

Agri-PV: A Dual Solution for Food and Energy Production

Agri-PV: โซลูชันการผลิตพลังงานและอาหารในพื้นที่เดียวกัน

Agricultural Photovoltaics (Agrivoltaics or Agri-PV) refers to the integration of solar energy production with agricultural activities within the same land area. This dual-use strategy enhances land-use efficiency, offering a practical approach to addressing climate challenges, promoting sustainable food production, and supporting local livelihoods. Agri-PV systems are designed to optimize both agricultural productivity and renewable energy generation, delivering a range of economic, environmental, and social benefits. Key advantages include:

เทคโนโลยี Agriculture photovoltaics หรือ Agrivoltaics เรียกสั้นๆ ว่า Agri-PV คือการบูรณาการการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์กับกิจกรรมทางการเกษตรภายในพื้นที่เดียวกัน เป็นกลยุทธ์การใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อบรรลุเป้าหมายในการแก้ปัญหาสภาพภูมิอากาศ การผลิตอาหารอย่างยั่งยืน และการสนับสนุนเศรษฐกิจท้องถิ่น ระบบ Agri-PV ได้รับการออกแบบเพื่อการผลิตทางการเกษตรและพลังงานทดแทนในเวลาเดียวกันสร้างประโยชน์ทางเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคมหลายประการ ระบบ Agri-PV มีข้อดีดังนี้:

1. **Reduced Land-Use Competition** – Enables the simultaneous use of land for both solar energy production and agriculture, addressing conflicts between food and energy demands.
2. **Crop Protection from Heat and Drought** – Solar panels

provide shade, reducing heat stress, conserving water, and improving soil moisture retention for crops.

3. **Renewable Energy Supply** – Supports agricultural operations with clean energy, lowering production costs and enhancing energy security, particularly in remote or off-grid areas.
4. **Additional Revenue Streams** – Allows farmers to sell surplus electricity, diversifying income sources and providing financial resilience during low-yield seasons.
5. **Reduced Fossil Fuel Dependency** – Promotes the use of renewable energy in agriculture, decreasing reliance on fossil fuels and contributing to emission reduction goals.
6. **Improved Solar Electricity Yield** – Enhances solar panel efficiency through the cooling effect of crops or vegetation growing beneath the panels.
7. **Enhanced Operational Efficiency** – Provides shelter for livestock and powers automated systems such as irrigation, aerators, and climate control, improving overall farm productivity.
8. **Biodiversity Conservation** – Creates natural habitats and foraging areas beneath solar panels, promoting biodiversity and ecosystem services.

1. **การลดการแข่งขันในการใช้ที่ดิน:** เทคโนโลยี Agri-PV ช่วยให้เกษตรกรสามารถผลิตพลังงานแสงอาทิตย์พร้อมกับการปลูกพืชหรือเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่เดียวกัน
2. **การป้องกันพืชจากความร้อนและภาวะแห้งแล้ง:** แผงโซลาร์เซลล์ให้ร่มเงาที่ช่วยป้องกันพืชจากความร้อนและภาวะแห้งแล้ง ลดการใช้น้ำ และเพิ่มการเก็บกักความชื้นในดิน
3. **การจัดหาพลังงานทดแทน:** เทคโนโลยี Agri-PV จัดหาพลังงานทดแทนให้กับการปฏิบัติการทางการเกษตร ลดค่าใช้จ่าย และเพิ่มความมั่นคงด้านพลังงาน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่อยู่นอกโครงข่ายไฟฟ้าหลัก
4. **การสร้างรายได้เพิ่มเติม:** เกษตรกรสามารถผลิตและขายไฟฟ้า สร้างรายได้ที่หลากหลายและเสถียรภาพรายได้ในช่วงที่ผลผลิตลด
5. **การลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล:** เทคโนโลยี Agri-PV ช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในการปฏิบัติการเกษตร
6. **การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า:** พรรณพืชใต้แผงโซลาร์เซลล์ช่วยลดอุณหภูมิภายใต้แผง (Cooling effect) ลดการสะสมของความร้อน ทำให้ประสิทธิภาพแผงโซลาร์เซลล์ดีขึ้น
7. **การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน:** แผงโซลาร์เซลล์ให้ที่กำบังแก่สัตว์และพลังงานให้กับระบบอัตโนมัติ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน
8. **การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ:** การติดตั้ง Agri-PV ช่วยให้มีพื้นที่พืชพรรณธรรมชาติและพื้นที่หากินใต้แผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งช่วยอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ



Global Perspectives on Agri-PV

Recognizing its multifaceted benefits, Agri-PV is being widely researched and deployed worldwide. At Forschungszentrum Jülich in Germany, studies have explored the performance of Agri-PV systems with different crop types, including soybean varieties with varying chlorophyll content, and the integration of photovoltaics with existing foil tunnels for growing spinach, tomato, and raspberry. Similarly, the Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems has evaluated Agri-PV systems with wheat, potato, celery, and clover grass.

As of 2022, the global installed capacity of Agri-PV reached approximately 14 GWp. In Japan, around 3,000 small-scale systems have been installed, contributing 1% of the country's electricity generation. Germany has a combined capacity of 16 MWp, comprising 11 research and 8 commercial systems, with a national potential estimated at 1,700 GWp. Italy has approved a 600 MWp Agri-PV project, while China's Shandong Province has announced plans for 42 GWp. Additionally, Israel is preparing to implement 100 MW across 100 locations.

การวิจัยและประยุกต์ใช้ Agri-PV ทั่วโลก

ด้วยประโยชน์ที่หลากหลายของ Agri-PV ทำให้มีการวิจัยและนำไปใช้ในหลายประเทศทั่วโลก ที่สถาบันวิจัย Forschungszentrum Jülich ในประเทศเยอรมัน ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบ Agri-PV กับพืชชนิดต่างๆ ได้แก่ พันธุ์ถั่วเหลืองที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่แตกต่างกัน และการบูรณาการแผงโซลาร์เซลล์เข้ากับโรงเรือนพลาสติกที่ใช้งานทั่วไปเพื่อปลูกผักโขม มะเขือเทศ และราสเบอร์รี่ ที่สถาบัน Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ได้มีการศึกษาประเมินระบบ Agri-PV กับข้าวสาลี มันฝรั่ง เซเลอรี่ และ clover grass

ในปี 2022 ระบบ Agri-PV ที่ติดตั้งแล้วทั่วโลกมีกำลังการผลิตรวม 14 GWp ในประเทศญี่ปุ่น มีระบบ Agri-PV ขนาดเล็กประมาณ 3,000 ระบบ คิดเป็น 1% ของกำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศ ในประเทศเยอรมัน มีการติดตั้งไปแล้ว 19 ระบบ ประกอบด้วย 11 ระบบเพื่อการวิจัยและ 8 ระบบเพื่อการพาณิชย์ มีกำลังผลิตรวม 16 MWp ทั้งนี้เยอรมันมีศักยภาพการผลิตอยู่ที่ 1,700 GWp ส่วนประเทศอิตาลี มีการอนุมัติโครงการขนาด 600 MWp ในขณะที่มณฑลซานตงในประเทศจีนได้ประกาศแผนการติดตั้ง ระบบขนาด 42 GWp นอกจากนี้ ประเทศอิสราเอลกำลังเตรียมพร้อมที่จะดำเนินการติดตั้ง 100 MW ใน 100 พื้นที่



Potential Applications of Agri-PV in Thailand

Thailand presents a promising opportunity for Agri-PV development, supported by its extensive agricultural resources, favorable solar conditions, and evolving energy transition goals. With 46% of the country's land area—over 22 million hectares—dedicated to agriculture, and around one-third of the labor force employed in the sector, integrating solar generation with farming could deliver significant socio-economic and environmental benefits.

ศักยภาพการประยุกต์ใช้ Agri-PV ในประเทศไทย

ประเทศไทยมีโอกาสดีในการพัฒนา Agri-PV โดยได้รับการสนับสนุนจากทรัพยากรทางการเกษตรที่หลากหลาย สภาพแสงอาทิตย์ที่เอื้ออำนวย และเป้าหมายการเปลี่ยนผ่านพลังงานที่กำลังพัฒนา โดยมีพื้นที่การเกษตรคิดเป็น 46% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ หรือกว่า 22 ล้านเฮกตาร์ และประมาณหนึ่งในสามของแรงงานในประเทศทำงานในภาคเกษตรกรรม การผสานพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับการเกษตรอาจนำไปสู่ประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ

In Thailand, three sectors with strong potential for Agri-PV integration include:

Vegetable Production – Thailand’s vegetable farming covers around 480,000 hectares (3 million rai), cultivating over 60 varieties. Key crop families include Amaryllidaceae (amaryllis family), Cruciferae (cabbage family), Cucurbitaceae (gourd family), Fabaceae (legume family), and Solanaceae (nightshade family). Agri-PV systems can help mitigate climate-related stress factors such as heat, drought, and excess sunlight while reducing water loss.

Microalgae Cultivation – Microalgae are rich in nutrients and biologically active substances, making them a valuable resource for various applications, including food, health supplements, animal feed, pharmaceuticals, cosmetics, biofuels, and bioplastics. Spirulina dominates the global microalgae market, which has reached USD 651.35 million in 2024, growing at a CAGR of 10.6%. Commercial cultivation systems include open raceway ponds and photobioreactors. While open raceway ponds are economical, they typically have lower biomass productivity and higher contamination risks. In contrast, photobioreactors offer precise control, higher yields, and reduced contamination, though with greater cost and complexity.

Upstream Aquaculture Production – This involves the breeding and hatching stages of aquaculture, ensuring a healthy and productive stock for grow-out systems. Agri-PV can offer multiple benefits, including moderating water temperatures, reducing evaporation, providing shade for aquatic species, and generating clean energy to power water pumps, aerators, and lighting systems. Given the profitability and growth potential of Thailand’s aquaculture sector, it represents a highly viable area for Agri-PV adoption.

ในประเทศไทย ภาคส่วนที่มีศักยภาพสูงในการนำ Agri-PV มาใช้ ได้แก่:

การผลิตผัก – การเกษตรผักในประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 480,000 เฮกตาร์ (3 ล้านไร่) โดยปลูกผักมากกว่า 60 ชนิด ผักที่ปลูกหลัก ได้แก่ วงศ์หอม วงศ์กะหล่ำ-ผักกาด วงศ์แตง วงศ์ถั่ว และ วงศ์มะเขือ ระบบ Agri-PV สามารถช่วยลดผลกระทบจากสภาวะอากาศที่ร้อนจัด ภาวะแล้ง แสงแดดที่มากเกินไป และช่วยลดการสูญเสียน้ำ



การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็ก – สาหร่ายขนาดเล็กอุดมไปด้วยสารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ จึงเป็นวัตถุดิบสำคัญในหลายอุตสาหกรรม เช่น อาหาร อาหารเสริม อาหารสัตว์ ยา เครื่องสำอาง เชื้อเพลิงชีวภาพ และพลาสติกชีวภาพ โดยมีสปิรูลินาครองตลาดสาหร่ายขนาดเล็กด้วยมูลค่าตลาดประมาณ 651.35 ล้านเหรียญสหรัฐ (22.37 พันล้านบาท) ในปี ค.ศ. 2024 และอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปี (CAGR) อยู่ที่ 10.6% ระบบการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ประกอบด้วยระบบบ่อเปิด (raceway pond) และระบบปิดในถังปฏิกรณ์ (Photobioreactor) ระบบบ่อเปิดมีข้อดีคือการก่อสร้างและบำรุงรักษามีต้นทุนต่ำ บริหารจัดการง่าย แต่ให้ผลผลิตต่ำ และเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสูง ในขณะที่ระบบปิดสามารถควบคุมสภาวะการเลี้ยงได้อย่างแม่นยำ ให้ผลผลิตสูงและลดการปนเปื้อน แต่มีต้นทุนสูงและความซับซ้อนในการจัดการมากขึ้น

การผลิตสัตว์น้ำภายใต้ตลาดต้นน้ำ – การผลิตสัตว์น้ำภายใต้ตลาดต้นน้ำ ประกอบด้วย การเพาะพันธุ์และการอนุบาลลูกพันธุ์เพื่อส่งต่อเกษตรกร ขั้นตอนนี้มีความสำคัญเนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของระบบการผลิตสัตว์น้ำที่มีคุณภาพ Agri-PV มีประโยชน์หลายประการ ได้แก่ การควบคุมอุณหภูมิของน้ำ การลดการระเหย การให้ร่มเงากับสัตว์น้ำ และการผลิตพลังงานสะอาดเพื่อขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ

Agri-PV Design

Unlike conventional photovoltaic (PV) systems, where maximizing energy production is the primary objective, Agri-PV systems must carefully balance energy generation with agricultural productivity. This dual-use requirement results in a more intricate set of design parameters that directly influence both system performance and agricultural outcomes. Key parameters include installed capacity, solar irradiation levels, ground cover ratio (GCR), row spacing, vertical clearance, PV module technology, system configuration, and mounting structures.

The selection and optimization of these parameters depend heavily on site-specific conditions and the type of agricultural activity to be integrated. For instance, in crop cultivation, parameters like GCR, row spacing, and module technology and system configuration significantly affect light availability, soil temperature, and humidity beneath the panels — factors that directly influence plant growth and yield. Shade-tolerant crops may benefit from higher GCR values, while light-demanding crops require wider row spacing and increased vertical

clearance to maintain adequate sunlight exposure. For aquaculture and algae cultivation, parameters such as shading ratio and water temperature control must be carefully managed. Shading ratio affects light penetration, photosynthetic activity, and water temperature, with excessive shading reducing algal productivity while moderate shading in aquaculture ponds can lower heat stress and minimize evaporation. Optimal shading levels must be tailored to the specific biological and operational needs of each system to balance energy generation with aquatic productivity.

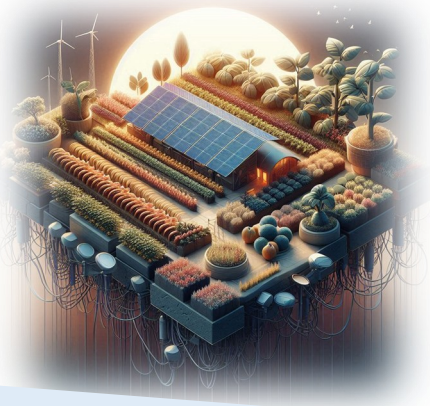
Given the complexity and interdependence of these design variables, extensive research, site-specific field trials, and computer simulations are essential. These tools allow for the assessment of energy-agriculture interactions, optimization of system layouts, and quantification of trade-offs, ultimately supporting the development of tailored Agri-PV configurations that maximize both renewable energy generation and agricultural productivity.



การออกแบบระบบ Agri-PV

การออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (PV) ที่มุ่งเน้นการผลิตพลังงานเป็นหลัก ในขณะที่ระบบ Agri-PV ต้องออกแบบให้สามารถสร้างสมดุลระหว่างการผลิตพลังงานและผลิตผลทางการเกษตรอย่างเหมาะสม การใช้ประโยชน์ร่วมกันนี้ส่งผลให้ฟาร์มโซลาร์ในการออกแบบมีความซับซ้อนมากขึ้น และส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของระบบและผลผลิตทางการเกษตร ฟาร์มโซลาร์สำคัญประกอบด้วย กำลังการผลิตไฟฟ้า ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ อัตราส่วนพื้นที่ปกคลุม (Ground Cover Ratio: GCR) ระยะห่างระหว่างแนวปลูกพืช ระยะความสูงใต้แผง เทคโนโลยีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รูปแบบการติดตั้งระบบ และโครงสร้างฐานรองรับแผง

การเลือกและปรับแต่งค่าฟาร์มโซลาร์เหล่านี้ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และประเภทกิจกรรมทางการเกษตรที่นำมาใช้กับระบบเป็นสำคัญ เช่น ในกรณีการปลูกพืชต่าง ๆ เช่น GCR ระยะห่างระหว่างแถว เทคโนโลยีแผง และการจัดวางระบบ จะส่งผลต่อปริมาณแสงที่พืชได้รับ อุณหภูมิ และความชื้นใต้แผง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต พืชที่ทนร่มได้อาจเหมาะกับการติดตั้งระบบที่มีค่า GCR สูงกว่า ในขณะที่พืชที่ต้องการแสงมากจำเป็นต้องเพิ่มระยะห่างระหว่างแถวและความสูงใต้แผงเพื่อให้ได้รับแสงอย่างเพียงพอ สำหรับกิจกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการผลิตสาหร่าย ฟาร์มโซลาร์อย่างอัตราส่วนร่มเงา (shading ratio) และการควบคุมอุณหภูมิจำเป็นต้องได้รับการออกแบบอย่างรอบคอบ โดยอัตราส่วนร่มเงาส่งผลต่อการสังเคราะห์แสง และอุณหภูมิ น้ำ หากมีร่มเงามากเกินไปจะลดผลผลิตสาหร่าย ในขณะที่ร่มเงาในระดับเหมาะสมกับบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำช่วยลดความเครียดจากอุณหภูมิและลดการระเหยของน้ำ ระดับร่มเงาที่เหมาะสมและสอดคล้องกับระบบผลิตสัตว์น้ำจึงมีความสำคัญในการรักษาสมดุลระหว่างการผลิตพลังงานกับผลผลิตทางสัตว์น้ำ



เนื่องจากตัวแปรในการออกแบบมีความซับซ้อนและสัมพันธ์กัน การศึกษาวิจัย การทดลองภาคสนามในพื้นที่จริง และแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์จึงเป็นสิ่งจำเป็น เครื่องมือเหล่านี้ช่วยวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการผลิตพลังงานกับผลผลิตทางการเกษตร ปรับแต่งรูปแบบระบบ ประเมินการ trade off เพื่อพัฒนาระบบ Agri-PV ที่ออกแบบเฉพาะพื้นที่และกิจกรรม ให้ได้ประโยชน์สูงสุด

Agri-PV Research in Thailand

Several Thai institutions are actively advancing Agri-PV research and application. The National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC-NSTDA) has installed pilot Agri-PV systems at Sri Saengtham Temple in Ubon Ratchathani and at NECTEC's site in Pathum Thani, testing a range of crops including Chinese broccoli, kale, carrot, tomato, cornflower, borage, and roselle. In addition, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), in collaboration with the National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC-NSTDA), is conducting studies on integrating Agri-PV systems with microalgae cultivation in both greenhouse and open-field settings.

These initiatives contribute valuable insights into site-specific system design, crop compatibility, and energy-agriculture synergies for future commercial-scale deployment.

การวิจัย Agri-PV ในประเทศไทย

สถาบันในประเทศไทยหลายแห่งมีการทำวิจัยและประยุกต์ใช้ Agri-PV ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค สวทช.) ได้ติดตั้งระบบ Agri-PV แบบต้นแบบที่วัดวัดศรีแสงธรรมในจังหวัดอุบลราชธานีและที่เนคเทค ในจังหวัดปทุมธานี โดยทำการทดสอบพืชหลายชนิด ได้แก่ คะน้า, เคล, แครอท, มะเขือเทศ, คอโรนฟลาวเวอร์, โบราจ, และกระเจี๊ยบแดง นอกจากนี้มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) ร่วมกับศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (ไบโอเทค สวทช.) กำลังดำเนินการศึกษาระบบ Agri-PV ร่วมกับการเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กทั้งในระบบโรงเรือนและบ่อเปิด

งานวิจัยเหล่านี้ช่วยให้ได้ข้อมูลเชิงลึกสำหรับการออกแบบระบบที่เหมาะสมกับสถานที่ที่เหมาะสมกับชนิดของพืช และจุดเหมาะสมสำหรับการผลิตพลังงานและผลิตผลการเกษตรที่ได้ประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อการประยุกต์ใช้งานในระดับเชิงพาณิชย์ต่อไป

Source: Workshop on Agriculture Photovoltaics: System Design for Food and Energy Production, 24 April 2025, at KMUTT Knowledge Exchange for Innovation Center (KX).

แหล่งข้อมูล: งานประชุมเชิงปฏิบัติการ “แนวทางการออกแบบระบบ Agri-PV การเลือกชนิดพืช/สัตว์ เพื่อการผลิตพลังงานและอาหาร” วันที่ 24 เมษายน 2568 ที่ศูนย์บริการทางการศึกษาในเมือง: อาคารเคเอกซ์

