اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۶ و ۲۷ بهمن ۱۴۰۴ هتل المپیک – تهران
برگزار کننده: پژوهشگاه استاندارد
ISC

نقش فیزیولوژی گیاهان در بهینه‌سازی مصرف انرژی با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و انرژی‌های تجدیدپذیر در کشاورزی پایدار

پریسا شریفی*[1] و نیما خالدی[2]
استادیار موسسه تحقیقات ثبت کنترل و گواهی بذر و نهال
p.sharifi@spcri.ir

شماره مقاله
EFAB0158318

چکیده

کشاورزی به‌عنوان یکی از بخش‌های حیاتی اقتصاد و تأمین امنیت غذایی، با چالش‌های فراوانی در زمینه مصرف انرژی مواجه است. مصرف انرژی زیاد، به ویژه سوخت‌های فسیلی، علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید، پیامدهای زیست‌محیطی شدیدی از جمله انتشار گازهای گلخانه‌ای و تخریب منابع طبیعی دارد. این مقاله با رویکرد مروری، نقش فیزیولوژی گیاهان زراعی، فناوری‌های نوین و مدل‌های ریاضی در بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشاورزی را بررسی می‌کند. مطالعه مکانیسم‌کشاورزی به‌عنوان یکی از بخش‌های حیاتی اقتصاد و تأمین امنیت غذایی، با چالش‌های فراوانی در زمینه مصرف انرژی مواجه است. مصرف انرژی زیاد، به ویژه سوخت‌های فسیلی، علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید، پیامدهای زیست‌محیطی شدیدی از جمله انتشار گازهای گلخانه‌ای و تخریب منابع طبیعی دارد. این مقاله با رویکرد مروری، نقش فیزیولوژی گیاهان زراعی، فناوری‌های نوین و مدل‌های ریاضی در بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشاورزی را بررسی می‌کند. مطالعه مکانیسم‌های فتوسنتز، تعرق و متابولیسم گیاه و تلفیق آن با سامکشاورزی به‌عنوان یکی از بخش‌های حیاتی اقتصاد و تأمین امنیت غذایی، با چالش‌های فراوانی در زمینه مصرف انرژی مواجه است. مصرف انرژی زیاد، به ویژه سوخت‌های فسیلی، علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید، پیامدهای زیست‌محیطی شدیدی از جمله انتشار گازهای گلخانه‌ای و تخریب منابع طبیعی دارد. این مقاله با رویکرد مروری، نقش فیزیولوژی گیاهان زراعی، فناوری‌های نوین و مدل‌های ریاضی در بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشاورزی را بررسی می‌کند. مطالعه مکانیسم‌های فتوسنتز، تعرق و متابولیسم گیاه و تلفیق آن با سامانه‌های هوشمند کنترل اقلیم، انرژی‌های تجدیدپذیر و ابزارهای داده‌کاوی نشان می‌دهد که بهره‌وری انرژی می‌تواند به‌طور قابل توجهی افزایش یابد. همچنین، کاربرد هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در پیش‌بینی نیازهای انرژی و آب، مدیریت هوشمند آبیاری، تشخیص بیماری‌ها و بهینه‌سازی فرآیندهای کشاورزی، راهکار مؤثری برای کاهش مصرف انرژی و ارتقای پایداری زیست‌محیطی است. یافته‌ها تأکید می‌کنند که ترکیب دانش فیزیولوژی گیاه، فناوری‌های پیشرفته و مدل‌های برنامه‌ریزی چندهدفه، همراه با سیاست‌های حمایتی و آموزش کشاورزان، مسیر تحقق کشاورزی هوشمند، پایدار و مقاوم در برابر تغییرات اقلیمی را هموار می‌سازد.

کلمات کلیدی: بهینه‌سازی انرژی؛ کشاورزی پایدار؛ فیزیولوژی گیاه؛ فناوری‌های نوین؛ هوش مصنوعی؛ انرژی‌های تجدیدپذیر؛ آبیاری هوشمند؛ مدل‌های ریاضی؛ بهره‌وری منابع

مقدمه

کشاورزی یکی از بخش‌های کلیدی اقتصاد جهانی است و نقش مهمی در تأمین غذا و توسعه اقتصادی دارد .این بخش همچنین یکی از عمده‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی در مراحل تولید، فرآوری و حمل‌ونقل محصولات کشاورزی است(Qin et al., 2024). مصرف بالای انرژی، عمدتاً از سوخت‌های فسیلی، نه تنها هزینه‌های اقتصادی تولید را افزایش می‌دهد بلکه پیامدهای زیست‌محیطی شدیدی نظیر انتشار گازهای گلخانه‌ای و تخریب منابع طبیعی دارد(Sulewski & Wąs, 2024) . تحقیقات نشان می‌دهد که فرآیندهای فیزیولوژیک گیاهان، فناوری‌های نوین و مدل‌های ریاضی بهینه‌سازی چندهدفه نقش کلیدی در افزایش بهره‌وری انرژی در کشاورزی دارند (Khan et al., 2020). مکانیسم‌های تنظیمی گیاهان در پاسخ به تنش‌های محیطی مانند خشکی، شوری، تابش نور و دما، مستقیماً بر میزان مصرف انرژی سیستم‌های کشاورزی تأثیر می‌گذارند. فرآیندهای بیولوژیکی مانند فتوسنتز و تعرق، که مدیریت بهینه آن‌ها می‌تواند راندمان مصرف انرژی را افزایش دهد، از موضوعات اصلی پژوهش‌های جدید هستند(Rezaei, 2025) . فناوری‌های پیشرفته، شامل اینترنت اشیاء(IoT) ، یادگیری ماشین، سیستم‌های کنترل اقلیم هوشمند و انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشیدی، بادی، زیست‌توده)، امکان پایش و مدیریت دقیق مصرف انرژی را فراهم می‌کنند(Mana et al., 2024) . این فناوری‌ها ضمن کاهش مصرف غیرضروری منابع، موجب افزایش عملکرد محصولات، کاهش هزینه‌ها و کاهش اثرات زیست‌محیطی می‌شوند .این مقاله با مرور و تحلیل سیستماتیک پژوهش‌ها و فناوری‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی، ضمن شناسایی چالش‌ها و فرصت‌ها، راهکارهای علمی و عملی برای توسعه کشاورزی پایدار، هوشمند و مقاوم در برابر تغییرات اقلیمی ارائه می‌دهد و می‌تواند به بهبود امنیت غذایی و حفظ منابع طبیعی کمک کند .هدف این مقاله مرور و تحلیل پژوهش‌های اخیر در زمینه تأثیر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه و فناوری‌های نوین بر بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشاورزی پایدار است.

متن اصلی

نقش فیزیولوژی گیاهان زراعی در بهینه‌سازی مصرف انرژی

فیزیولوژی گیاهان زراعی، فرآیندها و مکانیسم‌های تنظیمی گیاهان را در مواجهه با شرایط محیطی متغیر بررسی می‌کند و نقش کلیدی در بهبود بهره‌وری انرژی در کشاورزی دارد. پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاهان به تنش‌هایی نظیر خشکی، شوری، دما و تابش نور، مستقیماً بر میزان مصرف انرژی در سیستم‌های تولید تأثیرگذار هستند (Rezaei, 2025). یکی از مهم‌ترین فرآیندهای فیزیولوژیک مرتبط با مصرف انرژی، فتوسنتز است. این فرآیند شامل جذب نور و تبدیل انرژی نوری به انرژی شیمیایی است که برای تولید ترکیبات آلی و رشد گیاه ضروری است. بهینه‌سازی فتوسنتز از طریق تنظیم نرخ فتوسنتز خالص، کنترل کیفیت و مقدار نور ورودی، افزایش کارایی جذب دی‌اکسیدکربن و کاهش تلفات انرژی ناشی از تعرق و تنفس گیاهی، موجب بهبود مصرف انرژی می‌شود(Cavallaro & Muleo, 2022) . فرآیند تعرق نیز نقش مهمی در بهینه‌سازی مصرف انرژی دارد. تعرق با تنظیم تعادل آب و خنک‌سازی برگ‌ها، و از طریق کنترل باز و بسته شدن روزنه‌ها، به صرفه‌جویی در انرژی آب و کاهش استرس گرمایی کمک می‌کند و در سیستم‌های آبیاری هوشمند، تأثیر بسزایی دارد. در سطح متابولیکی، تغییر مسیرهای آنابولیک و کاتابولیک و تولید متابولیت‌های ثانویه، مقاومت گیاهان به تنش‌های زیستی را افزایش داده و مصرف انرژی سیستم را کاهش می‌دهد(Khan et al., 2020) . کنترل شرایط محیطی در گلخانه‌ها، از جمله دما، رطوبت و نور، از طریق سنسورهای پیشرفته و سیستم‌های هوشمند، به بهبود شاخص‌های فتوسنتزی و کاهش هزینه‌های انرژی کمک می کند(Chen et al., 2021).

فناوری‌های نوین و انرژی‌های تجدیدپذیر در کشاورزی

پیشرفت‌های فناورانه اخیر در کشاورزی، به ویژه در حوزه مدیریت انرژی، نقش مهمی در بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش پایداری سیستم‌های کشاورزی ایفا کرده‌اند. فناوری‌های نوین شامل سامانه‌های هوشمند مدیریت منابع آب و انرژی، حسگرهای محیطی دقیق، سیستم‌های کنترل اقلیم گلخانه‌ها و کشاورزی دقیق که با بهره‌گیری از داده‌های لحظه‌ای و تحلیل‌های پیشرفته، امکان تنظیم بهینه پارامترهای زیست‌محیطی به‌صورت خودکار را فراهم می کنند. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی، بادی و زیست‌توده، به‌عنوان جایگزین پایدار و اقتصادی برای سوخت‌های فسیلی، در سیستم‌های کشاورزی مطرح است. سیستم‌های آبیاری قطره‌ای هوشمند، با کاهش نیاز به پمپاژ و جلوگیری از تبخیر غیرضروری، مصرف انرژی را کاهش می‌دهند

تلفیق فیزیولوژی گیاه با فناوری‌های نوین

ادغام دانش فیزیولوژی گیاهان با فناوری‌های نوین، از جمله هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء، رویکردی جامع برای مدیریت بهینه مصرف انرژی در کشاورزی پایدار فراهم می‌آورد(Mana et al., 2024) . فیزیولوژی گیاهان فرآیندهای زیستی و پاسخ‌های گیاه به تنش‌های محیطی را مدنظر قرار می‌دهد که مستقیماً بر مصرف انرژی در فرآیندهای حیاتی مانند فتوسنتز، تعرق و متابولیسم گیاه تأثیرگذارند(Rezaei, 2025) . استفاده از حسگرهای زیستی و محیطی و داده‌کاوی هوشمند، امکان پایش لحظه‌ای این پاسخ‌ها را فراهم می‌کند و بر اساس داده‌های جمع‌آوری‌شده، فرآیندهای کشت و آبیاری بهینه می‌شوند(Chen et al., 2021) . الگوریتم‌های یادگیری ماشین به تنظیم هوشمند پارامترهای محیطی گلخانه‌ها کمک می‌کنند؛ از جمله نورپردازیLED ، دما و رطوبت، که عملکرد فتوسنتز را افزایش و مصرف انرژی را کاهش می‌دهد(Nyawose et al., 2025) .

نتیجه گیری

بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشاورزی، نیازمند رویکردی چندبعدی و علمی است که دانش فیزیولوژی گیاهان، فناوری‌های نوین، مدل‌های ریاضی برنامه‌ریزی و سیاست‌های حمایتی را در کنار هم تلفیق کند. شناخت دقیق مکانیسم‌های زیستی گیاهان در مقابله با تنش‌های محیطی، پایه علمی محکمی برای افزایش بهره‌وری انرژی ایجاد می کند. ستفاده از سامانه‌های هوشمند مدیریت منابع، انرژی‌های تجدیدپذیر و سیستم‌های آبیاری دقیق، کاهش قابل توجهی در مصرف انرژی و هزینه‌ها به همراه دارد و به حفظ محیط زیست کمک می‌کند (Sulewski & Wąs, 2024). هوش مصنوعی و یادگیری ماشین با تحلیل داده‌های محیطی و فیزیولوژیکی، بستر تصمیم‌گیری هوشمند و بهینه‌سازی مصرف انرژی را فراهم کرده‌اند (Mana et al., 2024). مدل‌های ریاضی و برنامه‌ریزی چندهدفه، ابزارهای توانمندی برای تعیین الگوهای بهینه مصرف انرژی هستند و باید به‌صورت مستمر به‌روزرسانی شوند. فرصت‌های عظیمی در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، فناوری‌های هوشمند و مدل‌های پیشرفته مدیریتی برای تحقق کشاورزی پایدار وجود دارد(Zhang et al., 2022) . تربیت کشاورزان متخصص، تشویق به استفاده از فناوری‌های پاک، سیاست‌گذاری هوشمند و ارتقای تحقیقات میان‌رشته‌ای، راهگشای دستیابی به کشاورزی پایدار با مصرف بهینه انرژی و حداقل تأثیرات زیست‌محیطی است.

منابع

Cavallaro, V., & Muleo, R. (2022). The effects of LED light spectra and intensities on plant growth. *Plants, 11*(15), 1911.
Chen, J., Li, Y., & Zhang, W. (2021). Smart greenhouse lighting system based on IoT and LED technology. *Computers and Electronics in Agriculture*, 185, 106123
Khan, F., Farooq, M., & Ahmed, S. (2020). Plant physiological responses and energy optimization in modern agriculture. *Agricultural Systems*, 183, 102868.
Mana, A. A., Allouhi, A., Hamrani, A., Rahman, S., el Jamaoui, I., & Jayachandran, K. (2024). Sustainable AI-based production agriculture: Exploring AI applications and implications in agricultural practices. *Smart Agricultural Technology, 7*, 100416.
Nyawose, T., Maswanganyi, R. C., & Khumalo, P. (2025). A review on the detection of plant disease using machine learning and deep learning approaches. *Journal of Imaging, 11*(10), 326.
Qin, J., Bai, X., Tian, X., Yang, H., Liu, W., Yao, L., & Wei, Y. (2024). Global energy use and carbon emissions from irrigated agriculture: Implications for future climate-smart management. *Nature Communications, 15*, 3084.
Rezaei, A. (2025). Healthy agricultural production: A socio-psychological and environmentally-oriented approach. *Frontiers in Sustainable Food Systems*.
Sulewski, P. (2024). Agriculture as energy prosumer: Review of problems, challenges, and opportunities. *Energies*, 17(24), 6447.
Zhang, W., Chen, J., & Li, Y. (2022). Renewable energy integration in agriculture: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 153, 111741.