



آگری وولتائیک Agrivoltaics

Agriculture + Photovoltaics = Agrivoltaics

کشاورزی و تولید برق همزمان با صفحه‌های (بنارهای) خورشیدی

تدوین و نگارش: فرهاد اردشیری مبارکه

سرشناسه	اردشیری مبارکه، فرهاد، ۱۳۴۶-
عنوان و نام پدیدآور	آگریولتاییک = Agrivoltaics: کشاورزی و تولید برق هم‌زمان با صفحه‌ها (پنل‌های) خورشیدی / تدوین و نگارش فرهاد اردشیری مبارکه؛ ویراستار مهناز فیروزمند.
مشخصات نشر	تهران: نشر برسم، ۱۴۰۳.
مشخصات ظاهری	۱۷۰ ص؛ مصور (رنگی).
شابک	۹۷۸-۶۲۲-۷۱۳۸-۷۵-۷ :
وضعیت فهرست‌نویسی	فیپا :
یادداشت	کتابنامه: ص. ۱۶۹.
عنوان دیگر	کاربرد دوگانه از زمین و خورشید برای کشاورزی و هم‌زمان تولید برق با استفاده از صفحه‌ها (پنل‌های) خورشیدی
موضوع	انرژی خورشیدی در کشاورزی
	Solar energy in agriculture
	انرژی خورشیدی
	Solar energy
	تولید برق از انرژی خورشیدی
	Photovoltaic power generation
رده‌بندی کنگره	TJ ۸۱۰ :
رده‌بندی دیویی	۶۲۱ / ۴۷ :
شماره کتاب‌شناسی ملی	۹۹۷۹۴۳۲ :
اطلاعات رکورد کتاب‌شناسی: فیپا	



نشر بَرسم

آندس و اتائیک
Agrivoltaics

Agriculture + Photovoltaics = Agrivoltaics

تدوین و نگارش: فرهاد اردشیر می‌مار که
ویراستار: مهناز فیروزمند

ناشر: نشر بَرسم

صفحه‌آرایی و طراحی جلد: هوش پارس

چاپ نخست: زمستان ۱۴۰۳

تیراژ: ۵۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۱۳۸-۷۵-۷

حقوق کتاب متعلق به مؤلف می‌باشد.



9 786227 138757

فهرست

نیایش	۷
آغاز سخن	۹
پیشگفتار	۱۵
چند تعریف و گری بر انرژی خورشیدی و رشد آن	۲۵
روند رشد پنل‌های خورشیدی و نیروگاه‌های خورشیدی	۳۳
سیستم‌های آگری‌ولتائیک	۷۱
مزایای ترکیب انرژی‌های تجدیدپذیر و کشاورزی فتوولتائیک	۷۹
نتایج برخی از پروژه‌های آگری‌ولتائیک اجرا شده در دنیا	۸۹
محصولات قابل کشت در سیستم‌های آگری‌ولتائیک	۹۷
نکات کلی برای انتخاب و برخی از پارامترهای مهم در طراحی سیستم‌های آگری‌ولتائیک ...	۱۰۳
معیارهای مهم در طراحی سیستم آگری‌ولتائیک Agrivoltaics	۱۱۷
ابزار طراحی سیستم Agrivoltaic برای مدیریت مباحث این تولید انرژی، بهره‌وری	
محصول و مصرف آب	۱۲۱
نواوری‌های تکنولوژیکی و سیستم‌های پویا	۱۳۵
گلخانه‌های فتوولتائیک	۱۳۹
چند تجربه و تحقیق مهم در طراحی و اجرای سیستم‌های آگری‌ولتائیک در دنیا	۱۴۷
سیستم‌های آگری‌ولتائیک فرصتی برای دستیابی به نیازهای هم‌افزایی خوراک (غذا)،	
انرژی، محیط‌زیست و اهداف پایداری	۱۶۱
پایان سخن	۱۶۷
خورشید	۱۶۹
منابع	۱۷۱

آغاز سخن

نورِ نورِ چشم، خود نورِ دل است	نور چشم از نور دل‌ها حاصل است
باز نورِ نورِ دل، نور خداست	کو ز نورِ عقل و حس، پاک و جداست
پس، ضد نور دانستی تو نور	ضد، ضد را می‌نماید در صدور
رنج و غم را سر می آن آفرید	تا بدین ضد، خوشدلی آید پدید
پس نهانی‌ها به ضد پیدا شود	چون که حق را نیست ضد، پنهان شود

مثنوی دفتر اول

از جمله بحران‌های عظیمی که بشر به مرور درگیر آن خواهد شد، آلودگی بیش از حد محیط زیست به دلیل استفاده از سوخت‌های فسیلی و همچنین اتمام منابع این سوخت‌هاست که با مطرح شدن جایگزینی انرژی‌های نو این مشکل برطرف خواهد شد. به همین علت امروزه برای رویارویی با این مشکلات نیاز به استفاده از منابعی پایان‌ناپذیر، با دسترسی آسان و البته پاک و دور از آلودگی داریم.

امروزه به نظر می‌رسد نمی‌توانید یک روز را بدون شنیدن عباراتی مانند "انرژی پاک"، "تجدیدپذیر"، "حذف کربن"، "انتشار صفر" و "ردپای کربن" سپری کنید. تغییرات آب و هوایی واقعی است؛ و این می‌تواند منجر به انواع پیامدهای فاجعه بار ناشی از افزایش درجه حرارت جهانی، و افزایش سطح دریا به اسیدی شدن اقیانوس‌ها و حوادث شدید آب و هوایی شود؛ به این ترتیب، ایجاد برخی تغییرات در شیوه زندگی شخصی و اجتماعی ضروری است؛ در اینجا، شما با یکی از تازه‌ترین دستاوردهای جهانی برای استفاده از انرژی پاک (نو) و کاربرد بهینه آن، که ترکیبی از آفریده‌های خداوند (همانا خورشید، گیاه، آب، خاک و هوا) یعنی استفاده هم‌زمان

آنها، برای تولید برق خورشیدی فتوولتائیک (PV) و فعالیت‌های کشاورزی یعنی سیستم‌های آگری‌ولتائیک^۱ که راه‌حلی نوآورانه و مؤثر برای بهره‌برداری از زمین و انرژی خورشیدی را به منظور تأمین خوراک و مواد غذایی و تولید انرژی الکتریکی و حتی آب را ارائه می‌دهد آشنا خواهید شد. سیستم‌های AV برای تولید محصولات زراعی و همراه با چرای دام، حفاظت از اکوسیستم، احیای زیستگاه و آبی‌ری پروری استفاده می‌گردد.

استقرار راه‌حل‌های AV در سال‌های اخیر رشد قابل توجهی از ۵ مگاوات پیک انرژی^۲ در سال ۲۰۱۲ به ۱۴ گیگاوات در سال ۲۰۲۱ داشته و کشورهایی که در حال حاضر در اجرای سیستم‌های AV پیشرو هستند عبارتند از: ژاپن، چین، کره جنوبی، آلمان، ایتالیا و فرانسه و البته ایالات متحده و هند. علاوه بر فزاینده‌ای به این فناوری نشان می‌دهند.



دانشمندان مختلف با بررسی، شناسایی و مطالعات مزایای بالقوه و بالفعل کاربردی سیستم‌های اجرا شده AV به نتایج مختلفی رسیده اند از جمله تولید انرژی تجدیدپذیر کارآمد با کاهش

1. Agrivoltaics (AV)

2. Pick Energy

انتشار گازهای گلخانه‌ای و افزایش تولید غذا و بهره‌وری استفاده از زمین.

سیستم‌های آگری‌ولتائیک AV همچنین می‌توانند به تقویت کارایی مصرف آب، جلوگیری از آلودگی، احیای زمین‌های تخریب شده، حفظ تنوع زیستی زمین و سازگاری و انعطاف‌پذیری در برابر تغییرات آب و هوایی کمک کنند. علاوه بر این، سیستم آگری‌ولتائیک می‌تواند فرصت‌های معیشتی و جریان‌های درآمد را متنوع کند و به سایر اهداف توسعه پایدار، مانند کاهش فقر کمک کرده و امنیت غذا (خوراک)، آب و انرژی، سلامتی و رفاه خوب؛ کار شایسته؛ رشد اقتصادی؛ توسعه صنعتی و زیرساختی و شهرهای پایدار را گسترش و احیا نماید.

سیستم‌های (AV) Agrivoltaics می‌توانند نتایج خوبی را در مناطقی با سطح نور خورشید بالا ارائه دهند، البته ضروریست تا مبادله‌های احتمالی بین تولید برق و محصولات کشاورزی به درستی و دقت در نظر گرفته شود. در این سیستم‌ها نیاز است تا به اولویت‌بندی تولید کشاورزی (کشاورزی محور) یا خروجی انرژی خورشیدی (خورشید محور) توجه ویژه داشت، زیرا از یک قطعه زمین برای این دو فعالیت استفاده می‌شود.

همچنین، برخی از محصولات زراعی تحت سیستم‌های بهتر از دیگر محصولات کشاورزی رشد کرده و به عمل می‌آیند، مطالعات نشان می‌دهد که محصولاتی که به محافظت در برابر دمای بالا نیاز دارند (مانند انگور، توت‌ها، سبزیجات، گیاهان ریشه‌دار درختان و درختچه‌های آجیل‌زا) کاندیدهای خوبی برای کاربرد سیستم‌های Agrivoltaics هستند. در حالی که محصولاتی که به سطوح بالای نور خورشید نیاز دارند (مانند گندم، ذرت، برنج)، گوشت‌پرانی و فلفل بسته به فصل رشد، نتایج متفاوتی (یعنی عملکرد کمتر، برابر یا بیشتر) نشان داده‌اند.

علاوه بر زمان، آب و هوای محلی، اگر طراحی و نصب به خوبی اجرا نشود، سیستم‌های AV می‌توانند بر کیفیت خاک تأثیر منفی بگذارند. یافته‌های عملی اهمیت طراحی سیستم‌های AV را به خوبی نشان می‌دهد که ابتدا هم‌افزایی و مبادلات را باید در نظر گرفت و سپس شواهدی را برای رویکردهای پیاده‌سازی ارائه نمود تا بتوان منافع را به حداکثر و اثرات نامطلوب احتمالی را به حداقل رساند.

در حالی که سیستم‌های AV فرصتی روشن برای دستیابی به اهداف زیست‌محیطی و

اجتماعی - اقتصادی ارائه می‌دهند، پذیرش و مقیاس‌پذیری آنها با موانعی مواجه است. مانع اصلی، (همانند مزارع خورشیدی برای تولید برق) هزینه بالای سرمایه‌گذاری اولیه بوده که معمولاً خارج از دسترس کشاورزان محلی است. با توجه به افزایش هزینه‌های مرتبط با الزامات نصب منحصر به فرد و هزینه‌های بالاتر مجوزها، نیروی کار و بررسی محل، ساخت سیستم‌های AV عموماً گران‌تر از سیستم‌های PV خورشیدی معمولی روی زمین است.



سیستم‌های آگری‌ولتائیک Agrivoltaics یا آگری‌ولتائیک به نام‌های دیگری همچون (APV) Agrophotovoltaics، آگروفتوولتائیک اشتراک‌گذاری خورشیدی، فتوولتائیک کشاورزی یا کشاورزی خورشیدی شناخته می‌شود که می‌توان گفت که سیستم‌های آگری‌ولتائیک، ترکیبی از تولید انرژی و تخصص کشاورزی بوده که یک مفهوم پیشرفت در خنثالیت‌های پایدار می‌باشد. این استراتژی جدید که به طور هماهنگ فناوری فتوولتائیک خورشیدی (PV) را با کشاورزی سنتی ترکیب می‌کند، می‌تواند شیوه‌های کشاورزی هوشمند را تقویت کرده و تغییرات آب و هوایی را کاهش دهد. Agrivoltaics با استفاده مجدد از زمین برای انرژی و کشاورزی، امید به آینده‌ای سبزتر و انعطاف‌پذیرتر را فراهم می‌کند.

به طور کلی سیستم‌های APV نه تنها تأثیر کاربری زمین و خطرات احتمالی درگیری‌های زمین را کاهش می‌دهد، بلکه پتانسیل آن را نیز دارد که با ایجاد حفاظت در برابر تابش شدید خورشیدی، بادهای گرم در ایجاد شرایط بهبود یافته برای رشد محصول و بهبود دسترسی

به آب را فراهم نماید. با این حال، هیچ تعریف واحد بین‌المللی وجود ندارد، در این نوشتار سعی شده خواننده تا حدودی با کلیات و برخی جزئیات از جمله ارزیابی بالقوه، مدل‌های تجاری، حالت‌ها پوشش‌دهی، نحوه پیاده‌سازی، موارد فنی کلیدی، سیاست‌گذاری و توانمندسازی بازار و مهارت‌های مورد نیاز برای تسهیل و سرعت بخشیدن به استفاده از این تکنولوژی روز دنیا، در سرزمین پاک آریایی‌مان ایران و گسترش این دانش در بین علاقه‌مندان و دوستداران طبیعت و انرژی و همچنین استفاده بهینه از نعمات خداوندی شود.

در این کتاب سعی شده تا کلیات، نکات، انواع، مزایا، نحوه پیاده‌سازی سیستم‌های Agrivoltaics و... را برای شما تلاشگران تحول آفرین، بیان نموده و با هم یاد بگیریم که چگونه این سیستم محصر به فرد می‌تواند چشم‌اندازهای کشاورزی و انرژی ما را تغییر داده و باعث تحولی جدید در ساختار تامین انرژی و خوراک گردد.



پیشگفتار

جمله ذرات عالم در زبان با تو می گویند روزان و شبان
ما سمیعیم و بصیریم و هشتم، شما نا محرمان ما خامشیم
مولانا

با درود و ارج فراوان و با آرزوی لحظه لحظه ها و روزهایی شاد همراه با تندرستی، بهروزی، برکت و عاقبت به خیری برای شما خواننده گرامی که دوستدار طبیعت و استفاده بهینه از نعمت ها و انرژی الهی هستید، حسب علاقه ام به یادگیری، آموختن، آموزش و مشاوره و همچنین شناخت و بررسی فن آوری های به روز و خلاقانه خصوصاً انرژی های تجدیدپذیر به تازگی با مفهوم Agrivoltaics که چند سالی ست در دنیا معرفی شده و ترکیب سیستم های فتوولتائیک خورشیدی با شیوه های کشاورزی برای به حداکثر رساندن بهره وری و پایداری استفاده از زمین و نور خورشیدی می باشد آشنا شدم و بر خود واجب دانستم تا در راستای

رسالتم با تهیه و نگارش کتابی، این دانش جدید را برای گسترش آن در کشورم ایران زمین، دوست داشتنی و دوستداران این خاک پاک، و برای استفاده و بهره‌وری بیشتر از طبیعت و آفریده‌های خوب خداوند تدوین نموده تا در روند رشد تقاضای انرژی جهانی در سال‌های اخیر ما هم همانند کشورهای دیگر از انرژی پاک خورشید، خاک، آب و گیاه و رشد کشاورزی در ایران حسب امکانات خوب و شرایط آب و هوایی که داریم به درستی و با بهره‌وری بیشتر استفاده نماییم.

همان‌گونه که آگاهید سرمایه‌گذاری جهانی در انرژی‌های کم‌کربن در سال‌های اخیر افزایش یافته و به شدت در حال گسترش می‌باشد، اما هنوز کافی نیست تا تقاضای رو به رشد را به طور کامل پوشش دهد. علاوه بر این، تولید انرژی‌های تجدیدپذیر به ویژه از باد و خورشید رشد چشمگیری داشته است، اما همچنان سهم سوخت‌های فسیلی در تأمین انرژی جهانی بالا باقی مانده است.

همکاری جهانی برای گسترش انرژی‌های پاک و تحقق اهداف در اقلیم‌های مختلف در حال افزایش بوده و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید مانند: استفاده از منابع طبیعی "خورشید، باد، آب، جزر و مد، هیدروژن کم‌کربن، سوخت‌های زیستی مصنوعی و ذخیره‌سازی کربن، همراه با سیاست‌های حمایتی و سازگار با محیط زیست در حال رشد بوده و می‌تواند به تحقق آینده‌ای پایدارتر کمک کند. تنها با اتحاد جهانی و تلاش‌های مشترک می‌توان چالش‌های مرتبط با گذار انرژی را به فرصت تبدیل کرد. مسیر فعلی نشان می‌دهد که اگر سیاست‌ها و روندهای کنونی به خوبی ادامه پیدا کنند، انتشار گازهای گلخانه‌ای به تدریج کاهش خواهد یافت. با این حال، این روند به تنهایی برای دستیابی به هدف کاهش ۹۵ درصدی انتشار و جلوگیری از بدترین اثرات تغییرات اقلیمی کافی نخواهد بود و نیازمند تغییر اساسی در سیاست‌ها، فناوری‌ها و رفتارها است که با اتخاذ سیاست‌های قوی‌تر، سرمایه‌گذاری گسترده‌تر در فناوری‌های نوین و تغییر رفتارهای اجتماعی و اقتصادی، می‌توان به این هدف دست یافت.

استفاده از فناوری‌های انرژی پاک یعنی فناوری‌های بهره‌وری انرژی و فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر، طی چند دهه گذشته بسیار افزایش یافته، به طور مثال: تولید انرژی الکتریکی از

انرژی بادی و خورشیدی از سال ۲۰۱۸ بیش از دو برابر شده، اگرچه سهم انرژی کم کربن در ترکیب انرژی در حال افزایش است، اما این رشد به اندازه کافی نیست تا با افزایش تقاضای جهانی انرژی هماهنگ شود. بنابراین، مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار کربن همچنان در حال افزایش است.

علی‌رغم اینکه فناوری‌ها، راه‌حل‌های مقرون به صرفه‌ای برای مشکلات سیستم‌های تولید برق سنتی و مبتنی بر سوخت‌های فسیلی و مسایل مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی‌های زیست محیطی ارائه نموده‌اند، اما جهان در استفاده از فناوری‌های جدید انرژی تجدیدپذیر در تلاش بود، و از کاربرد این انرژی‌ها در جهان، می‌توان به سیستم‌های فتوولتائیک اشاره کرد. یکی از پارامترهای مهم در ارتباط با این سیستم‌ها، دوام و راندمان اقتصادی آنها در تصمیم‌گیری برای سرمایه‌گذاری می‌باشد.

در سال‌های اخیر، سیستم‌های انرژی لتائیک (Agrivoltaic (APV به دلیل پتانسیل آن‌ها در رابطه با تهیه خوراک (محصولات کشاورزی) و تولید انرژی برق به طور هم‌زمان به عبارت دیگر ترکیب پنل‌های خورشیدی و کشاورزی به یک نتیجه برد - برد برای استفاده بهینه از نیروگاه‌های خورشیدی و فعالیت‌های تولید محصولات کشاورزی و حتی دامداری در جهان، به هم‌افزایی جدید در استفاده از منابع طبیعی و انرژی تبدیل شده است و برای این مهم مطالعات متعددی را به دنبال داشته و هم پروژه‌های زیادی مبتنی بر مائینگ فتوولتائیک (PV) برای پوشش زمین‌های باز و حتی ایجاد گلخانه‌های مختلف تولید هم‌زمان برای محصولات مختلف کشاورزی به دنبال داشته، که نتایج امیدوارکننده‌ای را از طریق بهینه‌سازی و دسترس بودن نور و در عین حال کاهش نیاز به آبیاری و محافظت در برابر پدیده‌های شدید آب و هوایی نشان داده است.

APV به اشتراک‌گذاری نور خورشید برای تولید مشترک غذا و انرژی در یک قطعه زمین اشاره داشته، بنابراین برای طراحی و اجرای درست به منظور بهره‌برداری بهینه از امکانات سیستم‌های فتوولتائیک همچنین از زمین‌های زراعی جهت کشت گیاهان مختلف حسب شرایط مورد نیاز کاشت، داشت و برداشت محصولات زراعی باید درست شناخت داشته، درست انتخاب

نمود و بهینه عمل نمود تا حاصل آن نتیجه مثبت را به دنبال داشته باشد.

تولید محصولات کشاورزی و تولید انرژی الکتریکی از طریق پنل‌های خورشیدی که به نام‌هایی همچون agrivoltaics یا به اختصار agriPV همچنین به طور دقیق‌تر Agrivoltaic و APV و... معرفی می‌شوند، سهمی پایدار در ایجاد، حفظ یا توسعه تولیدات کشاورزی داشته و کشاورزان می‌توانند تولید انرژی پاک را به فعالیت‌های اصلی خود اضافه کنند و از درآمد اضافی آن بهره‌مند شوند و همچنین سرمایه‌گذاران نیروگاه‌ها و مزارع خورشیدی نیز می‌توانند با استفاده از فضا و قابلیت‌های موجود در زمین نیروگاه‌ها برای تولید محصولات زراعی بهره‌برده و از سود حاصل از فروش آنها و بالا بردن راندمان نیروگاه‌ها استفاده نمایند.

این فرآیند نیازمند مزایای فراوان انرژی آگری ولتائیک، زمانی که کشاورزی و انرژی‌های تجدیدپذیر دست به دست هم می‌دهند حداکثر هم‌افزایی بین انرژی فتوولتائیک و کشاورزی صورت می‌گیرد، چون یک سلاح رستین هم برای به دست آوردن انرژی و هم محصولات کشاورزی بهره خواهند برد و باعث بهبود محیط زیست، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از بخش کشاورزی شده و با این روش فشار بر اکوسیستم‌ها و تنوع زیستی کاهش یافته و همچنین ارزش اقتصادی مزارع را افزایش داده و بهره‌وری استفاده از زمین و بازده بهبود می‌یابد، این امر به ویژه در مناطق گرم‌تر بیشتر صادق است، جایی که سایه می‌تواند باعث کاهش دما و جلوگیری از تبخیر بیش از حد، به خوبی از محصولات محافظت کند.

در طی سال‌های گذشته طراحی، شیوه‌های مدیریت و فعالیت‌های کشاورزی در سیستم‌های Agrivoltaics بهبود یافته و تحقیقات جدید نشان می‌دهد که کشورهایی که دارای مناطق خشک و کم‌آب هستند می‌توانند علاوه بر اهداف بلندپروازانه، از انرژی خورشیدی در زمین‌های کشاورزی و مزارع و نیروگاه‌های خورشیدی بهره‌وری بالایی را به دست آورند.

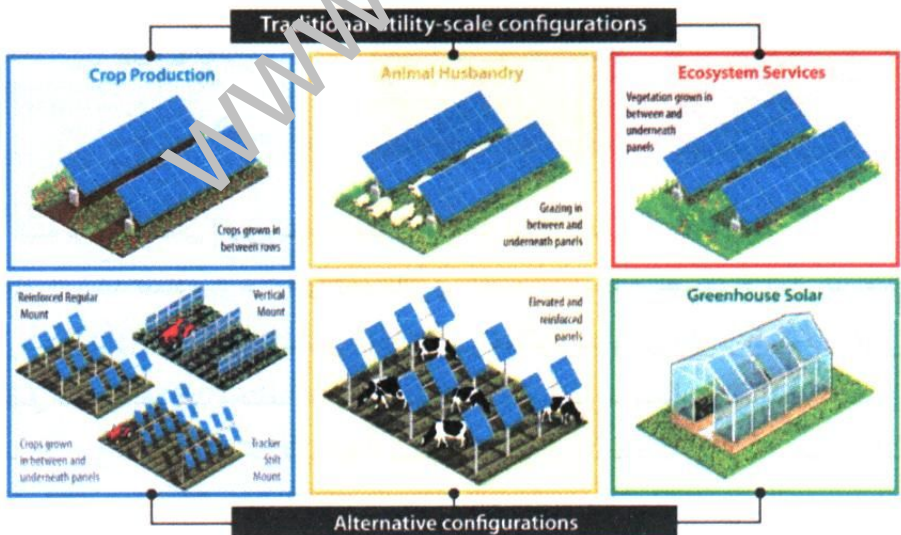
در کشورمان ایران جان، هکتارها زمین داریم که برای تولید خوراک و انرژی مناسب بوده و با اجرای درست سیستم‌های آگری ولتائیک می‌توان ضمن بهره‌برداری مناسب از محیط زیست، نسل و سیستم جدیدی را برای کشاورزان و تولیدکنندگان انرژی به وجود آورد و از تغییرات آب و هوایی به شیوه‌های کشاورزی احیاکننده‌تر، حتی سلامت خاک را بازسازی نمود

و از آبراه‌ها محافظت کرد و درآمد را نیز افزایش داد.

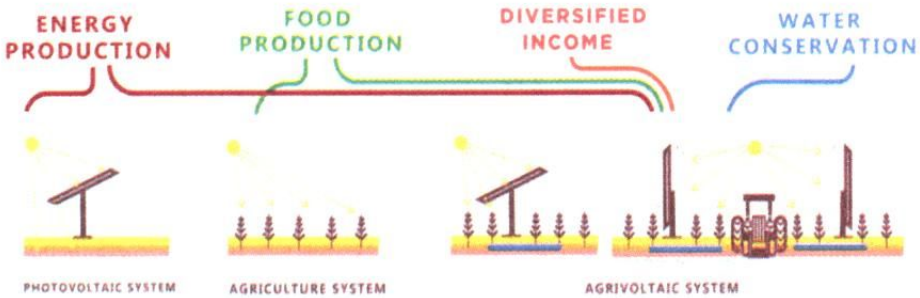
اگر استفاده از انرژی خورشیدی در زمین‌های کشاورزی یا مزارع توسعه یابد، کشاورزی و انرژی خورشیدی می‌توانند با همزیستی "Agrivoltaic" تولیدات کشاورزی را در زیر صفحات خورشیدی و یا بین ردیف‌های پنل‌های خورشیدی انجام داده، تا علاوه بر محافظت سلامت خاک و دوام مزارع را بالا برد و کشاورزان و جوامع محروم بتوانند از توسعه انرژی خورشیدی بهره‌مند شوند، البته باید مشارکت همه جانبه ذی‌نفعان وجود داشته باشد تا از تقویت و دوام پروژه‌ها اطمینان حاصل شود که و منافع کشاورزان و تولیدکنندگان انرژی الکتریکی با موانعی کمتری برای دسترسی به زمین و سایر منابع روبرو شوند.

شایان ذکر است که سیستم‌های Agrivoltaics بسته به نحوه برنامه‌ریزی می‌توان در کاربری زمین‌های تحت پنل‌های PV ثابت از قبل موجود و یا استفاده از زمین در زیر پنل‌های PV برنامه‌ریزی شده برای نصب سیستم Agrivoltaics طراحی به اجرا در آورد.

Figure Source: NREL (2022)



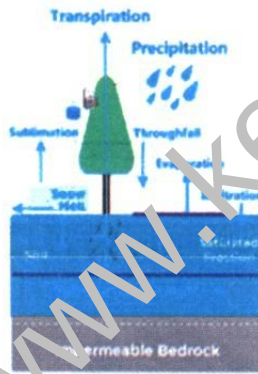
Types of agrivoltaics systems that have been deployed commercially.



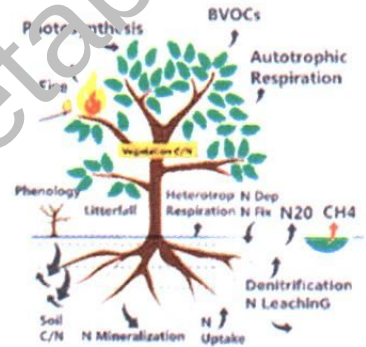
SURFACE ENERGY FLUXES



HYDROLOGY



BIOGEOCHEMICAL CYCLES



البته سیستم‌های آگری ولتائیک هنوز در مراحل اولیه خود بوده و برای بهره‌مندی کامل از مزایای آن، باید تعدادی از خلاءهای تحقیقاتی پر شود. بهینه‌سازی نصب و چیدمان پنل‌های خورشیدی برای به حداکثر رساندن بازده انرژی و عملکرد کشاورزی یکی از زمینه‌های اصلی تحقیق است. محصولات مختلف به مقادیر متفاوتی از نور نیاز دارند، بنابراین مهم است که تعادل مناسب بین سایه و نور خورشید ایجاد شود. علاوه بر این، تحقیقات بیشتری در مورد اثرات بلندمدت این سیستم‌ها بر تنوع زیستی و سلامت خاک مورد نیاز است. طراحی سیستم‌هایی که روش‌های کشاورزی پایدار را ترویج می‌کنند، با درک چگونگی تأثیر پنل‌های خورشیدی بر دمای

خاک، محتوای رطوبت و فعالیت میکروبی آسان تر می شود. اگرچه مزایای زیادی برای استراتژی استفاده دوگانه وجود دارد، ممکن است در ابتدا هزینه های قابل توجهی برای راه اندازی وجود داشته باشد. تعداد بیشتری از کشاورزان، به ویژه آنهایی که در کشورهای فقیر هستند، در صورت انجام مطالعات بر روی تجزیه و تحلیل هزینه - فایده، روش های مالی و مشوق های قانونی، قادر خواهند بود از این سیستم استفاده کنند.

از اهداف برای تدوین و نگارش این کتاب "سیستم های آگری ولتائیک"، ارائه مزایای زیست محیطی و چالش های بالقوه این سیستم ها، و بیان نکاتی فنی برای طراحی و اجرایی نمودن پیکربندی های مختلف پنل های خورشیدی مورد استفاده در کنار محصولات مختلف، و شناسایی پارامترهای مهم در طراحی بهینه، توجه به اهمیت بررسی ابعاد اجتماعی و سیاسی این سیستم ها برای درک، پذیرش آن و همچنین بیان مشکلات و موانع بالقوه آن در بین ذی نفعان، توجه ویژه به مزایا و چالش های زیست محیطی برای حفظ بازده کشاورزی، و در عین حال تولید انرژی تجدیدپذیر تا اجراء پایدار آن و کاهش مصرف آب بدلیل استفاده از سایه حاصل از پنل ها و صرفه جویی در مصرف آب است. محصولاتی که زیر پنل های خورشیدی تحت سایه قرار می گیرند می توانند به طور چشمگیری سرعت، تبخیر آب از خاک را کاهش دهند. در مناطق خشک و نیمه خشک که کمبود آب یک مشکل اساسی است، اثر سایه پنل ها بسیار مفید است. سایه محیط با کاهش دمای خاک و به حداقل رساندن حرارت گرفتن در معرض آفتاب مستقیم به حفظ رطوبت سطوح خاک برای مدت طولانی کمک می کند و منجر به کاهش نیاز به حجم و دفعات آبیاری می شود و در منابع آب صرفه جویی خواهد شد. دمای خنک تر خاک همچنین می تواند کارایی جذب آب گیاه را بهبود بخشد. با این حال، نوع محصولات کشت شده و مشخصات طراحی سیستم agrivoltaic ممکن است بر میزان ذخیره آب تأثیر بگذارد. در حالی که برخی از گیاهان ممکن است در غیاب نور، کندتر رشد کنند، برخی دیگر ممکن است از سایه سود بیشتری ببرند. بنابراین، به منظور به حداکثر رساندن مزایای صرفه جویی در آب بدون به خطر انداختن بازده کشاورزی، باید به انتخاب محصول و چیدمان پنل خورشیدی بسیار دقت کرد تا راندمان این سیستم ها بالاتر برود.

آگری ولتائیک

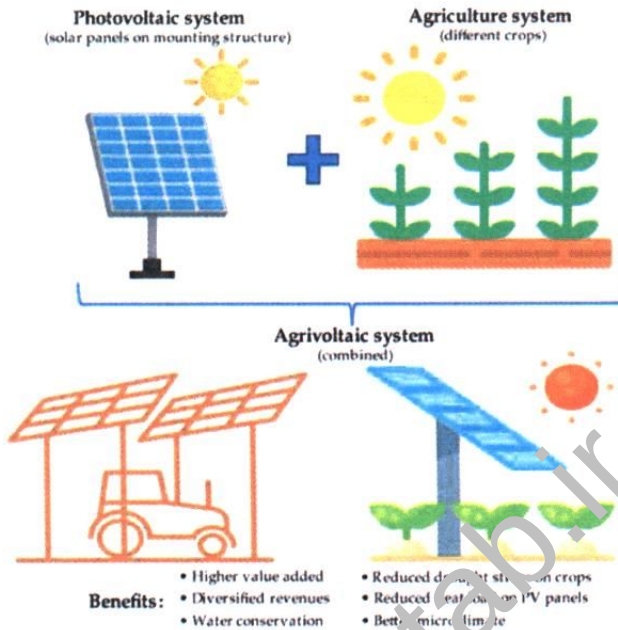


Figure: Benefits of agrivoltaic systems (Source: Chalgynbayeva et al 2023)

استفاده از سیستم‌های آگری ولتائیک باعث به‌بود انعطاف‌پذیری محصولات کشاورزی در برابر شرایط آب و هوایی شدید و تغییرات اقلیمی شده و در طول هوای گرم، محصولات زراعی را می‌توان با استفاده از سایه پنل‌های خورشیدی از تنش گرمایی محافظت کرد، و احتمال آسیب و از دست دادن محصول را کاهش داد. علاوه بر این، صفحات خورشیدی ممکن است گیاهان را از شرایط آب و هوایی شدید مانند تگرگ، باد و باران محافظت کند و احتمال آسیب فیزیکی را کاهش دهد.

برای تغییرات بالقوه در سلامت خاک راه‌های مختلفی وجود دارد که نصب پنل‌های خورشیدی در مناطق کشاورزی ممکن است بر وضعیت خاک تأثیر بگذارد. از آنجایی که میکروب‌های خاک و چرخه مواد مغذی از تغییرات دما و حفظ رطوبت خاک سود می‌برند، سایه پنل‌ها می‌تواند به رشد گیاه کمک کرده تا ساختار خاک و در دسترس بودن مواد مغذی آن افزایش یافته، و ترکیب و فعالیت موجودات زنده خاک تحت تأثیر تغییر اقلیم و کاهش نفوذ نور باشند.

در این کتاب سعی شده تا شما خواننده بزرگوار و علاقه‌مند با این نوآوری تازه برای کاهش اثر کربن یعنی سیستم‌های آگری‌ولتائیک (Agrivoltaic (APV آشنا شده و اینکه چگونه انتخاب درست تأمین‌کننده انرژی می‌تواند برای نجات کره زمین تغییر ایجاد کند. سپاسگزار دوستان و بزرگواران گرامی خواهیم بود تا با راهنمایی و تذکرات خود مرا در راستای تکمیل و رفع نواقص یاری نمایند.

و از خداوند جان و خرد خواهانم که ما بندگان خود را یاری نماید تا درست و مفید بیندیشیم، مناسب و بهینه زندگی کنیم و با عملکردی صحیح و درست، گفتار و نوشتاری خوب و دل‌نشین، در این مدت کوتاه زندگی خود، اثربخش و تأثیرگذار باشیم.