

مزارع خورشیدی، راهبردی نوین در کشاورزی پایدار

حمید اله‌دادی

دانشجوی کارشناسی ارشد آگروتکنولوژی، فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.
رایانامه: hamid.alahdadi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۸

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۸

تاریخ چاپ: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰

صص: ۳۵-۴۳

چکیده

هدف از مقاله حاضر، دستیابی به تصویری کلی از فناوری مزارع خورشیدی در تلفیق با بخش کشاورزی و منابع انرژی، همراه با چالش‌ها و مزایای استفاده از آن است. سامانه‌های مزارع خورشیدی، برای هم‌مکانی انرژی‌های تجدیدپذیر پایدار و تولید کشاورزی، راهبردی همزیست گرایانه ارائه می‌دهند. همان‌طور که در پیوند غذا-انرژی-آب تأکید می‌شود، پیشرفت‌های مزارع خورشیدی علاوه بر مدیریت انرژی، باید بر مدیریت زراعی (مدیریت محصول و آب) نیز تمرکز کند. ساختار مزارع خورشیدی و پیشرفت‌های مدیریت زراعی، به کیفیت تابش خورشیدی از نظر شدت نور و تشعشعات فعال نورساختی^۱، دسته‌های مزارع خورشیدی (مانند انرژی محور، کشاورزی محور و کشاورزی-انرژی محور) و دیدگاه سهامداران (به ویژه کشاورزان) وابسته است. همچنین، به دلیل محدودیت نور، شرایط ریزاقلیم و محدودیت‌های ساختار خورشیدی، برای انتخاب و مدیریت محصول زراعی به چندین تنظیم نیاز است. مهم‌تر از آن، برای جلوگیری از آسیب به ساختار صفحه خورشیدی باید سامانه آبیاری نظام‌مندی راه‌اندازی شود. به‌طور خلاصه، پیشرفت‌های مزارع خورشیدی باید با دقت برنامه‌ریزی شوند تا از دستیابی به اهدافی چون کاهش اتکا به منابع تجدیدناپذیر، کاهش اثرات گرمایش جهانی و برآوردن ابتکارات غذا-انرژی-آب اطمینان حاصل شود.

کلیدواژه‌ها: تلفیق پایدار، رابطه غذا-انرژی-آب، مدیریت زراعی، مزارع خورشیدی.

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت و به تبع آن روند فزاینده مصرف انرژی و تمرکز اصلی بشر بر سوخت‌های فسیلی برای تأمین انرژی و محدود بودن آن منابع، پدیده بحران انرژی را ایجاد کرده است. استقرار زیرساخت‌های جدید، در دسترس بودن کاربری زمین را کاهش می‌دهد و این عنصر باید به درستی مدیریت شود. علی‌رغم تحولات و عدم قطعیت عمیق ناشی از همه‌گیری کووید-۱۹ در صنعت انرژی، که کاهش ۵ درصدی مصرف انرژی جهانی تا سال ۲۰۲۰ را ضرورت بخشید، انرژی‌های تجدیدپذیر همچنان نقش مهمی ایفا می‌کنند و تأمین انرژی خورشیدی را در مرکز توجه قرار می‌دهند. توسعه سریع مزارع خورشیدی و استفاده از زمین برای تولید برق، برای برآوردن تقاضای فزاینده مواد غذایی چالش جدیدی ایجاد می‌کند. زمین مورد نیاز برای ایجاد مزارع خورشیدی بزرگ مقیاس نگران‌کننده است. همچنین، مطالعات کنونی نشان می‌دهند که گاهی عوامل محیطی تأثیرگذار بر کارایی صفحه‌های خورشید نادیده گرفته می‌شوند. بنابراین، توجه به این موارد در ساخت مزارع خورشیدی بسیار بااهمیت است.

نسبت معادل زمین، روشی است که برای اندازه‌گیری کارایی بهره‌برداری از زمین برای تولید هم‌زمان گیاهان زراعی و برق استفاده می‌شود. در سامانه‌های جنگل زراعی، برای ادغام

درختان و محصولات غذایی از روشی مشابه استفاده می‌شود. نسبت معادل زمین را می‌توان طوری گسترش داد که اختلاطی از هر دو سامانه تولید در یک منطقه باشد. برای شناسایی امکان ادغام تولید کشاورزی با مزرعه خورشیدی نیز از این روش استفاده کرده‌اند. مقادیر نسبت معادل زمین بزرگ‌تر از یک نشان می‌دهد که ترکیب کشاورزی و صفحه خورشیدی کارآمدتر از ایجاد جداگانه مزارع خورشیدی است. برای بهبود اثربخشی این فناوری، همواره روش‌های متعددی در حال توسعه است. با این حال، برنامه‌های کاربردی مزارع خورشیدی هنوز در مراحل اولیه توسعه خود قرار دارند. بنابراین، برای پیشرفت‌های فناورانه و زمینه‌های کاربردی مربوط فضای خالی زیادی وجود دارد.

در توسعه فناوری مزارع خورشیدی باید به این موارد توجه تام داشت: (۱) گسترش مزارع خورشیدی درآمد کلی جامعه را افزایش خواهد داد. (۲) کشت محصولات در زیر ساختار خورشیدی، با ایجاد یک ریزاقلیم خنک‌تر، دمای محیط را نیز کاهش می‌دهد. علاوه بر این، دمای صفحه خورشیدی ۱ تا ۲ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته و کارایی صفحه خورشیدی را نیز افزایش می‌دهد (تصویر ۱). (۳) برای حفظ کارایی تابش خورشیدی، صفحه‌های خورشیدی باید به‌طور مرتب شسته شوند. از آب استفاده شده برای این شستشو می‌توان برای آبیاری محصولات کشت شده در زیر این صفحه‌های خورشیدی استفاده



تصویر ۱. مزرعه خورشیدی، کشت آینده

ظاهر دارد. برای توسعه سامانه‌های نورساختی و برق خورشیدی، کیفیت و کمیت تابش خورشیدی بسیار بااهمیت است. ایجاد تعادل بین نیازهای تابش خورشیدی در صفحه‌های خورشیدی و محصولات کشاورزی ممکن است بتواند کارایی تولید برق و تولید محصولات کشاورزی را در سامانه‌های مزارع خورشیدی بهبود بخشد. بنابراین، در طراحی مزارع خورشیدی باید به روش به حداکثر رساندن تابش خورشیدی با کیفیت به صفحه‌ها و قرار گرفتن در معرض تابش فعال نورساختی بهینه برای محصول توجه شود.

ادغام انرژی خورشیدی و کشاورزی

ادغام انرژی خورشیدی و کشاورزی، تولید انرژی کارآمد و حفظ تولیدات کشاورزی با حداقل اثرات زیست‌محیطی را تضمین می‌کند. این اقدام را توسعه کشاورزی و انرژی در یک مکان می‌نامند. در این هم‌مکانی تولید انرژی و محصولات کشاورزی، سه رویکرد وجود دارد: رویکرد انرژی‌محور، رویکرد کشاورزی‌محور، و رویکرد کشاورزی-انرژی‌محور یکپارچه (تصویر ۲).

رویکردهای انرژی‌محور برای هم‌مکانی توسعه تجهیزات تولید انرژی خورشیدی و کشاورزی، ضمن تولید انرژی خورشیدی بهینه، ضرورت تغییر در شیوه‌های ساخت‌وساز خورشیدی را به حداقل رسانده و توسعه کشاورزی در زیر و اطراف تأسیسات خورشیدی را نیز تقویت می‌کنند. برای مثال، دولت مالزی در سلاتنگور، یک مزرعه خورشیدی ۵۰ مگاواتی را، به‌عنوان بخشی از طرح خورشیدی بزرگ‌مقیاس، توسعه داده است. این طرح برای تولید انرژی تجدیدپذیر (کنینگ، ۲۰۲۱) توسعه یافت و در آن مزارع خورشیدی و کاشت چمن، برای کمک به حفظ پایداری خاک، هم‌مکان شد.

رویکردهای کشاورزی‌محور به اشتراک مکانی در تولید انرژی خورشیدی و کشاورزی، اقداماتی در خدمت بهینه‌سازی فعالیت‌های تولید زیست‌توده هستند که فعالیت‌های تولید انرژی خورشیدی را نیز هماهنگ می‌کنند. در مناطقی با زمین محدود

کرد و راندمان آب را افزایش داد. ۴) گیاهان زراعی دی‌اکسید کربن را جذب و از انتشار آن جلوگیری می‌شود. ۵) صفحه‌های خورشیدی سایه‌ای مناسب برای برخی از گیاهانی است که به نور مستقیم خورشید نیاز ندارند. ۶) توسعه مزارع خورشیدی مشاغل جدیدی را توسعه خواهد داد. ۷) این توسعه باعث می‌شود تا انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر گسترش یافته و وابستگی به سوخت‌های فسیلی کم شود. در نتیجه، فرآیند گرم شدن کره زمین را کاهش خواهد داد. بعلاوه، تلاش برای کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و ترویج انرژی پایدار، همواره با حمایت‌های بین‌المللی روبرو است. بنابراین، فناوری مزارع خورشیدی با پیوند غذا-انرژی-آب و اهداف توسعه پایدار انطباق بسیار دارد.

یافته‌ها

اهمیت تابش خورشیدی برای تولید انرژی و کشت محصول

تابش خورشیدی عامل مهمی در نورساخت است؛ فرآیندی که در آن گیاهان انرژی نور خورشید را به انرژی شیمیایی تبدیل و کربوهیدرات‌ها را می‌سازند. ازسوی دیگر، در سامانه‌های انرژی خورشیدی این تابش خورشیدی می‌تواند به برق تبدیل شود. سامانه‌های خورشیدی به دو دسته تقسیم می‌شوند: سامانه‌های برق خورشیدی که مستقیماً نور خورشید را با استفاده از مواد نیمه‌رسانا به الکتریسیته تبدیل می‌کنند و سامانه‌های انرژی خورشیدی متمرکز که نور خورشید را برای تولید برق به گرما تبدیل می‌کنند. علیرغم این واقعیت که هر دو فرآیند به تابش خورشیدی نیاز دارند، اما فرآیند نورساخت بیشتر به محدوده تابش فعال نورساخت (۴۰۰-۷۰۰ نانومتر) وابسته است درحالی‌که در تولید انرژی الکتریکی، این شدت تابش خورشیدی است که اهمیت می‌یابد. مقدار و شدت تابش خورشیدی به عوامل مختلفی مانند پوشش ابر، عرض جغرافیایی، ارتفاع، فصل، آب‌وهوا و روز بستگی دارد. علاوه بر این، مسافت تابش به زاویه خورشید مرتبط است. به همین دلیل است که تابش خورشیدی در صبح و عصر شدت کمتری نسبت به

انرژی کمتر بیانجامند. با این حال، مزایای دیگری مثل جریان‌های درآمد اضافی، هم‌مکانی را ریحان می‌بخشد. براساس توصیف رویکردهای مزارع خورشیدی، توسعه‌دهندگان، ارائه‌دهندگان انرژی و کشاورزان باید تصمیم بگیرند که کدام رویکرد مناسب‌تر است.



تصویر ۲. انواع مزارع خورشیدی

صفحه‌های نصب‌شده، پیکربندی تراکم صفحه‌های خورشیدی و تنظیم زاویه شیب. با این حال، همه مزارع خورشید، از شرایط جغرافیایی و فصل رشد محصول تأثیر می‌پذیرند. با توجه به اینکه هم‌اکنون هیچ دستورالعمل و مقررات جامعی برای تغییر ساختار صفحه‌های خورشیدی در اقلیم‌های مختلف وجود ندارد، امکان پژوهش‌های بیشتر بر روی فناوری‌های مزارع خورشیدی در اقلیم‌های مختلف وجود دارد (ویسیلیک و دیگران، ۲۰۱۹).

ردیاب‌های خورشیدی

مطالعات اخیراً نشان داده است که در برنامه‌های مزارع خورشیدی می‌توان از ردیاب‌های خورشیدی استفاده کرد. هدف یک ردیاب خورشیدی این است که صفحه‌ها به بیشترین میزان تابش خورشیدی ممکن در طول روز دست یابند. براساس روش‌های مورد استفاده برای کنترل حرکت صفحه‌های خورشیدی، سامانه‌های ردیاب خورشیدی به سامانه‌های غیرفعال، فعال و ردیاب زمانی تقسیم می‌شوند. با این حال، مطالعات قبلی نشان می‌دهند که به استفاده از ردیاب‌های خورشیدی فعال، برخلاف سامانه‌های ردیاب غیرفعال و زمانی، در مزارع خورشیدی گرایش بیشتری وجود دارد. ادغام ردیابی مستقیم خورشید با تولید کشاورزی، مقدار نسبت معادل زمین ۱/۵ و

یا مناطقی که قبلاً برای کشاورزی ایجاد شده‌اند، روش‌های کشاورزی محور می‌تواند مناسب باشد.

هدف روش‌های ترکیبی، ادغام عملکرد انرژی و اهداف تولید کشاورزی برای هم‌مکانی فناوری‌های انرژی خورشیدی و کشاورزی است. این روش‌ها ممکن است به کشاورزی و تولید

دستاوردها

ساختار برق خورشیدی در سامانه مزارع خورشیدی

تغییر و اصلاح برق خورشیدی

به روش‌های مختلفی می‌توان مزارع خورشیدی و تولیدات کشاورزی را در هم ادغام کرد طوری که بر تولید انرژی خورشیدی و شیوه‌های پوشش گیاهی، تأثیرات متفاوتی داشته باشد. تأسیسات سازه‌های صفحه‌های خورشیدی می‌توانند محصولات کم ارتفاع را در زیر مکان نصب خود بگنجانند تا بدون اصلاح فعالیت‌های آماده‌سازی مکان موجود، اثرات زیست‌محیطی را کاهش دهند. از سوی دیگر، برخی از مناطق کشاورزی خاص می‌توانند از فناوری‌های صفحه خورشیدی به روش‌هایی استفاده کنند که ضمن حفظ تولید محصول یا روش‌های برداشت، منابع تولید برق نیز به‌شمار آیند. توسعه‌دهندگان مزارع خورشیدی و تولیدکنندگان کشاورزی گزینه‌های مختلفی برای اصلاح طراحی سامانه دارند تا سطوح بیشتری از یکپارچگی را فراهم کنند. مطالعات اولیه مزارع خورشیدی نشان داد که ادغام انرژی خورشیدی و محصولات کشاورزی تنها زمانی امکان‌پذیر است که از یک ساختار خورشیدی ثابت استفاده شود. برای بهینه‌سازی منسجم مزارع خورشیدی می‌توان تغییرات متعددی را انجام داد؛ از جمله بهینه‌سازی فاصله بین ردیف‌های صفحه، تنظیم ارتفاع

طراحی مزارع خورشیدی بتواند گردش هوای کافی را در زیر ساختار باز تنظیم کند، ممکن است دمای هوا، میانگین رطوبت نسبی و سرعت باد تفاوت چندانی نکند. از سوی دیگر، سازه‌های محصور این مزیت را دارند که می‌تواند دمای داخل ساختار را برای برآوردن نیازهای محصول تنظیم کنند.

محصولات مناسب برای مزارع خورشیدی باید براساس اقلیم محلی و شرایط آب‌وهوایی انتخاب شوند. به‌طور کلی، گیاهان سایه‌دوست برای کاشت در مناطقی که نور خورشید کمتر است مناسب هستند، درحالی‌که گیاهان آفتاب‌دوست برای کاشت در مناطق نور خورشید مناسب‌تر هستند. برای مناطق خشک، گیاهانی مانند شنبلیله، اسفرزه و گشنیز ممکن است با موفقیت بین دو ردیف صفحه خورشیدی رشد کنند. همچنین سبزی‌هایی چون گل‌کلم، کلم، پیاز، سیر و فلفل نیز قابلیت کشت دارند (۲۵). زمین زیر صفحه‌های خورشیدی می‌تواند برای رشد محصولات گیاهی از خانواده کدوئیان مانند کدوی تخمه‌کاغذی، کدو قلیانی و کدو هندی مناسب باشد (سانترا و دیگران، ۲۰۱۷). کشت محصولات زراعی در نواحی زیر صفحه خورشیدی از این مزیت افزوده برخوردارند که در سطح زیرین صفحه، حرارت کاهش می‌یابد. در نتیجه، به تولید حداکثر برق کمک می‌کند. علاوه بر این، با استفاده از برنامه‌های کاربردی مزارع خورشیدی و تغییرات جزئی در ساختار صفحه‌ها، می‌توان در مناطق گرمسیری نیز گیاهان را کشت کرد. کشت گیاهانی مانند چای و جاوا برای مناطق گرمسیری مناسب هستند (راوی و دیگران، ۲۰۱۶)، همچنین می‌توان سنا و آلوه‌ورا را نیز به‌عنوان محصولات بالقوه برای کشت در نظر گرفت (سانترا و دیگران، ۲۰۱۷).

در برخی از مطالعات انجام‌شده در مناطق مختلف جهان، انواعی از محصولات را نشان می‌دهد که در مزارع خورشیدی کشت شده‌اند؛ مثل ذرت (دره‌پو، ایتالیا شمالی)، کاهو (محصول چرخه کوتاه)، خیار (محصول چرخه کوتاه)، گندم دوروم (محصول طولانی‌مدت) کشت‌شده در ایستگاه آزمایشی مونپلیه فرانسه و سیب‌زمینی و گندم (مزارع هیگل‌باچ آلمان) (اسچیندل

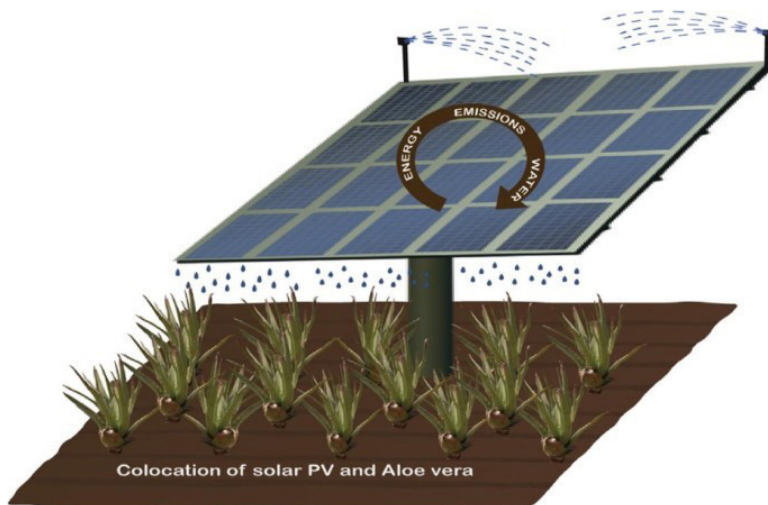
بالاتر را ثبت کرده است. در نتیجه، تولیدات مزارع خورشیدی به‌طور مؤثر بهینه می‌شوند. نسبت‌های بالا عمدتاً با تولید برق، در مقایسه با تولید کشاورزی، ایجاد می‌شود. در عین حال، برای ایجاد مشارکت هوشمندانه بین هر دو سو در بهینه‌سازی تولید برق و کشاورزی، استفاده از یک سامانه ردیابی کنترل‌شده مبتنی بر الگوریتم ردیابی مؤثرتر است. در مزارع خورشیدی می‌توان ردیاب خورشیدی مبتنی بر الگوریتم را با یک سامانه تک‌محوره یا سامانه دو‌محوره ترکیب کرد. نکته مهم آن است که در یک الگوریتم ردیابی سفارشی و سازگار، باید بین بهینه‌سازی نفوذ نور در زیر ساختار خورشیدی برای محصولات خاص و تولید انرژی تعادل ایجاد شود (آمادوسی و دیگران، ۲۰۱۸).

انتخاب محصول

در انتخاب محصولات مناسب برای کشت در مزارع خورشیدی باید توان بالقوه ریزاقلیم زیر صفحه خورشیدی را در نظر گرفت. منطقه زیر صفحه خورشیدی به سه بخش فرعی تقسیم می‌شود: (۱) منطقه کاملاً باز آسمان بین صفحه‌ها. این مناطق بین لبه‌های صفحه‌های نصب‌شده قرار دارند و نور کامل دریافت می‌کنند و هیچ سایه‌ای نیز آن را نمی‌پوشاند. (۲) منطقه خورشیدی نیمه‌باز بین صفحه‌ها. این نواحی در نیم‌سایه قرار دارند و در معرض سایه دوره‌ای قرار می‌گیرند. (۳) منطقه کاملاً سایه که در زیر صفحه‌های خورشیدی قرار دارند و سایه کامل را دریافت می‌کنند.

گرما یا انرژی حرارتی تلف‌شده در زیر آرایه صفحه‌های خورشیدی نیز عاملی حیاتی است که باید در توسعه مستمر محصولات کشاورزی در نظر گرفته شود. بنابراین، مزارع خورشیدی «میدان باز» بهتر از مزارع خورشیدی «گلخانه بسته» است. کاهش متوسط روزانه دسترسی به نور برای گیاهان بدون تغییرات عمده در سایر شاخص‌های ریزاقلیمی مانند رطوبت نسبی، سرعت، جهت باد و رطوبت خاک در سطح تاج پوشش از ویژگی‌های کلیدی مزارع خورشیدی «میدان باز» است. اگر

را رقابتی تر و پایدار تر کند. با این حال، در مزارع خورشیدی برای به حداقل رساندن اثرات زیست محیطی ناشی از آب اضافی و شستشوی مواد شیمیایی کشاورزی که ممکن است بر ساختار صفحه خورشیدی تأثیر بگذارد، تنظیم یک برنامه آبیاری منظم یا مناسب ضروری است. علاوه بر این، از دست دادن خروجی الکتریکی به دلیل تجمع گردوغبار در سطح صفحه به علت مواردی مانند خاک و رز و برداشت نیز یکی از عوامل نگرانی است. در مناطق با بارش کم یا مناطق با آب و هوای خشک، سطح صفحه باید به صورت دوره‌ای تمیز شود تا به دلیل تجمع گردوغبار، از کاهش بازده برق جلوگیری شود. برای کاهش بیشتر مصرف آب می‌توان تمیز کردن صفحه‌ها را با سامانه‌های آبیاری ترکیب کرد (تصویر ۳). از این رو، پیش از طراحی سامانه آبیاری محصولات کشاورزی در مزارع خورشیدی، باید میزان تبخیر و تعرق، محتوای رطوبت خاک و فرآیندهای تمیز کردن صفحه را ارزیابی کرد.



تصویر ۳. سامانه آبیاری در کشت مزرعه خورشیدی گیاه آلوئه‌ورا

صفحه‌ها برای ایجاد یک الگوی سایه یکنواخت فضایی (۲) بهبود کنترل‌کننده ردیاب خورشیدی که نیاز به تابش خورشیدی را برای هر دو تولید (برق و محصول کشاورزی) در نظر می‌گیرد. (۳) انتخاب محصولی مناسب برای کاشت با حداقل نیاز به نور (به دلیل اثر سایه‌ساز ساختار صفحه خورشیدی). علاوه بر این،

و دیگران، (۲۰۲۰). در برخی از مناطق نیز محصولات خاصی مانند درختان میوه (به عنوان مثال کیوی، سیب، گلابی و گیلاس)، انواع توت‌ها (مانند تمشک، شاه توت)، گوجه فرنگی، فلفل دلمه‌ای، قهوه و جینسنگ از جمله محصولاتی هستند که می‌تواند بیش از ۵۰ درصد نور را کاهش دهند. بنابراین، نتیجه می‌گیریم که انتخاب محصولات مناسب برای ادغام در سامانه مزارع خورشیدی، باید بر اساس آب و هوای محلی و معماری ساختار صفحه‌ها انجام شود.

شیوه‌های زراعی

اگر منابع نور و دی‌اکسید کربن محدود نباشد، برای افزایش سرعت نورساخت به مقدار بهینه آب آبیاری نیاز است. بنابراین، مزرعه خورشیدی، با کاهش تبخیر و تعرق و نیاز آبی، برای مناطقی با منابع آب ناکافی مناسب است. کاهش مقدار آب آبیاری بدون به خطر انداختن نیازهای آبی محصول می‌تواند هزینه‌های تولید کشاورزی را به طور قابل توجه کاهش داده و صنعت کشاورزی

سایه ناهمگن آرایه صفحه‌های خورشیدی، ناهمگونی شدید و شیب مکانی در تولید زیست توده و رطوبت خاک از جمله مواردی است که باید به آن‌ها توجه شود. برای کاهش این مخاطرات در تولید محصولات کشاورزی، انجام برخی اقدامات ضروری عبارت‌اند از: (۱) بهینه‌سازی قرارگیری آرایه

عبور ماشین‌های کشاورزی، مقدار زمین موجود برای صفحات خورشیدی را محدود نکند (تصویر ۴).

برای کاهش ناهمگنی می‌توان ارتفاع ساختار صفحه‌ها را افزایش داد تا ماشین‌های کشاورزی معمولی بتوانند از زیر آن عبور کنند. باید برنامه‌ریزی دقیقی انجام شود تا فضای مورد نیاز برای



تصویر ۴. تسهیل حرکت ماشین‌های کشاورزی با کاهش سطح صفحه‌های خورشیدی

نتیجه‌گیری

استقرار سامانه‌های مزارع خورشیدی مزایای مختلفی دارد که با توجه به شرایط جغرافیایی و آب‌وهوایی متفاوت است. حفظ منابع کشاورزی و سود اقتصادی برای کشاورزان، مزیت واقعی رویکرد مزارع خورشیدی است. برای موفقیت مزارع خورشیدی باید به معماری ساختار صفحه خورشیدی و مدیریت زراعی توجه زیادی شود. برای مثال، طرف‌های مرتبط از جمله توسعه‌دهندگان، محققان، مقامات دولتی و غیره باید وابستگی سامانه‌های تولید انرژی و کشاورزی به منابع نور، رویکردهای ترکیبی تولید پذیرش عموم نسبت به این فناوری را در نظر گرفته و درک کنند. ویژگی‌های ساختار صفحه خورشیدی و مدیریت زراعی از دیگر مواردی است که باید به آن توجه شود. هدف آن است که رقابت برای تابش خورشیدی بین صفحه‌ها و محصول زراعی به حداقل برسد و درعین حال تولید انرژی و تولید کشاورزی نیز افزایش حداکثری یابد. همان‌طور که در مفاهیم غذا-انرژی-آب اشاره شده است، پیشرفت‌های فناوری مزارع خورشیدی نه تنها باید بر مدیریت انرژی تمرکز کند، بلکه باید بر مدیریت

موانع پذیرش سامانه‌های مزارع خورشیدی

با معرفی فناوری‌های جدید، همواره مجادله‌ای عمومی برای پذیرش آن وجود دارد. در پذیرش سامانه مزارع خورشیدی نیز نباید این مجادله‌ها را دست کم گرفت. موانع پذیرش و استفاده از مزارع خورشیدی عبارت‌اند از: ۱) تقاضا برای تولید طولانی مدت باید تضمین شود؛ ۲) توان بالقوه بازار؛ ۳) غرامت عادلانه؛ ۴) انعطاف‌پذیری سامانه از پیش طراحی شده متناسب با انواع فعالیت‌ها و روش‌های کشاورزی در حال تکامل؛ ۵) شناسایی رویکردهای مزارع خورشیدی که هم از نظر اقتصادی مفید باشند و هم پیامدهای زیست‌محیطی نامطلوبی نداشته باشند؛ ۶) طراحی زیرساخت صفحه‌های خورشیدی باید برگشت‌پذیری را تقویت کند؛ ۷) تبلیغ بیشتر برای افزایش دانش عمومی از مزارع خورشیدی. با آموزش عمومی مداوم و اراده سیاسی قوی مقامات مسئول می‌توان همه این موانع را به راحتی مرتفع کرد (زین‌العابدین و دیگران، ۲۰۲۱). با این حال، پیش از هر اقدامی باید به میزان پیشرفت دیدگاه‌ها و پذیرش کشاورزان توجه شود، زیرا آن‌ها کاربران نهایی این فناوری هستند.

voltaics or solar farming: The concept of integrating solar PV based electricity generation and crop production in a single land use system.

- Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Obergfell, T., Bopp, G., Reise, C., ... & Weber, E. (2020). Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy*, 265, 114737.
- Weselek, A., Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S., & Högy, P. (2019). *Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. Agronomy for Sustainable Development*, 39, 1-20.
- Zainol Abidin, M. A., Mahyuddin, M. N., & Mohd Zainuri, M. A. A. (2021). Solar photovoltaic architecture and agronomic management in agrivoltaic system: A review. *Sustainability*, 13(14), 7846.

غذا (کشاورزی) و آب نیز تأکید داشته باشد، زیرا این سه عامل حوزه‌هایی به هم پیوسته هستند. از آنجایی که مدیریت کشاورزی (زراعت) و آب بخشی از مدیریت زراعی است، پیشرفت‌های آتی باید بر اهمیت تعادل این دو تأکید کند. مدیریت زراعی شامل توصیه‌های انتخاب محصول، دستورالعمل‌های مدیریت محصول بهبود یافته، و یک سامانه آبیاری نظام‌مند است که اثرات زیست‌محیطی ناشی از آب اضافی و شستشوی شیمیایی کشاورزی بعدی که می‌تواند بر ساختار صفحه خورشیدی تأثیر بگذارد را به حداقل می‌رساند. تمدن آینده در دست‌ملتهایی است که از انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر بیشترین بهره را ببرند. ایران از دیدگاه طبیعی برای بهره‌برداری از انرژی خورشیدی بسیار توانمند است. سطح زمین سراسر ایران هر روز هشت میلیارد مگاوات ساعت انرژی از خورشید دریافت می‌کند. در اوج فصل گرما مصرف برق کشور از ۷۰ هزار مگاوات عبور نکرده است. بنابراین، با توجه به اقلیم گرم و خشک کشور و وجود پهنه وسیعی از مناطق بیابانی، با بهره‌برداری از سامانه‌های مزارع خورشیدی در کشور ضمن صرفه اقتصادی و تأمین بهینه انرژی‌های تجدیدپذیر، کاربرد منابع تجدیدناپذیری چون نفت و گاز در کشور نیز کاهش می‌یابد. از این طریق وابستگی به این منابع نیز کم می‌شود.

منابع

- Amaducci, S., Yin, X., & Colauzzi, M. (2018). Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Applied energy*, 220, 545-561.
- Kenning, T. *TNB connects first phase of Malaysia's largest solar project to the grid*. Available online: <https://www.pv-tech.org/tnb-connects-malaysias-largest-solar-project-to-the-grid/> (accessed on 25 March 2021).
- Ravi, S., Macknick, J., Lobell, D., Field, C., Ganesan, K., Jain, R., ... & Stoltenberg, B. (2016). Colocation opportunities for large solar infrastructures and agriculture in drylands. *Applied Energy*, 165, 383-392.
- Santra, P., Pande, P. C., Kumar, S., Mishra, D., & Singh, R. K. (2017). Agri-

Solar farms, a new strategy in Sustainable agriculture

Hamid alahdadi

Master's student in Agrotechnology, Crop Physiology, Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran. Email:hamid.alahdadii@gmail.com

Abstract

The purpose of this article is to get a general picture of the technology of solar farms in the integration of the agricultural sector and energy resources, along with the challenges and benefits of its use. Solar farm systems offer a symbiotic strategy for the coexistence of sustainable renewable energy and agricultural production. As emphasized in the food-energy-water nexus, solar farm developments should focus on agronomic management (crop and water management) in addition to energy management. The structure of solar farms and the advances of crop management depend on the quality of solar radiation in terms of light intensity and photosynthetic active radiation, the categories of solar farms (such as energy-oriented, agriculture-oriented, and agriculture-energy-oriented) and the perspective of stakeholders (especially farmers). Also, due to light limitation, microclimate conditions and solar structure limitations, several adjustments are required for crop selection and management. More importantly, a systematic irrigation system is required to prevent damage to the solar panel structure. In summary, solar farm developments must be carefully planned to ensure the goals of reducing reliance on non-renewable resources, mitigating the effects of global warming, and meeting food-energy-water initiatives.

Keywords: agricultural management, food-energy-water relationship, solar farms, sustainable integration.