کند. پتانسیل زیست‌توده نظری با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (Avcioglu et al., 2019).

رابطه ۱)
$$\mathrm{TBP} = \sum_{i=1}^{n} CP(i) \times RPR(i) \times \left[\frac{100 - M(i)}{100}\right]$$

که در آن TBP پتانسیل زیست‌توده نظری یا مقدار پسماند حاصل از n محصول با شمارشگر i ($\frac{ton}{year}$)، CP مقدار محصول تولیدی سالانه یا عملکرد محصول ($\frac{ton}{year}$)، M رطوبت محصول (%) و RPR نسبت پسماند (بقایا) به عملکرد محصول می‌باشد. مقدار زیست‌توده بقایا با توجه به نوع و چگونگی عملیات کشاورزی و همچنین نحوه استفاده از بقایا از منطقه‌ای تا منطقه دیگر متفاوت است (Avcioglu et al., 2019, Singh et al., 2015). در این مطالعه برای تعیین مقدار RPR محصولات زراعی از یک شاخص مرتبط با عنوان شاخص برداشت[6] (HI) استفاده شد که از رابطه (۲) محاسبه می‌شود (امینیان و همکاران، ۱۳۹۲).

رابطه ۲)
$$RPR = \frac{(1 - HI)}{HI}$$

---

1. Theoretical Biomass Potential
2. Theoretical Energy Potential
3. Available Energy Potential
4. Residue to Product Ratio
5. Moisture Content
1. Harvest Index

که در آن RPR نسبت پسماند (بقایا) به عملکرد محصول و HI شاخص برداشت است. شاخص برداشت از نسبت عملکرد محصول (از قبیل دانه، غده یا میوه) به عملکرد بیولوژیکی (نشان‌دهنده وزن تمامی اندام‌های گیاه) حاصل می‌شود که مقدار آن برای محصولات زراعی مورد مطالعه در جدول (۱) آورده شده است. لازم به ذکر است که منظور از پسماند محصولات باغی، همان بقایای سلولزی حاصل از عملیات هرس درختان میوه (شاخ و برگ) می‌باشد.

جدول ۱. میانگین شاخص برداشت محصولات زراعی مورد مطالعه

محصول		شاخص برداشت (HI)	منبع
گندم	آبی	۴۴	(هدایتی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷)
	دیم	۳۵	(توکلی، ۱۳۹۱)
جو	آبی	۴۲	(احمدی و همکاران، ۱۳۹۳)
	دیم	۳۶	(کمیلی و همکاران، ۱۳۹۷)
نخود	آبی	۴۵	(مجنون حسینی و همکاران، ۱۴۰۱)
	دیم	۴۲	(ملکی و همکاران، ۱۳۹۰)
لوبیا		۴۲	(بیات و همکاران، ۱۳۸۹)
چغندرقند		۷۹	(سعادتی و همکاران، ۱۳۹۶)
کلزا		۲۸	(فتحی و همکاران، ۱۳۹۱)
سیب زمینی		۷۵	(اورسجی و تنهاخواجه، ۱۳۹۶)
گوجه فرنگی		۷۷	(امیری و رستمی اجیرلو، ۱۳۹۷)
خربزه		۶۶	(امینیان و همکاران، ۱۳۹۲)
هندوانه		۶۵	(کمالی و همکاران، ۱۳۹۹)

پتانسیل انرژی نظری

مقدار پتانسیل انرژی نظری حاصل از پسماند خشک از رابطه (۳) محاسبه می‌شود (Avcioglu et al., 2019):

رابطه ۳)

$$\mathrm{TEP} = \sum_{i=1}^{n} TBP(i) \times LHV(i)$$

که در آن TEP پتانسیل انرژی نظری حاصل از n محصول با شمارشگر i ($\frac{GJ}{year}$) و LHV ارزش حرارتی پایین ($\frac{GJ}{kg}$) می‌باشد.

پتانسیل انرژی قابل استحصال

مقدار پتانسیل انرژی قابل استحصال محصولات زراعی و باغی با استفاده از رابطه (۴) تعیین می‌شود (Avcioglu et al., 2019).

رابطه ۴)

$$\mathrm{AEP} = \sum_{i=1}^{n} TEP(i) \times A(i)$$

که در آن AEP پتانسیل انرژی قابل استحصال حاصل از n محصول با شمارشگر i ($\frac{GJ}{year}$) و A میزان قابلیت استحصال یا در دسترس بودن بقایا[1](%) است.

جدول (۲) مقدار ضریب پسماند، محتوای رطوبت، ارزش حرارتی پایین و ضریب استحصال پسماند محصولات زراعی و باغی را نشان می‌دهد (Avcioglu et al., 2019).

برآورد انرژی و توان از محصولات مورد مطالعه

به‌منظور تولید همزمان برق و حرارت از انرژی پسماند، استفاده از سامانه‌های CHP متداول است. برای پسماندهای محصولات زراعی، تبدیل بیوشیمیایی بر اساس هضم بی‌هوازی به‌عنوان بهترین روش برای تولید بیوگاز و تولید سوخت موتور احتراق داخلی[2](ICE) شناخته می‌شود. همچنین برای بقایای لیگنوسلولزی، تبدیل ترموشیمیایی بر اساس فرآیند احتراق به عنوان فناوری مطلوب برای استحصال انرژی از بقایای حاصل از شاخ و برگ هرس شده درختان شناخته می‌شود. در این حالت به دلیل کارایی بالاتر و هزینه کمتر نسبت به سامانه‌های

1. Aailable residue ratio
2. Internal Combustion Engine

دیگر (توربین های بخار، توربین های گازی و موتورهای بخار)، ترکیب بویلرهای زیست‌توده با سامانه سیکل رانکین آلی[1](ORC) می‌تواند برای تولید همزمان برق و حرارت به صورت غیرمتمرکز و در مقیاس کوچک مفید و کاربردی باشد (Gonzalez-Salazar et al., 2014, Yue et al., 2014, Algieri et al., 2012).

جدول ۲. مقدار ضریب پسماند، محتوای رطوبت، ارزش حرارتی پایین و ضریب استحصال پسماند محصولات زراعی و باغی

محصول		ضریب پسماند RPR	محتوای رطوبت M (%)	ارزش حرارتی پایین LHV (GJ/ton)	ضریب استحصال A (%)
زراعی					
گندم	آبی	۱/۲۷	۱۳	۱۶/۷	۱۵
	دیم	۱/۸۶	۱۳	۱۶/۷	۱۵
جو	آبی	۱/۳۸	۱۳	۱۸/۵	۱۵
	دیم	۱/۷۸	۱۳	۱۸/۵	۱۵
نخود	آبی	۱/۲۲	۵	۱۴/۷	۱۵
	دیم	۱/۳۸	۵	۱۴/۷	۱۵
لوبیا		۱/۳۸	۵	۱۴/۷	۱۵
چغندرقند		۰/۲۷	۷۵	۱۶/۶	۳۵
کلزا		۲/۵۷	۴۵	۱۷/۱	۱۵
سیب زمینی		۰/۳۳	۲۰	۱۶	۳۵
گوجه فرنگی		۰/۳	۵	۱۵	۳۵
خربزه		۰/۵۲	۶	۱۴/۳	۳۵
هندوانه		۰/۵۴	۶	۱۴/۳	۳۵
باغی					
سیب		۰/۱۹	۴۰	۱۷/۸	۸۰
هلو		۰/۱۹	۴۰	۱۸/۲	۸۰
زردآلو		۰/۱۹	۴۰	۲۰	۸۰
انگور		۰/۴۲	۴۵	۱۸	۸۰
پسته		۰/۴۴	۳۵	۱۸/۵	۸۰
بادام		۰/۶	۳۵	۱۸/۲	۸۰
گردو		۰/۴۴	۳۵	۱۹	۸۰
انار		۰/۱۹	۴۰	۱۷/۸	۸۰

مقدار انرژی الکتریکی و حرارتی تولیدی در سامانه CHP به‌ترتیب از روابط (۵) و (۶) محاسبه شد.

رابطه ۵)
$$E_{el} = \frac{\sum_{i=1}^{n} AEP(i) \times \alpha \times \mu}{3.6}$$

که در آن E_{el} انرژی الکتریکی تولیدی (MWh)، E_{th} انرژی حرارتی تولیدی (MWh)، α بازده الکتریکی، β بازده حرارتی و μ بازده کلی سامانه است.

رابطه ۶)
$$E_{th} = \frac{\sum_{i=1}^{n} AEP(i) \times \beta \times \mu}{3.6}$$

برای تولید همزمان برق و حرارت از انرژی پسماندهای زراعی، بازده الکتریکی و حرارتی سامانه CHP بر پایه موتور احتراق داخلی به‌ترتیب ۴۰ و ۴۵ درصد و برای پسماندهای باغی بازده الکتریکی و حرارتی سامانه CHP بر پایه سیکل آلی رنکین به‌ترتیب ۱۷ و ۶۸ درصد، همچنین بازده کل سامانه ۸۵ درصد در نظر گرفته شد (Algieri et al., 2014).

با در نظر گرفتن مدت زمان کاری سالیانه ۷۰۰۰ ساعت برای سامانه‌های CHP، توان الکتریکی و توان حرارتی به ترتیب از روابط (۷) و (۸) به‌دست آمد (Algieri et al., 2014, Algieri et al., 2019).

رابطه ۷)
$$P_{el} = \frac{E_{el}}{t}$$

2. Organic Rankine Cycle

رابطه ۸)

$$P_{th} = \frac{E_{th}}{t}$$

که در آن P_{el} توان الکتریکی (MW)، P_{el} (MW) توان حرارتی و t کارکرد سالیانه نیروگاه (h) می‌باشد.

میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید انرژی زیستی از پسماندهای کشاورزی

برای محاسبه پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید انرژی زیستی، با به‌کارگیری ضرایب تولید گازهای CO_2، N_2O و CH_4 به‌ترتیب معادل ۱، ۳۱۰ و ۲۱ کیلوگرم CO_2، کل گازهای گلخانه‌ای به صورت معادل CO_2 محاسبه شدند. ضرایب انتشار هر یک از گازهای گلخانه‌ای در جدول (۳) ارایه شده است.

جدول ۳. ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای

نوع نیروگاه	CO_2 (g/kWh)	N_2O (g/kWh)	CH_4 (g/kWh)	منبع
گاز طبیعی	۷۷۱/۲۶۹	۰/۰۰۳۶	۰/۰۱۶	(موسوی رینه و ساداتی‌نژاد، ۱۳۹۹)
CHP (پسماند محصولات باغی)	۱۷۹۷/۰۵	۰/۰۰۷۲	۰/۱۴۴	(**Anonymous., 1997**)
CHP (پسماند محصولات زراعی)	۵۰۰	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۹	(**Belik and Starodubets., 2016**)

یافته‌ها و بحث

مقادیر زیست‌توده نظری، پتانسیل انرژی نظری و انرژی قابل استحصال حاصل از پسماند محصولات زراعی و باغی

در این مطالعه، ابتدا میزان پتانسیل زیست‌توده نظری، پتانسیل انرژی نظری و پتانسیل انرژی قابل استحصال از پسماندها، برای میانگین تولید پنج‌ساله ((۱۳۹۹–۱۴۰۰)–(۹۵–۱۳۹۶)) محصولات زراعی محاسبه شد (جدول ۴). به‌منظور تولید انرژی زیست‌توده، در بخش زراعی با استفاده از فاکتور ضریب پسماند، میزان تولید سالانه پسماند برای ۱۰ محصول اصلی استان ارزیابی شد و با استفاده از ضریب ارزش انرژی این پسماندها، میزان انرژی تولیدی کل و میزان انرژی قابل استحصال یا در دسترس آن‌ها تخمین زده شد. در این پژوهش، میانگین تولید کل سالانه محصولات زراعی معادل ۸۲۰۲۱۴ تن محاسبه شد و گندم و جو به ترتیب با میانگین تولید ۳۶۴۱۵۳ و ۱۷۸۸۴۰ تن، ۴۴ و ۲۲ درصد از میانگین تولید محصولات زراعی در استان را به خود اختصاص دادند. این میزان درصد توزیع به واسطه این است که بیشترین مساحت اراضی قابل کشت در استان مرکزی به گندم و جو اختصاص یافته است. بنابراین گندم و جو دو منبع اصلی زیست‌توده هستند و ۶۶ درصد از کل زیست‌توده موجود برای اهداف انرژی پایدار را تشکیل می‌دهند. مطالعه‌ای مشابه در استان خراسان رضوی نشان داد که محصولات چغندرقند، گندم آبی، خربزه آبی، گوجه‌فرنگی و جو آبی به ترتیب از میانگین تولید سالانه بالاتری برخوردار هستند (امینیان و همکاران، ۱۳۹۲). پتانسیل نظری کل زیست‌توده تولید شده در استان ۸۴۰۹۰۸ تن محاسبه شد. گندم، جو و لوبیا به ترتیب با تولید ۴۸۵۰۲۰، ۲۱۷۸۴۳ و ۴۴۵۹۷ تن پسماند زیست‌توده خشک به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفتند. مجموع پتانسیل انرژی نظری پسماندهای محصولات زراعی، معادل ۱۴۲۲۶۹۱۶ گیگاژول تخمین زده شد و پتانسیل انرژی قابل استحصال برابر ۲۳۸۲۸۱۵ گیگاژول برآورد شد. بقایای گندم و جو در بین انواع پسماندهای زراعی در استان مرکزی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشند. در مطالعه‌ای مشابه در ترکیه میزان تولید محصولات زراعی معادل ۵۹۴۳۲ هزار تن به‌دست آمد. پتانسیل نظری کل زیست‌توده ۵۴۰۳۶ هزار تن محاسبه شد. گندم، ذرت و جو به ترتیب با تولید ۲۲۲۱۸، ۱۳۴۶۳ و ۸۴۹۱ هزار تن زیست توده‌خشک (پسماند) در ترکیه در رده‌های یک تا سه قرار گرفتند. همچنین پتانسیل انرژی نظری و انرژی قابل استحصال از پسماندهای محصولات زراعی به‌ترتیب معادل ۹۰۸۱۱۹ و ۲۹۸۹۵۵ تراژول محاسبه شد (Avcioglu et al., 2019). در پژوهشی در آرژانتین، بقایای سویا بیشترین سهم را در بین محصولات مورد مطالعه به خود اختصاص داد (Roberts et al.,2015). همچنین در مطالعه‌ای در برزیل، بیشتر بقایا حاصل از نیشکر، سویا، و ذرت بود (Forster-Carneiro et al., 2013).

در ادامه، میزان پتانسیل زیست‌توده نظری، پتانسیل انرژی نظری و پتانسیل انرژی قابل استحصال از پسماندها، برای میانگین تولید پنج‌ساله (۱۳۹۶–۱۴۰۰) محصولات باغی محاسبه شد (جدول ۴). به منظور تولید انرژی زیست‌توده، با استفاده از ضریب پسماند، میزان تولید سالانه پسماند برای هشت محصول باغی شاخص ارزیابی شد و با استفاده از ضریب ارزش انرژی این پسماندها، میزان انرژی تولیدی

کل و انرژی قابل استحصال آن‌ها تخمین زده شد. در این پژوهش، ۳۷۳۹۲۰ تن از میانگین تولید محصولات باغی ثبت شد و انگور، انار و سیب با میانگین تولید ۱۵۱۹۳۹، ۸۰۲۰۶ و ۵۱۴۹ به‌ترتیب ۴۰، ۲۱ و ۱۴ درصد از میانگین تولید محصولات باغی در استان را به خود اختصاص دادند. در پتانسیل‌سنجی تولید زیست‌توده خشک از محصولات باغی شاخص شهرستان طالقان استان البرز، محصـولات گردو، گیلاس و آلبالو به‌ترتیب از نظر میانگین تولید سالانه در رتبه اول تا سوم قرارگرفتند (مامانی و همکاران، ۱۳۹۶). پتانسیل نظری کل زیست‌توده تولید شده در استان ۶۶۱۶۵ تن محاسبه شد. انگور، انار و سیب به‌ترتیب با تولید ۳۵۰۹۸، ۹۱۴۳ و ۵۸۷۱ تن پسماند زیست‌توده خشک در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفتند. بقایای هرس باغات انگور، انار و سیب در بین انواع پسماندهای باغی در استان مرکزی از اهمیت زیادی برخوردارند. مجموع پتانسیل انرژی نظری پسماندهای باغی، معادل ۱۱۹۷۵۶۷ گیگاژول تخمین زده شد و پتانسیل انرژی قابل استحصال در حدود ۹۵۸۰۵۴ گیگاژول محاسبه شد. نتایج نشان داد که استفاده از بقایای محصولات باغی شاخص استان می‌تواند بخش قابل توجهی از نیاز انرژی را تأمین نماید. در مطالعه‌ای مشابه در ترکیه تولیدات محصولات باغی معادل ۱۵۶۵۲ هزار تن به‌دست آمد. پتانسیل نظری کل زیست‌توده ۴۹۸۶ هزار تن محاسبه شد. سه محصول باغی شاخص در ترکیه از نظر تولید پسماند (زیست‌توده خشک حاصل از بقایای هرس) به ترتیب فندق (۱۲۹۵ هزار تن)، زیتون (۱۲۲۴ هزار تن) و انگور (۸۴۳ هزار تن) در رده‌های اول تا سوم قرار گرفتند. همچنین پتانسیل نظری انرژی از پسماندهای محصولات باغی ۹۰۳۵۴ تراژول و پتانسیل انرژی در دسترس معادل ۶۵۴۹۱ تراژول تخمین زده شد (Avcioglu et al., 2019).

در این پژوهش، مقادیر کلی میانگین تولید محصول، تولید زیست‌توده، پتانسیل انرژی نظری و انرژی قابل استحصال از کل پسماند محصولات زراعی و باغی به‌ترتیب ۱۱۹۴۱۳۴ تن، ۹۱۰۰۶۹ تن، ۱۵۴۲۴۴۸۳ گیگاژول و ۳۳۴۰۸۶۹ گیگاژول محاسبه شد. با توجه به نتایج ارزیابی تولید انرژی به‌دست آمده از زیست‌توده کشاورزی و سطح زیرکشت قابل‌توجه محصولات زراعی و باغی در استان مرکزی، بهره‌برداری انرژی از بقایای کشاورزی می‌تواند گزینه‌ای برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، تامین بخشی از انرژی مصرفی در زیر بخش کشاورزی و کاهش فشار زیست‌محیطی مرتبط با مدیریت بقایای کشاورزی مورد توجه قرار گیرد.

جدول ۴. مقادیر زیست‌توده، پتانسیل انرژی نظری و انرژی قابل استحصال از پسماند محصولات زراعی و باغی

محصول		میانگین عملکرد CP (ton)	زیست‌توده نظری TBP (ton)	انرژی نظری TEP (GJ)	انرژی قابل استحصال AEP (GJ)
زراعی					
گندم	آبی	۱۹۷۲۵۷	۲۱۴۹۵۰	۳۶۳۹۷۶۰	۵۴۵۹۶۴
	دیم	۱۶۶۸۹۵	۲۷۰۰۷۰	۴۵۱۰۱۷۱	۶۷۶۵۲۶
جو	آبی	۱۶۹۸۵۶	۲۰۳۹۳۰	۳۷۷۲۶۸۹	۵۶۵۹۰۳
	دیم	۸۹۸۴	۱۳۹۱۳	۲۵۷۳۹۵	۳۸۶۰۹
نخود	آبی	۲۶۴	۳۰۶	۴۵۰۱	۶۷۵
	دیم	۴۵۲۷	۵۹۳۵	۸۷۲۴۳	۱۳۰۸۶
لوبیا		۳۴۰۱۷	۴۴۵۹۷	۶۵۵۵۷۳	۹۸۳۳۶
چغندرقند		۲۶۸۳۵	۱۸۱۲	۳۰۰۶۹	۱۰۵۲۴
کلزا		۲۳۰۴	۳۲۵۷	۵۵۶۹۴	۸۳۵۴
سیب زمینی		۷۹۷۵۶	۲۱۰۵۷	۳۳۶۹۰۰	۱۱۷۹۱۵
گوجه فرنگی		۱۷۴۵۴	۴۹۷۵	۷۴۶۱۵	۲۶۱۱۵
خربزه		۴۱۳۱۴	۲۰۱۹۵	۲۸۸۷۸۱	۱۰۱۰۷۳
هندوانه		۷۰۷۴۶	۳۵۹۱۱	۵۱۳۵۲۵	۱۷۹۷۳۴
کل		۸۲۰۲۱۴	۸۴۰۹۰۸	۱۴۲۲۶۹۱۶	۲۳۸۲۸۱۵
باغی					
سیب		۵۱۴۹۸	۵۸۷۱	۱۰۴۴۹۹	۸۳۵۹۹
هلو		۴۳۸۵۱	۵۰۰۰	۹۰۹۸۲	۷۲۷۸۶
زردآلو		۱۷۵۶۰	۲۰۰۲	۴۰۰۳۶	۳۲۰۲۹
انگور		۱۵۱۹۳۹	۳۵۰۹۸	۶۳۱۷۶۲	۵۰۵۴۱۰
پسته		۱۴۵۰۸	۴۱۴۹	۷۶۷۶۴	۶۱۴۱۱
بادام		۷۶۶۱	۲۹۸۸	۵۴۳۷۴	۴۳۵۰۰
گردو		۶۶۹۸	۱۹۱۶	۳۶۳۹۴	۲۹۱۱۶
انار		۸۰۲۰۶	۹۱۴۳	۱۶۲۷۵۴	۱۳۰۲۰۳
کل		۳۷۳۹۲۰	۶۶۱۶۵	۱۱۹۷۵۶۷	۹۵۸۰۵۴
زراعی و باغی		۱۱۹۴۱۳۴	۹۱۰۰۶۹	۱۵۴۲۴۴۸۳	۳۳۴۰۸۶۹

محاسبه انرژی و توان ترکیبی الکتریکی و حرارتی سامانه CHP از پسماند محصولات زراعی و باغی

مقادیر انرژی و توان الکتریکی و حرارتی سامانه CHP از پسماند محصولات زراعی و باغی مورد مطالعه در جدول (۵) نشان داده شده است. گندم، جو و هندوانه به‌ترتیب با پتانسیل تولید ۱۱۵۴۵۷، ۵۷۰۹۲ و ۱۶۹۷۵ مگاوات‌ساعت برق و ۱۲۹۸۹۰، ۶۴۲۲۹ و ۱۹۰۹۷ مگاوات‌ساعت حرارت در رتبه‌های اول تا سوم پتانسیل تولید برق و حرارت از پسماند محصولات زراعی در استان قرار گرفتند. همچنین پتانسیل تولید ۲۲۴۹۹۲ مگاوات‌ساعت برق با توان ۳۲/۱۵ مگاوات و ۲۵۳۱۷۴ مگاوات‌ساعت حرارت با توان ۳۶/۱۸ مگاوات از کل پسماندهای زراعی در استان مرکزی محاسبه شد. در پژوهشی در رابطه با بررسی پتانسیل تولید انرژی زیستی از پسماندهای شهری و کشاورزی در ایران، گندم در اکثر استان‌ها دارای پتانسیل برتر تولید برق و حرارت زیستی است. سایر محصولات نظیر جو در استان قم، برنج در استان‌های مازندران و گیلان، نیشکر در خوزستان، چغندرقند در استان سیستان و بلوچستان، سیب‌زمینی در استان همدان، خرما در استان‌های بوشهر و هرمزگان و سورگوم در استان‌های تهران، قزوین، اصفهان، البرز و چهارمحال‌وبختیاری پتانسیل ارجح تولید برق و حرارت زیستی هستند (حاج‌حسن و همکاران، ۱۳۹۸). در بین پسماندهای باغی، پسماند محصولات انگور، انار و سیب با پتانسیل تولید ۲۰۲۸۷، ۵۲۲۶ و ۳۳۵۶ مگاوات‌ساعت برق و ۸۱۱۴۶، ۲۰۹۰۵ و ۱۳۴۲۲ مگاوات‌ساعت حرارت در رتبه‌های اول تا سوم در استان مرکزی قرار گرفتند. همچنین پتانسیل تولید ۳۸۴۵۷ مگاوات‌ساعت برق با توان ۵/۵۰ مگاوات و ۱۵۳۸۲۰ مگاوات‌ساعت حرارت با توان ۲۱/۹۸ مگاوات از کل پسماند های باغی در استان مرکزی برآورد شد. در این پژوهش، پتانسیل تولید ۲۶۳۴۴۹ مگاوات‌ساعت برق با توان ۳۷/۶۵ مگاوات و ۴۰۶۹۹۴ مگاوات‌ساعت حرارت با توان ۵۸/۱۶ مگاوات از کل پسماند محصولات زراعی و باغی در استان مرکزی به‌دست آمد. با توجه به سرانه مصرف برق در استان مرکزی (۶/۲۱۸ مگاوات‌ساعت در سال) (بی نام ،۱۴۰۰)، انرژی الکتریکی تولید شده از پسماند محصولات زراعی و باغی، می‌تواند نیاز برق ۴۲۳۶۹ نفر از جمعیت استان را تامین نماید.

جدول ۵. مقادیر انرژی و توان ترکیبی الکتریکی و حرارتی سامانه CHP از پسماند محصولات زراعی و باغی

محصول		انرژی الکتریکی (MWh)	انرژی حرارتی (MWh)	توان الکتریکی (MW)	توان حرارتی (MW)
زراعی					
گندم	آبی	۵۱۵۶۳	۵۸۰۰۹	۷/۳۷	۸/۲۹
	دیم	۶۳۸۹۴	۷۱۸۸۱	۹/۱۳	۱۰/۲۷
جو	آبی	۵۳۴۴۶	۶۰۱۲۷	۷/۶۳	۸/۵۹
	دیم	۳۶۴۶	۴۱۰۲	۰/۵۲	۰/۵۹
نخود	آبی	۶۴	۷۲	۰/۰۱	۰/۰۱
	دیم	۱۲۳۶	۱۳۹۰	۰/۱۸	۰/۲۰
لوبیا		۹۲۸۷	۱۰۴۴۸	۱/۳۳	۱/۴۹
چغندرقند		۹۹۴	۱۱۱۸	۰/۱۴	۰/۱۶
کلزا		۷۸۹	۸۸۸	۰/۱۱	۰/۱۳
سیب زمینی		۱۱۱۳۶	۱۲۵۲۸	۱/۵۹	۱/۷۹
گوجه فرنگی		۲۴۶۶	۲۷۷۵	۰/۳۵	۰/۴۰
خربزه		۹۵۴۶	۱۰۷۳۹	۱/۳۶	۱/۵۳
هندوانه		۱۶۹۷۵	۱۹۰۹۷	۲/۴۲	۲/۷۳
کل		۲۲۴۹۹۲	۲۵۳۱۷۴	۳۲/۱۵	۳۶/۱۸
باغی					
سیب		۳۳۵۶	۱۳۴۲۲	۰/۴۸	۱/۹۲
هلو		۲۹۲۲	۱۱۶۸۶	۰/۴۲	۱/۶۷
زردآلو		۱۲۸۶	۵۱۴۲	۰/۱۸	۰/۷۳
انگور		۲۰۲۸۷	۸۱۱۴۶	۲/۹۰	۱۱/۵۹
پسته		۲۴۶۵	۹۸۶۰	۰/۳۵	۱/۴۱
بادام		۱۷۴۶	۶۹۸۴	۰/۲۵	۱/۰۰
گردو		۱۱۶۹	۴۶۷۵	۰/۱۷	۰/۶۷
انار		۵۲۲۶	۲۰۹۰۵	۰/۷۵	۲/۹۹
کل		۳۸۴۵۷	۱۵۳۸۲۰	۵/۵۰	۲۱/۹۸
زراعی و باغی		۲۶۳۴۴۹	۴۰۶۹۹۴	۳۷/۶۵	۵۸/۱۶

تحلیل زیست‌محیطی تولید انرژی زیستی از پسماند محصولات زراعی و باغی

جدول (۶) مقادیر انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید انرژی الکتریکی از پسماند محصولات زراعی و باغی را نشان می‌دهد. مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید انرژی الکتریکی از پسماندهای زراعی ۱۱۲۵۲۶/۲۱ تن در سال و سهم CO_2، N_2O و CH_4 از انتشار به‌ترتیب ۱۱۲۵۲۱/۸۲، ۰/۱۱۲۵ و ۴/۲۷۵۸ تن در سال به‌دست آمد. همچنین پتانسیل گرمایش جهانی در تولید انرژی از پسماند محصولات زراعی ۱۱۲۴۶۴/۴۹ تن معادل CO_2 محاسبه شد. نتایج نشان داد، محصول گندم با ۵۱/۳ درصد و پتانسیل گرمایش جهانی ۵۷۷۹۲/۶۴ تن معادل CO_2، بیشترین سهم را در پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از تولید انرژی الکتریکی حاصل از پسماندهای زراعی داشته است. بعد از گندم، جو و هندوانه به‌ترتیب با ۲۵/۳۷ و ۷/۵۴ درصد سهم از پتانسیل گرمایش جهانی، در رده‌های دوم و سوم قرار گرفتند. همچنین سایر محصولات ۱۵/۷۹ درصد از پتانسیل گرمایش جهانی را به خود اختصاص دادند. تولید انرژی الکتریکی از پسماند محصولات زراعی در مقایسه با نیروگاه‌های با سوخت گازی، باعث کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به میزان ۶۱۲۴۹/۴۶ تن معادل CO_2 در سال (۳۵/۲ درصد) می‌شود.

در این پژوهش، مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید انرژی الکتریکی از پسماندهای باغی ۶۹۱۱۱/۷۴ تن در سال و سهم CO_2، N_2O و CH_4 از انتشار به‌ترتیب ۶۹۱۰۵/۹۳، ۰/۲۷۶۹ و ۵/۵۳۷۳ تن در سال به‌دست آمد. همچنین پتانسیل گرمایش جهانی در تولید انرژی از پسماند محصولات باغی ۶۹۳۰۸/۰۵ تن معادل CO_2 محاسبه شد. نتایج نشان داد، محصول انگور با ۵۲/۷۵ درصد و پتانسیل گرمایش جهانی ۳۶۵۶۲/۶۵ تن معادل CO_2، بیشترین سهم را در پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از تولید انرژی الکتریکی حاصل از پسماندهای باغی داشته است. بعد از انگور، انار، سیب به‌ترتیب با ۱۳/۵۹، ۸/۷۳ و ۷/۶ درصد سهم از پتانسیل گرمایش جهانی، در رده‌های بعدی قرار داشتند. همچنین سایر محصولات ۱۷/۳۳ درصد از پتانسیل گرمایش جهانی را به خود اختصاص دادند.

برای تولید مقدار یکسانی انرژی الکتریکی، سوزاندن پسماند محصولات باغی مقدار کربن دی‌اکسید بیشتری نسبت به سوختن منابع فسیلی آزاد می‌کند که در کوتاه‌مدت با محیط‌زیست سازگار نیست. در این مطالعه تولید انرژی الکتریکی از پسماند محصولات باغی در مقایسه با نیروگاه‌های با سوخت گازی، باعث افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای به میزان ۳۹۵۹۲/۹ تن معادل CO_2 در سال (۱۳۳ درصد) می‌شود.

در پایان مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید انرژی الکتریکی از کل پسماندهای زراعی و باغی ۱۸۱۶۳۷/۹۵۲۵ تن در سال و سهم CO_2، N_2O و CH_4 از انتشار به‌ترتیب ۱۸۱۶۲۷/۷۵، ۰/۳۸۹۴ و ۹/۸۱۳۱ تن در سال به‌دست آمد. همچنین پتانسیل گرمایش جهانی در تولید انرژی از پسماندهای زراعی و باغی ۱۸۱۹۵۴/۵۴ تن معادل CO_2 محاسبه شد.

جدول ۶. انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید انرژی الکتریکی از پسماند محصولات زراعی و باغی

محصول		CO_2 (ton)	N_2O (ton)	CH_4 (ton)	پتانسیل گرمایش جهانی (ton eq. CO_2)	درصد از پتانسیل گرمایش جهانی (٪)
زراعی						
گندم	آبی	۲۵۷۸۱/۶۳	۰/۰۲۵۸	۰/۹۸	۲۵۸۱۰/۲۱	۲۲/۹۱
	دیم	۳۱۹۴۷/۰۵	۰/۰۳۱۹	۱/۲۱۴	۳۱۹۸۲/۴۳	۲۸/۳۹
جو	آبی	۲۶۷۲۳/۲۱	۰/۰۲۶۷	۱/۰۱۵	۲۶۷۵۲/۸	۲۳/۷۵
	دیم	۱۸۲۳/۲۱	۰/۰۰۱۸	۰/۰۶۹۳	۱۸۲۵/۲۲	۱/۶۲
نخود	آبی	۳۱/۸۸	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۱۲	۳۱/۹۱	۰/۰۳
	دیم	۶۱۷/۹۷	۰/۰۰۰۶	۰/۰۲۳۵	۶۱۸/۶۵	۰/۵۵
لوبیا		۴۶۴۳/۶۴	۰/۰۰۴۷	۰/۱۷۶۵	۴۶۴۸/۸	۴/۱۳
چغندر قند		۴۹۶/۹۷	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۸۹	۴۹۷/۵۲	۰/۴۴
کلزا		۳۹۴/۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۱۵	۳۹۴/۹۴	۰/۳۵
سیب‌زمینی		۵۵۶۸/۲	۰/۰۰۵۶	۰/۲۱۱۶	۵۵۷۴/۳۸	۴/۹۵
گوجه فرنگی		۱۲۳۳/۲۲	۰/۰۰۱۲	۰/۰۴۶۹	۱۲۳۴/۵۸	۱/۱
خربزه		۴۷۷۲/۹۱	۰/۰۰۴۸	۰/۱۸۱۴	۴۷۷۸/۲۱	۴/۲۴
هندوانه		۸۴۸۷/۴۳	۰/۰۰۸۵	۰/۳۲۲۵	۸۴۹۶/۸۴	۷/۵۴
انتشار کل		۱۱۲۵۲۱/۸۲	۰/۱۱۲۵	۴/۲۷۵۸	–	–
پتانسیل گرمایش جهانی CO_2.eq ton		۱۱۲۵۲۱/۸۲	۳۴/۸۸	۸۹/۷۹	۱۱۲۴۶۴/۴۹	۱۰۰

ادامه جدول ۶. انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید انرژی الکتریکی از پسماند محصولات زراعی و باغی

محصول	CO2 (ton)	N2O (ton)	CH4 (ton)	پتانسیل گرمایش جهانی (ton eq. CO2)	درصد از پتانسیل گرمایش جهانی (٪)
باغی					
سیب	۶۰۳۰/۱۵	۰/۰۲۴۲	۰/۴۸۳۲	۶۰۴۷/۸	۸/۷۳
هلو	۵۲۵۰/۱۶	۰/۰۲۱	۰/۴۲۰۷	۵۲۶۵/۵۱	۷/۶
زردآلو	۲۳۱۰/۳	۰/۰۰۹۳	۰/۱۸۵۱	۲۳۱۷/۰۷	۳/۳۴
انگور	۳۶۴۵۶/۰۲	۰/۱۴۶۱	۲/۹۲۱	۳۶۵۶۲/۶۵	۵۲/۷۵
پسته	۴۴۲۹/۶۷	۰/۰۱۷۷	۰/۳۵۵	۴۴۴۲/۶۱	۶/۴۱
بادام	۳۱۳۷/۷	۰/۰۱۲۶	۰/۲۵۱۴	۳۱۴۶/۸۸	۴/۵۴
گردو	۲۱۰۰/۱۷	۰/۰۰۸۴	۰/۱۶۸۳	۲۱۰۶/۳۱	۳/۰۴
انار	۹۳۹۱/۷۶	۰/۰۳۷۶	۰/۷۵۲۶	۹۴۱۹/۲۲	۱۳/۵۹
انتشار کل	۶۹۱۰۵/۹۳	۰/۲۷۶۹	۵/۵۳۷۳	–	–
پتانسیل گرمایش جهانی (ton eq. CO_2)	۶۹۱۰۵/۹۳	۸۵/۸۴	۱۱۶/۲۸	۶۹۳۰۸/۰۵	۱۰۰
زراعی و باغی					
انتشار کل	۱۸۱۶۲۷/۷۵	۰/۳۸۹۴	۹/۸۱۳۱	۱۸۱۶۳۷/۹۵۲۵	۱۰۰
پتانسیل گرمایش جهانی (ton eq. CO_2)	۱۸۱۶۲۷/۷۵	۱۲۰/۷۲	۲۰۶/۰۷	۱۸۱۹۵۴/۵۴	۱۰۰

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

اگرچه حرکت به سمت جایگزینی سوخت‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر در سراسر جهان در حال افزایش است، اما استفاده از منابع تجدیدپذیر و فناوری‌های مناسب، هنوز در کشورهای در حال توسعه چالش‌برانگیز است. تولید انرژی مبتنی بر بقایای زیست‌توده کشاورزی یکی از محورهای اصلی تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر محسوب می‌شود. پیش‌نیاز استحصال انرژی از این منابع، وجود اطلاعات مناسب از پتانسیل منابع و میزان انرژی قابل استحصال از آنها می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش، برآورد میزان انرژی قابل استحصال از پسماند محصولات کشاورزی در دو بخش زراعی و باغی بر مبنای اطلاعات مستند و ارزیابی تولید انرژی الکتریکی و حرارتی از این منابع زیست‌توده در استان مرکزی بود. بر اساس نتایج این پژوهش:

– پتانسیل نظری زیست‌توده تولید شده از پسماند محصولات زراعی استان ۸۴۰۹۰۸ تن محاسبه شد. گندم، جو و لوبیا به ترتیب با تولید ۴۸۵۰۲۰، ۲۱۷۸۴۳ و ۴۴۵۹۷ تن پسماند زیست‌توده خشک به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفتند. همچنین پتانسیل نظری زیست‌توده تولید شده از پسماند محصولات باغی ۶۶۱۶۵ تن برآورد شد. انگور، انار و سیب به ترتیب با تولید ۳۵۰۹۸، ۹۱۴۳ و ۵۸۷۱ تن پسماند زیست‌توده خشک در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفتند.

– مقادیر زیست‌توده نظری، پتانسیل انرژی نظری و انرژی قابل استحصال از کل پسماند محصولات زراعی و باغی در استان مرکزی به‌ترتیب ۱۱۹۴۱۳۴ تن، ۹۱۰۰۶۹ تن، ۱۵۴۲۲۴۴۸۳ گیگاژول و ۳۳۴۰۸۶۹ گیگاژول برآورد شد. همچنین پتانسیل تولید ۲۶۳۴۴۹ مگاوات‌ساعت برق با توان ۳۷/۶۵ مگاوات و ۴۰۶۹۹۴ مگاوات‌ساعت حرارت با توان ۵۸/۱۶ مگاوات از این میزان پسماند به‌دست آمد.

– مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید انرژی الکتریکی از کل پسماند محصولات زراعی و باغی در استان ۱۸۱۶۳۷/۹۵۲۵ تن در سال و شاخص پتانسیل گرمایش جهانی ۱۸۱۹۵۴/۵۴ تن معادل CO_2، محاسبه شد. با توجه به سرانه مصرف برق معادل ۶/۲۱۸ مگاوات ساعت۱۴۰۰؛ انرژی تولید شده از پسماند محصولات شاخص زراعی و باغی تولید شده در استان، می‌تواند نیاز برق ۴۲۳۶۹ نفر از جمعیت استان را تامین نماید.

بنابراین بر اساس نتایج ارزیابی تولید انرژی به‌دست آمده از زیست‌توده کشاورزی و سطح زیرکشت قابل‌توجه محصولات زراعی و باغی در استان مرکزی، بهره‌برداری انرژی از بقایای کشاورزی می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مناسب برای کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، تامین بخشی از انرژی مصرفی در زیر بخش کشاورزی و کاهش فشار زیست‌محیطی مرتبط با مدیریت بقایای کشاورزی مورد توجه قرار گیرد.

منابع

احمدی، علی؛ حسین‌پور، طهماسب و سلطانی، مهدی. (۱۳۹۳). اثر تراکم بذر بر عملکرد و اجزاء آن در سه رقم جو دیم. نشریه زراعت، ۱۰۲، ۱۳۱–۱۴۰.

امیری، ابراهیم و رستمی اجیرلو، اباسلط. (۱۳۹۷). ارزیابی تاثیر کم‌آبیاری بر عملکرد، صفات کیفی و بهره‌وری آب ارقام متفاوت گوجه‌فرنگی در دشت مغان. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۹(۲)، ۲۶۱–۲۶۸.

امینیان، افسانه؛ عباسپور فرد، محمدحسین؛ آق‌خانی، محمدحسین و عدالت، محمدحسین. (۱۳۹۲). ارزیابی پتانسیل منابع زیست‌توده در استان خراسان رضوی به منظور تولید زیست‌انرژی. مجله محیط‌شناسی، ۳۹(۲)، ۷۲–۸۳.

اورسجی، زینب و تنهاخواجه، مهدی. (۱۳۹۶). بررسی تاثیر کاربرد بهبود دهنده‌های رشد و کودهای شیمیایی بر رشد و عملکرد سیب زمینی. نشریه تولید گیاهان زراعی، ۱۰(۴)، ۱۷۳–۱۸۶.

بوغلان‌دشتی، بهروز. (۱۳۸۳). مطالعات اقتصادی احداث نیروگاه زیست‌توده در محل دفن زباله‌های شیراز. نوزدهمین کنفرانس بین‌المللی برق. شیراز، ایران.

بیات، علی‌اکبر؛ سپهری، علی؛ احمدوند، گودرز و دری، حمیدرضا. (۱۳۸۹). اثر تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی. مجله علوم زراعی ایران، ۱۲(۱)، ۴۲–۵۴.

بی‌نام. (۱۴۰۱). آمارنامه کشاورزی: محصولات زراعی (۱۳۹۹–۱۴۰۰) و باغبانی (۱۴۰۰). وزرات جهاد کشاورزی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۴۰۰ صفحه.

بی‌نام. (۱۴۰۰). آمارنامه کشاورزی: محصولات زراعی (۱۳۹۸–۹۹) و باغبانی (۱۳۹۹). وزرات جهاد کشاورزی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۲۴۶ صفحه.

بی‌نام. (۱۳۹۹). آمارنامه کشاورزی: محصولات زراعی (۱۳۹۷–۹۸) و باغبانی (۱۳۹۸). وزرات جهاد کشاورزی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۲۴۵ صفحه.

بی‌نام. (۱۳۹۸). آمارنامه کشاورزی: محصولات زراعی (۱۳۹۶–۹۷) و باغبانی (۱۳۹۷). وزرات جهاد کشاورزی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۲۴۶ صفحه.

بی‌نام. (۱۳۹۷). آمارنامه کشاورزی: محصولات زراعی (۱۳۹۵–۹۶) و باغبانی (۱۳۹۶). وزرات جهاد کشاورزی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۳۴۹ صفحه.

بی‌نام. (۱۴۰۰). سالنامه آماری استان مرکزی. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی مرکزی. ۶۷۳ صفحه.

توکلی، علی‌رضا. (۱۳۹۱). اثر تاریخ کاشت و آبیاری محدود بر عملکرد و اجزای عملکرد پنج رقم گندم در مراغه. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۲(۶)، ۸۷–۹۶.

جهان‌تیغ، مهدی؛ آق‌خانی، محمدحسین؛ ابراهیمی‌نیک، محمدعلی و رحیمی، محمود. (۱۳۹۳). ظرفیت ایران در استفاده از بقایای گیاهی، با استفاده از فناوری گازیفیکاسیون. اولین همایش ملی فناوری‌های نوین برداشت و پس از برداشت محصولات کشاورزی. مشهد، ایران.

حاج‌حسن، عطیه؛ ولی، فاطمه و عوامی، اکرم. (۱۳۹۸). بررسی پتانسیل تولید انرژی زیستی از پسماندهای شهری و کشاورزی در ایران. انتشارات پژوهشگاه نیرو، چاپ اول، ۲۵۲ صفحه.

سپهوند، موحد و خانعلی، مجید. (۱۴۰۲). ارزیابی پتانسیل تولید انرژی زیستی از پسماند غلات آبی در ایران. پانزدهمین کنگره ملی و اولین کنگره بین‌المللی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون کشاورزی. کرج، ایران.

سعادتی، زهرا؛ دلبری، معصومه؛ پناهی، مهدی و امیری، ابراهیم. (۱۳۹۶). تاثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات رویشی، عملکرد و میزان قند چغندرقند در استان لرستان. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۱(۲)، ۱۵۱–۱۶۲.

فتحی، قدرت‌اله؛ عنایت‌قلی‌زاده، محمدرضا و رزاز، مجید. (۱۳۹۱). واکنش عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام مختلف کلزا به گرما و تاریخ کاشت. فصل‌نامه فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۴(۱۳)، ۲۱–۳۶.

کریمی علویجه، مسیح و یغمایی، سهیلا. (۱۳۹۵). پسماندهای کشاورزی مناسب در ایران برای تولید سوخت زیستی نسل دوم. نشریه انرژی ایران، ۱۹(۴)، ۲۲۶–۲۰۵.

کمالی، امیرارسلان؛ صادقی، محمدهادی؛ دشتی‌زاده، محمود؛ کبیری‌فرد، عبدالمهدی؛ صادقی، ابوطالب و خاج، حسین. (۱۳۹۹). تعیین ارزش غذایی بقایای بوته هندوانه در استان بوشهر برای استفاده در تغذیه دام. فصلنامه تحقیقات کاربردی در علوم دامی، ۹(۳۷)، ۹–۱۶.

کمیلی، حمیدرضا؛ قدسی، مسعود؛ رضوانی مقدم، پرویز؛ نصیری محلاتی، مهدی و جلال‌کمالی، محمدرضا. (۱۳۹۷). مطالعه خصوصیات خاک، عملکرد و اجزای عملکرد جو تحت تاثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و میزان بقایای گیاهی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۶(۳)، ۵۴۱–۵۵۶.

مامانی، ایمان‌علی؛ غلامی پرشکوهی، محمد و قهدریجانی، محمد. (۱۳۹۶). امکان‌سنجی تولید گاز زیستی با استفاده از زیست‌توده حاصل از ضایعات باغی (مطالعه موردی: منطقه طالقان). مجله مهندسی زیست سامانه، ۶(۴)، ۱-۶.

مجنون حسینی، ناصر؛ غلامی، محمدباقر؛ افشون، اسماعیل؛ جهانسوز، محمدرضاو ربیعیان، احسان. (۱۴۰۱). تاثیر رژیم آبیاری و تراکم کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۵(۱)، ۶۷-۷۸.

ملکی، عباس؛ حیدری مقدم، علی؛ سیادت، سیدعطاءاله؛ طهماسبی، احمد و فتحی، امین. (۱۳۹۰). اثر آبیاری تکمیلی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین دانه سه رقم نخود دیم در ایلام. مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف‌های هرز، ۵(۱۹)، ۶۵-۷۸.

موسوی رینه، سیده‌مهسا و ساداتی‌نژاد، سیدجواد. (۱۳۹۹). محاسبه هزینه‌های محیط‌زیستی تولید برق (مطالعه موردی: نیروگاه‌های حرارتی شهر تهران). فصلنامه اقتصاد و برنامه‌ریزی شهری، ۹(۴)، ۱۹۸-۲۰۵.

نبی بیدهندی، غلامرضا؛ دریابیگی زند، علی و ربیعی ابیانه، مریم. (۱۴۰۰). پتانسیل‌سنجی و ارزیابی توان تولید بیوگاز از زیست‌توده فضولات دامی (نمونه موردی: گاوداری‌های صنعتی استان بوشهر). پژوهش‌های محیط‌زیست، ۱۲(۲۴)، ۸۱-۹۰.

هدایتی‌پور، ابوالفضل و یونسی الموتی، محمد. (۱۳۹۷). تاثیر روش‌های خاک‌ورزی بر مصرف انرژی و عملکرد گندم آبی در منطقه اراک. مجله تحقیقات سامانه و مکانیزاسیون کشاورزی، ۱۹(۷۱)، ۱۷-۲۸.

REFERENCES

Ahmadi, A., Hosseinpour, T., & Soltani, M. (2014). The effect of plant density on yield and its components in three rain fed barley cultivars. *Applied Field Crops Research*, 27(102), 131-140. (In Persian).

Algieri, A., Andiloro, S., Tamburino, V., & Zema, D. A. (2019). The potential of agricultural residues for energy production in Calabria (Southern Italy). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104, 1-14.

Algieri, A., & Morrone, P. (2014). Techno-economic analysis of biomass-fired ORC systems for single-family combined heat and power (CHP) applications. *Energy Procedia*, 45, 1285-1294.

Algieri, A., & Morrone, P. (2012). Comparative energetic analysis of high-temperature subcritical and transcritical Organic Rankine Cycle (ORC). A biomass application in the Sibari district. *Appl Therm Eng*, 36, 236-244.

Aminian, A., Abbaspour Fard, M. H., Aghkhani, M. H., & Edalat, M. H. (2013). Assessment of biomass resources potential in Khorasan Razavi province for bioenergy production. *Journal of Environmental Studies*, 39(2), 73-82. (In Persian).

Amiri, E., & Rostami Ajirloo, A. (2018). Assessment the effect of deficit irrigation on yield, quality and water productivity of different cultivars of tomato in Moghan plain. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 49(2): 261-268. (In Persian).

Anonymous. (2022). Agricultural statistics: Crops (2020-21) and horticulture (2021). Ministry of Agricultural Jihad, information and communication Technology center. (In Persian).

Anonymous. (2021). Agricultural statistics: Crops (2019-2020) and horticulture (2020). Ministry of Agricultural Jihad, information and communication Technology center. (In Persian).

Anonymous. (2020). Agricultural statistics: Crops (2018-19) and horticulture (2019). Ministry of Agricultural Jihad, information and communication Technology center. (In Persian).

Anonymous. (2019). Agricultural statistics: Crops (2017-18) and horticulture (2018). Ministry of Agricultural Jihad, information and communication Technology center. (In Persian).

Anonymous. (2018). Agricultural statistics: Crops (2016-17) and horticulture (2017). Ministry of Agricultural Jihad, information and communication Technology center. (In Persian).

Anonymous. (2021). Central province statistical yearbook. Markazi province management and planning organization. (In Persian).

Anonymous. (1997). IEA Greenhouse R&D program: greenhouse gases and climate change.

Avcioglu, A. O., Dayioglu, M. A., & Turker, U., (2019). Assessment of the energy potential of agricultural biomass residues in Turkey, *Renewable Energy*, 138, 610-619.

Banja, M. (2013). Renewable energy progress in EU 27 (2005– 2020). Joint Research Centre, Ispra, Italy.

Bayat, A. A., Sepehri, A., Ahmadvand, G., & Dorri, H. R. (2010). Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 12(1):42- 54. (In Persian).

Belik, I. (2016). Potential of sverdlovsk oblast and yekaterinburg environmental sector.E3S Web of Conferences.

Boghlan Dashti, B. (2004). Economic studies of the construction of a biomass power plant in Shiraz landfill. *19th International Power System Conference*, Shiraz, Iran (In Persian).

Fathi, Gh., Enayat Gholizadeh., M. R., & Razaz, M. (2012). Response of yield and grain yield components of canola different cultivars to heat and planting date. *Crop Physiology Journal*, 4(13), 21-36. (In Persian).

Forster-Carneiro, T., Berni, M. D., Dorileo, I. L., & Rostagno, M. A. (2013). Biorefinery study of availability of agriculture residues and wastes for integrated biorefineries in Brazil. *Resour, Conserv Recycl*, 77, 78-88.

Gonzalez-Salazar, M. A., Morini, M., Pinelli, M., Spina, P. R., Venturini, M., Finkenrath, M., & Poganietz, W. R. (2014). Methodology for estimating biomass energy potential and its application to Colombia. *Appl Energy*, 136, 781-796.

Haj Hassan, A., Wali, F., & Awami, A. (2018). Investigating the potential of bioenergy production from urban and agricultural waste in Iran, first edition, Niroo Research Institute Publications. 252 pages. (In Persian).

Hedayatipour, A., & Younesi alamouti, M. (2019). The effect of tillage methods on energy consumption and grain yield of irrigated wheat in Arak province. *Agricultural Mechanization and Systems Research*, 19(71), 17-28. (In Persian).

Jahantigh, M., Aghkhani, M, H., Ebrahimi-Nik, M. A., & Rahimi, M. (2015). Iran's capacity in using plant residues, using gasification technology. *The first national conference of new technologies of harvesting and post-harvest agricultural products*. Mashhad, Iran. (In Persian).

Kamali, A. A., Sadeghi, M. H., Dashtizadeh, M., Kabirifard, A. M., Sadeghi, S. A., & Khaj, H. (2021). Determination of nutritive value of watermelon plant residues in Bushehr province for livestock feeding. *Applied Animal Science Research Journal*, 37, 9-16. (In Persian).

Karimi Alavijeh, M., & Yaghmaei, S. (2017). Appropriate agricultural residues in Iran for the second generation biofuel production. *Iranian Journal of Energy*, 19(4), 205-226. (In Persian).

Komeili, H., Ghodsi, M., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahalati, M., & Jalal Kamali, M. R. (2018). Study of soil characteristics, yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) under different tillage methods and the rate of crop residues. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 16(3), 541-556. (In Persian).

Majnoun Hosseini, N., Gholami, M. B., Afshoon, E., Jahansooz, M. R., & Rabieian, E. (2022). Effect of irrigation regime and plant density on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(1), 67-78. (In Persian).

Maleki, A., Heidari, A., Siadat, S. A., Tahmasebi, A., & Fathi, A. (2011). Effect of supplementary irrigation on yield, yield components and protein percentages of chickpea cultivars in Ilam, Iran. *Journal of Crop and Weed Ecophysiology*, 5(3), 65-78. (In Persian).

Mamani, I. A., Gholami Porshokouhi, M., & Ghahderijani, M. (2018). Possibility of biogas production by the biomass obtained from horticultural wastes (case study: Taleghan region). *Journal of Biosystems Engineering*, 6(4), 7-15. (In Persian).

Morato, T., Vaezi, M., & Kumar, A. (2019). Assessment of energy production potential from agricultural residues in Bolivia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 102, 14-23.

Mousavi Reineh, S. M., & Sadatinejad, S. J. (2021). Calculation of environmental costs of electricity generation (Case study of thermal power plants in Tehran). *Urban Economics and Planning*., 1(4), 198-205. (In Persian).

Orsaji, Z., & Tanha Khajeh, M. (2018). Study the effect of growth improver and chemichal fertilizer application on growth and yeild of Solanum tuberosum. *Crop Production*, 10(4), 173-186. (In Persian).

Ravindranath, N. H., Somashekar, H. I., Nagaraja, M. S., Sudha, P., Sangeetha, G., Bhattacharya, S. C., & Salam Abdul P. (2005). Assessment of sustainable non-plantation biomass resources potential for energy in India. *Biomass and Bioenergy*, 29 (3). 178-190.

Roberts, J. J., Cassula, A. M., Prado, P. O., Dias, R. A., & Balestieri, J. A. P. (2015). Assessment of dry residual biomass potential for use as alternative energy source in the party of General Pueyrredón, Argentina. *Renew Sustain Energy Rev*, 41, 568–83.

Saadati, Z., Delbari, M., Panahi, M., & Amiri, E. (2017). Effect of different irrigation managements on vegetative characteristics, yield, and sugar content of Sugar Beet in Lorestan province. *Journal of Water Research in Agriculture*, 31(2), 151-162. (In Persian).

Sepahvand, M., Khanali, M. (2023). Evaluation the potential of bioenergy production from irrigated cereal residue in Iran. *15th national & 1st International Congress on Mechanics of Biosystem Engineering & Agricultural Mechanization*. Karaj, Iran. (In Persian).

Singh, J. (2015). Overview of electric power potential of surplus agricultural biomass from economic, social, environmental and technical perspective - a case study of Punjab. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 286-297.

Tavakoli, A. R. (2013). Effects of sowing date and limited irrigation on yield and yield components of five rainfed wheat varieties in Maragheh region. *Journal of Crop Production and Processing*, 2(6), 87-97. (In Persian).

Tursi, A. (2019). A review on biomass: importance, chemistry, classification, andconversion. *Biofuel Research Journal*, 22, 962-979.

Yue, D., You, F., & Snyder, S.W. (2014). Biomass-to-bioenergy and biofuel supply chain optimization: oerview, key issues and challenges. *Comput Chem Eng*, 66, 36–56.