

## کاربرد انرژی خورشیدی در مدیریت پایدار بیمارگرهای خاکزاد<sup>۱</sup>

ضیاءالدین بنی هاشمی<sup>۲،۳</sup>

### چکیده

مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی موجب تغییر اقلیم و تغییر زیست‌بوم جهانی و در نتیجه گرم شدن کره زمین شده است. استفاده درست از منابع سوختی فسیلی و جایگزینی آنها با منابع انرژی تجدیدپذیر، به ویژه انرژی خورشید، می‌تواند تاثیر شگرفی در کاهش آلودگی هوا و پایداری زیست‌بوم در جهت کشاورزی پایدار داشته باشد. در مورد استفاده از انرژی خورشیدی، که در بسیاری از کشورها از جمله ایران برای تولید الکتریسته در شهرها و نقاط دور دست مورد استقبال قرار گرفته است، در مدیریت بیماری‌های گیاهی به ویژه در بیمارگرهای خاکزاد چندان توجه نشده است. در این مرور، در مورد اهمیت بهره‌گیری از انرژی خورشیدی برای سالم‌سازی خاک مزرعه و گلخانه‌ها به منظور سرکوبی بیمارگرهای گیاهی، آفت‌ها، و علف‌های هرز توجه شده است. در ایران برای کاهش خسارت بیمارگرها و علف‌های هرز در سیستم کشاورزی پایدار، تلفیق استفاده از انرژی خورشیدی با کشت متداول زیر پلاستیک بدون استفاده از مواد شیمیایی پیشنهاد می‌گردد. **واژه‌های کلیدی:** آفتابدهی خاک، انرژی تجدیدپذیر، تغییر اقلیم، ضدعفونی گلخانه.

### مقدمه

با توجه به رخدادهای جهانی محیط، به کشاورزی پایدار که برخی آن را معادل کشاورزی ارگانیک می‌نامند (۱۲)، بیشتر توجه می‌شود. رخدادهای زیست محیطی بیشرناشی از دخالت بشر در چرخه‌های زیستی و استفاده بی‌رویه از سوخت‌های فسیلی است که منجر به گرم شدن کره زمین و پدیده خشکسالی شده و کشاورزی را تهدید می‌کند (۷). با وجود این که نیاز بشر به کشاورزی برای تامین غذا با افزایش جمعیت ضروری است، توسعه کشاورزی بایستی به صورتی باشد که موجب تخریب شدید زیست‌بوم نگردد. تولید گازهای گلخانه‌ای، تخریب جنگل‌ها برای تولیدهای زراعی، تیمار خاک با گازهای نامناسب، خروج متان از دامداری‌ها، و افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی نمونه‌هایی از دخالت بشر در تخریب محیط زیست است (۵، ۷، ۹). با توجه به این که برای انجام عملیات کشاورزی در سطح وسیع نیاز به تامین منابع انرژی است، استفاده از این منابع نباید باعث تخریب محیط زیست موجودهای زنده روی کره زمین گردد. در حال حاضر آسانترین و اقتصادی‌ترین منبع تامین انرژی استفاده از منابع فسیلی مانند زغال‌سنگ، نفت یا گاز است (۹) اما برای کندکردن روند کاهش منابع تجدید ناپذیر و جلوگیری از آلودگی محیط زیست باید در ایجاد انرژی‌های تجدیدپذیر طبیعی سرمایه‌گذاری بیشتری انجام شود. یکی از منابع بزرگ انرژی تجدیدپذیر طبیعی نیروی خورشید است که در سطح کره زمین موجود بوده و هیچ اثر سوئی بر محیط زیست ندارد و استفاده از آن آسان و بسیار کم‌هزینه است، به شرطی که پژوهش‌های بیشتری روی آن صورت گیرد (۲، ۴).

## انرژی خورشیدی

با وجودی که مدت تابش در طول روز در نقاط مختلف متفاوت است، انرژی خورشیدی برعکس انرژی بادی همیشه پیش‌بینی‌شدنی است و از نظر تولید گرما و الکتریسیته می‌توان از آن بهره‌برداری کرد و در کشور ایران در سطح وسیعی استفاده‌پذیر است. در حال حاضر از این انرژی در مناطقی از ایران مانند شیراز، طالقان، سمنان، یزد، تهران، خراسان بهره‌برداری می‌شود (۱۰). استفاده از انرژی خورشیدی در حال حاضر از نظر تولید الکتریسیته در بسیاری از شهرهای دنیا رایج و استفاده از آن سالانه در حال افزایش است. استفاده از سلول‌های خورشیدی و تبدیل انرژی خورشید به الکتریسیته از فناوری‌های پیشرفته است. انرژی گرمایی زمین از خورشید تامین و برای گرم کردن هوا، آب، و خاک از آن استفاده می‌شود. خورشید سالانه بیش از ده هزار برابر انرژی مصرف شده انرژی تولید می‌کند (۲).

میزان انرژی که از خورشید به زمین می‌رسد بسیار زیاد است. کل انرژی‌های ذخیره شده در زمین از زغال سنگ، نفت، و گاز طبیعی معادل انرژی بیست روز آفتاب است (۱). در منطقه‌های آفتابی آمریکا، مانند صحرای آریزونا و نوادا، که آفتاب بیشتری در مقایسه با سایر نواحی آمریکا دارند از انرژی خورشیدی استفاده بیشتری می‌شود (۱). از انرژی آفتاب می‌توان برای خشک کردن محصولات کشاورزی، گرم کردن، آب گرم خانه‌ها، ساختمان‌های دامداری، و گلخانه‌ها استفاده کرد. اگر گیاهان بتوانند میزان بیشتری از انرژی خورشیدی را کسب کنند میزان انرژی ذخیره شده در آنها زیادتر خواهد شد.

الکتریسیته خورشیدی را می‌توان برای تامین برق خانگی، شارژ باتری، ژنراتورهای کوچک، پمپ آب، و دیوارهای محافظ الکتریکی در کشاورزی به کار برد. طبق اظهار نظر رسانه‌های گروهی تعداد بی‌شماری از سلول‌های خورشیدی، با قیمت مناسب برای شارژ تلفن همراه و مصارف جزئی، در اختیار عشایر فارس قرار گرفته است (راديو فارس ۱۱ دی ماه ۱۳۹۴).

با توجه به این که می‌توان از انرژی خورشیدی در تولید الکتریسیته استفاده کرد، بنابراین، در مناطقی که دسترسی به منابع سوخت فسیلی و برق وجود ندارد می‌توان با استفاده از آن، انرژی لازم را برای پمپاژ آب از چاه‌های کشاورزی در سطح‌های کوچک و تامین آب حیات وحش استفاده کرد.

در نقاط دور دست و در هوای آفتابی با نصب سلول‌های خورشیدی در کنار چاه آب می‌توان آب را با ژنراتور پمپاژ کرد و به طور خودکار از آب در امور کشاورزی، دامداری و حفظ حیات وحش استفاده کرد. از این سیستم بدون صدا و آلودگی زیست محیطی در کشاورزی ارگانیک بدون تولید آلودگی هوا می‌توان استفاده کرد. در مناطق خشک که جریان باد ضعیف است تولید الکتریسیته با انرژی خورشیدی برای پمپاژ آب جایگزین مناسبی است و نیاز به باد ندارد و برای راه‌اندازی سیستم پمپاژ احتیاج به هیچ منبع سوختی نیست. تعداد متوسط روزهای آفتابی در بیشتر نقاط ایران ۳۰۰ روز است و گرمایش و توسعه فناوری آن می‌تواند آینده درخشانی از نظر تولید الکتریسیته داشته باشد (۳). در حال حاضر، میزان الکتریسیته تولید شده از انرژی آفتاب در ایران در مقایسه با باد کمتر است و می‌تواند کاربردی باشد، برعکس انرژی باد که برای تولید انرژی خانگی به طور مستقل اجرا شدنی نیست. تولید الکتریسته از انرژی آفتاب در خیلی از نقاط جهان در حال توسعه است (۳). کاهش منابع سوخت فسیلی موجب افزایش قیمت سوخت، کود، و سایر نهاده‌ها برای کشاورزی می‌شود. میزان انرژی خورشیدی که توسط گیاه جذب می‌شود فقط ۱٪ میزان انرژی است که به سطح یک هکتار می‌رسد (۱۲). استفاده از انرژی خورشیدی در تولید الکتریسیته و کاربرد آن در پمپاژ آب از چاه در خیلی از کشورها مورد استقبال واقع شده است و استفاده از آن در سطوح کوچک بسیار متداول است. استفاده از این سیستم، بیشتر در مواردی که مساحت مزرعه یا باغ کمتر از ۴ هکتار باشد آسان است. سرمایه‌گذاری اولیه در این سیستم مهم است و می‌توان بدون استفاده از سوخت‌های فسیلی پمپ‌ها را راه‌اندازی کرد. این سیستم در بسیاری از کشورهای آفریقایی به ویژه در صحراهای دوردست با همکاری سازمان خواربار جهانی در حال توسعه است.

## آفتابدهی خاک

خاک بستر مناسبی برای رشد گیاهان و در ضمن محیط مناسبی برای پایداری بیمارگرها، آفت‌های گیاهی، و علف‌های هرز محسوب می‌شود که در نتیجه فعالیت‌های نامناسب کشاورزی موجب برهم‌زدن تعادل زیستی و طغیان عوامل مخرب گیاهان زراعی می‌شود. بخش عمده

حاصلخیزی خاک مربوط به حضور و فعالیت موجودهای زنده مفید در خاک است. مدیریت عامل‌های مخرب خاک بایستی با حفظ زیست بوم خاک همراه باشد (۶، ۱۲).

استفاده از آفت‌کش‌ها مانند قارچکش‌ها، حشره‌کش‌ها، و علفکش‌ها برای حفظ محصول در اغلب موارد موجب برهم زدن تعادل طبیعی زیستی شده و ممکن است باعث طغیان عوامل مخرب گردد. در محصول‌های پردرآمد، استفاده از گازهای سمی مانند متیل بروماید در خیلی از کشورها راه حل مناسبی برای حفظ محصول بوده و به علت هزینه بالای آن برای محصول‌های غیرمترکم، اقتصادی نیست (۶). با توجه به اثر مخرب زیست محیطی متیل بروماید و تخریب لایه ازن، که منجر به تغییرهای شگرف محیطی و گرم شدن هوا شده است، در خیلی از کشورها چندین سال است که استفاده از آن ممنوع است (۶). این‌که استفاده از هر نوع آفت‌کش مورد استقبال کشاورزی پایدار نیست باید روش مناسب‌تری برای سالم‌سازی خاک به کار برده شود که ضمن کاهش عوامل خسارت‌زا موجب برهم زدن زیست بوم نیز نگردد.

در سال ۱۹۷۶ توجه زیادی به استفاده از انرژی خورشیدی در مدیریت خاک به ویژه به منظور مهارگرهای گیاهی و سایر عوامل خسارت‌زا به گیاهان شده و در ۴۰ سال اخیر پیشرفت‌های شگرفی در این‌باره حاصل شده است (۶). در دهه‌های اخیر، پژوهش‌های بنیادی و کاربردی به منظور فناوری آفتابدهی در کشاورزی صورت گرفته است که ضمن کاهش یا از بین بردن عوامل مخرب موجب نگهداری موجودهای مفید در خاک شده است. این فناوری در حال حاضر در بیشتر کشورهای دنیا با اقلیم‌های مختلف آزمایش شده است و موجب کاهش مصرف سم‌ها و حفظ محیط زیست شده است (۶). در کشورهایی که روزهای آفتابی زیادی دارند، از انرژی خورشیدی برای گرم کردن به صورت اقتصادی استفاده شده است، اما از این فناوری در ایران، که شرایط مشابهی دارد، چندان استقبال نشده و بیشتر سرمایه‌گذاری‌ها روی تولید الکتریسیته از انرژی بادی انجام شده است.

بیمارگرهای خاکزاد و علف‌های هرز از مسئله‌های مهم کشاورزی در ایران است و کنترل علف‌های هرز به طور وسیعی به وسیله علفکش‌ها صورت می‌گیرد، اما در مورد بیمارگرهای گیاهی استفاده از سم‌های شیمیایی به ویژه متیل بروماید چندان متداول نیست و بیشتر به گزینش رقم‌های مقاوم یا مدیریت کشت توجه شده است که خوشبختانه خاک، کمتر مورد تخریب قرار گرفته است. در محصول‌های پردرآمد، مواقع نبود راه حل مناسب زیست محیطی، برای مبارزه کوتاه مدت با بیمارگرهای خطرناک از سم‌های گازی به‌طور اقتصادی استفاده شده است. برای حذف متیل بروماید استفاده از آفتاب دهی به صورت جایگزین مناسب زیست محیطی مورد توجه قرار گرفته است و تلفیق روش آفتابدهی با سایر روش‌ها پیشرفت‌های فراوانی کرده و موجب کاهش استفاده از سم‌ها در اثر هم‌افزایی با آفتابدهی شده است (۶).

استفاده از فناوری نوین در تعیین جمعیت میکروبی خاک و شناسایی جمعیت مفید و شرایط بهینه فعالیت آنها دریچه جدیدی به سوی مهار زیستی عوامل مخرب باز کرده است (۶). در ایران، بیمارگرهای خاکزاد بیشترین خسارت را به محصول‌های زراعی و باغی می‌رسانند و در بسیاری از موارد، مهار اقتصادی آنها مشکل است. اقتصادی کردن مبارزه با روش‌های زیستی نیاز به پژوهش‌های بنیادی و کاربردی دارد. سالم‌سازی خاک از عوامل خسارت‌زا باید با توجه به این موارد انجام شود:

- ۱- روش مورد استفاده باید دارای دامنه وسیع برای مهار آفت مورد نظر (کلمه آفت به طور عام شامل عوامل مخرب زیستی اعم از بیمارگرها، و بندپایان و علف‌های هرز است) باشد و بتواند جمعیت آفت‌های متعدد را سرکوب کند.
- ۲- روش مهار باید کمترین تاثیر را در برهم زدن زیستی (به ویژه میکروارگانیزم‌های مفید خاک) و همچنین اجزای غیرزیستی خاک داشته باشد.

- ۳- روش مهار باید به طور موثری در ژرفای دلخواه ۳۰ تا ۵۰ سانتیمتر یا حتی در برخی موارد ژرف‌تر به آفت‌ها برسد و آنها را مهار کند.
- ۴- سالم‌سازی خاک باید پیش از کشت انجام شود، زیرا بیشتر روش‌های موجود برای محصول زیان‌آور است و تا هنگام کشت گیاه، باید اثر آن ناپدید شود.

- ۵- سالم‌سازی خاک تنها می‌تواند جمعیت موجود آفت‌های خاک را مهار کند. در نتیجه، باید از آلودگی‌های مجدد خاک جلوگیری شود. حذف شدید اجزای زیستی با سالم‌سازی خاک منجر به آلودگی سریع مجدد با ایجاد خلاء زیستی می‌شود.

استفاده از گرمایش خورشید با روش آفتابدهی برای سالمسازی خاک درمبارزه با آفت‌ها به دلایل زیر در ایران از ظرفیت زیادی برخوردار است:

۱- از نظر شرایط محیطی، ایران با وسعت زیاد آن در دامنه دمایی متفاوت جنوب به شمال و داشتن بیشتر از ۳۰۰ روز آفتابی (۱۰) از این نظر مشکلی ندارد و در خیلی از نقاط ایران روش آفتابدهی کاربرد موثری دارد.

۲- با توجه به ذخیره عظیم نفت و قابلیت‌های صنعت پلیمر و تولید انواع پلاستیک‌ها آمادگی برای تهیه مواد لازم پوششی خاک وجود دارد.

۳- اجرای وسیع روش آبیاری قطره‌ای در سال‌های اخیر به دلیل خشکسالی، ناهمواری مزرعه‌ها، کاهش خدمات کارگری آمادگی لازم برای استفاده از این فناوری را به وجود آورده است.

۴- کشت زیر پلاستیک در اغلب نقاط ایران به ویژه در مناطق جنوبی به طور کامل اقتصادی شده و صیفی‌جات مختلفی را به بازار ارائه می‌کنند.

۵- با توجه به مطالب بالا تلفیق آفتابدهی با کشت زیر پلاستیک اگر اجرایی شود، بسیاری از آسیب‌های ناشی از بیمارگرها و علف‌های هرز را کاهش خواهد داد.

آفتابدهی در سطوح وسیع و کوچک به شرط فراهم آوردن فناوری‌های مناسب اجرا شدنی است و نیاز به پژوهش‌های منطقه‌ای دارد. آفتابدهی با پوشاندن سطح خاک مرطوب به مدت ۴ تا ۶ هفته در فصل‌های مناسب قبل از کشت به صورت نواری یا گسترده (۲) انجام می‌شود و در بسیاری از بیمارگرهای خاکزاد مانند گونه‌های فوزاریوم، ورتیسیلیوم، فایتوفترا، برخی از نماتدها، علف‌های هرز، و گل جالیز موفقیت‌آمیز بوده است.

شیوه پوشاندن خاک و تهیه بستر مناسب، به ارائه فناوری جدید و فراهم آوردن ابزار مناسب نیازمند است. فناوری تولید انواع پلاستیک و همچنین پوشش‌های تجزیه‌پذیر به منظور سالمسازی محیط پیشرفت‌های شگرفی کرده است (۶). از آفتابدهی نه تنها برای سالمسازی خاک از عوامل مخرب زیستی استفاده می‌کنند بلکه در ضدعفونی گلخانه‌ها نیز استفاده می‌شود.

### اثر هم افزایی آفتابدهی با سایر تیمارها

**افزودن مواد آلی به خاک همراه با آفتابدهی.** از پسماند خیلی از گیاهان به ویژه تیره کلم‌سانان در طول آفتاب دهی نتایج بسیار امیدبخشی به دست آمده است (۶). در ایران تجزیه پسماندهای گیاهی و تاثیر دما در تجزیه آنها و تولید برخی از مواد و گازها در کنترل برخی بیمارگرها به ویژه نماتدهای پارازیت گیاهی موفقیت‌آمیز بوده است (۱۱). آفتابدهی با استفاده از پسماندهای کلم به خاطر غلظت زیاد مواد گوگردی، تاثیر بیشتری روی نماتدها داشته است.

**کاهش میزان سم‌ها همراه با آفتابدهی.** با کاهش میزان استفاده از سم‌ها در خاک و استفاده از آفتابدهی بیمارگرهای بیشتری از بین رفته‌اند و بیمارگر در حین آفتابدهی به غلظت کمتر سم‌ها واکنش نشان می‌دهد و محیط زیست آسیب کمتری می‌بیند (۶).

### آفتابدهی در گلخانه‌ها

با توجه به هزینه به نسبت بالای آفتابدهی در سطح‌های بزرگ، در خیلی از موارد برای برخی محصولات پر درآمد ممکن است آفتابدهی اقتصادی باشد، با توجه به گسترش فضای گلخانه‌ها در دنیا و همچنین ایران، ضدعفونی گلخانه و خاک آلوده آن با انجام آفتابدهی بسیار اقتصادی و از نظر محیط زیست روش به طور کامل پایداری است و برای ضدعفونی گلخانه تنها برای مدت زمان کوتاهی بایستی کشت متوقف گردد (۶).

## نتیجه گیری

دخالت انسان در بهره‌گیری از منابع طبیعی به منظور ارتقای رفاه خویش موجب برهم‌زدن تعادل طبیعی و تخریب زیست‌بوم شده است. عملیات کشاورزی ناپایدار و استفاده از سوخت‌های فسیلی تجدیدنپذیر منجر به آلودگی و تخریب محیط زیست و به دنبال آن گرم شدن کره زمین گردیده است.

یکی از راه‌های مهم برای جلوگیری از این تخریب حرکت به سوی کشاورزی پایدار و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر طبیعی است که سلامت جامعه را تضمین می‌کند. با توجه به فقدان سرمایه‌گذاری‌های لازم برای استفاده از این منابع طبیعی بشر هنوز متکی به انرژی‌های تجدیدنپذیر است. سوخت‌های فسیلی افزون بر افزایش گازهای گلخانه‌ای، آلوده کردن هوا و آسیب‌های شدید به چرخه طبیعی ازن در اتمسفر موجب به هم زدن زیست بوم جهانی شده است. بشر برای پیشبرد اهداف خود نیاز زیادی به منابع انرژی دارد که تاکنون نتوانسته است از منابع تجدیدپذیر تولید کند، گرچه تلاش‌های لازم را در این زمینه انجام داده است.

در حال حاضر، برای تهیه گرمایش و الکتریسیته دو منبع بزرگ جهانی مانند باد و نیروی خورشید همواره و بدون ایجاد هزینه در بیشتر کشورها در تمام سال در دسترس است. ایجاد فناوری لازم که بتواند از این منابع انرژی به طور اقتصادی استفاده کند، نیاز به پژوهش‌های بنیادی و کاربردی زیادی دارد.

گرمایش کره زمین و زیست‌توده در مکان‌های خاص و در شرایط خاصی در دسترس خواهد بود. یکی از قدیمی‌ترین روش‌های تولید انرژی، نیروی محرکه باد است که بیش از دو هزار سال پیش در چین و کشورهای خاورمیانه برای به حرکت در آوردن آسیاب‌های غلات و با اختراع ژنراتورها برای تولید برق از آن استفاده می‌شد.

در مورد انرژی خورشیدی دو جنبه آن، یعنی هم تولید گرمایش و هم تولید الکتریسیته، اجرا شدنی است. تولید الکتریسیته با نصب سلول‌های خورشیدی در هر واحد ساختمانی یا نقاط بسیار دور افتاده که امکان دسترسی به نیروی برق نیست، امکان‌پذیر است. در محیط وحش که دسترسی جانوران به آب در برخی از مناطق امکان‌پذیر نیست به شرط داشتن منابع آب زیرزمینی، در هر چاه می‌توان با تولید برق از انرژی خورشیدی موجب پمپاژ آب از چاه شده و در طول مدت تابش خورشید بدون هیچ هزینه‌ای آب برای مصرف‌های مختلف به دست آورد. با توجه به حذف گاز متیل بروماید در کشاورزی (۶)، در حال حاضر بهترین جایگزین برای سالم‌سازی خاک‌ها و گلخانه‌ها استفاده از انرژی خورشیدی است که فناوری آن به سرعت رو به توسعه است. تلفیق آفتابدهی با مصرف کمتر آفت‌کش‌ها (به ویژه نماتدکش) و زیست توده‌های پس‌مانده، به ویژه پسماندهای تیره کلم‌سانان، تاثیر آفتابدهی را افزون ساخته و طول مدت آفتاب دهی را کاهش داده است. با توجه به این‌که میانگین روزهای آفتابی در بیشتر نقاط ایران ۳۰۰ روز است (۸) و به علت داشتن ذخایر عظیم نفتی و پیشرفت صنایع پتروشیمی، فناوری کاربردی آن بایستی هرچه سریعتر ادامه یابد. در حال حاضر تولید سبزی در نقاط جنوبی ایران، زیر کشت پلاستیک‌های شفاف با روش آبیاری قطره‌ای یا نواری به طور کامل کاربردی و اقتصادی شده است. پیشنهاد می‌شود این روش با آفتابدهی تلفیق شود و قبل از آماده‌سازی مزرعه‌ها برای کشت زیر پلاستیک از همان پوشش پلاستیکی با آبیاری قطره‌ای به مدت ۴ هفته خاک‌ها را از وجود عامل‌های بیماریزا و علف‌های هرز عاری کنند سپس، کشت زیر پلاستیک را انجام دهند.

با توجه به گسترش گلخانه‌ها در ایران و پیدایش بیمارگرهای خاکزاد در آنها، استفاده از آفتابدهی در گلخانه‌ها بسیار اقتصادی است و می‌توان از انرژی خورشیدی حتی برای سالم‌سازی فضای گلخانه‌ها نیز استفاده کرد. پژوهش‌ها در مورد استفاده از روش آفتابدهی در بیمارگرهای خاکزاد در باغ‌های مرکبات، پسته، سایر محصولات‌های پردرآمد بایستی ادامه یابد.

با توجه به آنچه گفته شد، استفاده از انرژی خورشیدی در کنترل بیمارگرها و آفت‌های گیاهی و علف‌های هرز در بیش از ۷۰ کشور جهان در شرایط مختلف محیطی از نظر دمایی و رطوبتی نتایج بسیار امیدوار کننده‌ای نشان داده است (۶) و کاربرد انرژی خورشیدی فقط در سطح‌های کوچک مزرعه و گلخانه برای محصول‌های پردرآمد به طور کامل اقتصادی و از نظر زیست محیطی و حفظ جمعیت میکرواورگانیزم‌های مفید خاک قابل ملاحظه است. در ایران، با افزایش گلخانه‌ها و خطر آلودگی خاک به انواع بیمارگرها، آفت‌ها، علف‌های هرز، نیاز به پژوهش‌های بیشتر برای کاربردی کردن این انرژی در مزرعه و گلخانه‌ها مشخص است.

### منابع

1. Anonymous, 2015. Renewable energy and agriculture: A natural fit. Retrieved from [http://www.ucsusa.org/clean.energy/smart\\_energy\\_solution/increase\\_renewables/renewable.energy\\_and.html](http://www.ucsusa.org/clean.energy/smart_energy_solution/increase_renewables/renewable.energy_and.html).
2. Anonymous. 2015. Renewable energy and agriculture: A natural fit. Union of Concerned Scientists, science for a healthy planet and safer world. Retrieved from [http://www.ucsusa.org/clean\\_energy/smart-energy-solutions/increase-renewables/renewable-energy-and.html](http://www.ucsusa.org/clean_energy/smart-energy-solutions/increase-renewables/renewable-energy-and.html)
3. Anonymous. 2015. Electricity generation from wind power. Technology and economies. Retrieved from [http://www.mpoweruk.com/wind\\_power.htm](http://www.mpoweruk.com/wind_power.htm)
4. Anonymous. 2015. Wind energy-Introduction. Energypedia.info. Retrieved from [https://energypedia.info/wiki/Wind\\_Energy\\_-\\_Introduction](https://energypedia.info/wiki/Wind_Energy_-_Introduction)
5. Armitage, D., M. Marschke and R. Plummer. 2008. Adaptive co-management and the paradox of learning. *Global Environmental Change* 18:86-98.
6. Gamliel, A. and J. Katan. (Eds.) 2012. *Soil Solarization, Theory and Practice*. APS Press. 266 p.
7. Garret, K.A., S.P. Dendy, E.F. Frank, M.N. Rouse and S.E. Traress. 2006. Climate change effect on plant diseases: Genomic to ecosystems. *Annu. Rev. Phytopathol.* 44:309-489.
8. Kahrebaian, A. 2010. *Renewable Energy in Islamic Republic of Iran*. Energy Security Seminar. Salzburg, Austria.
9. Mahlman, D. 1997. Uncertainties in projection of human caused climate warming. *Science* 278:16-17.
10. Najafi, G., B. Ghobadian, R. Mamat, J. Yusaf and W.H. Azmi. 2015. Solar energy in Iran: Current state and outlooks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49:931-942.
11. Pakniat, M. 2014. Effective control of citrus nematode (*Tylenchulus semipenetrans*) by individual canopy soil solarization of infected sweet orange trees. *Iran. J. Plant Pathol.* 50:79-93.

12. Pimental, D. 2006. Impacts of organic farming with efficiency of energy use in agriculture. Cornell University Ithaca, USA.

## **Application of Solar Energy in Sustainable Agriculture in Soil-borne Pathogens Management**

**Z. Banihashemi<sup>1,2</sup>**

Recent global climate changes due to human activities on misuse of fossil energy, deforestation and greenhouse effects have caused global warming and environmental changes and consequently air pollution and unsustainability in agriculture. At present time, gas, oil and charcoal are the main sources of energy which their misuses are responsible partially to global warming and air pollution which must be reduced and replaced to some extent by renewable energy like wind power and solar energy. Use of renewable energy is environmentally safe, very low cost and accessible in remote rural and wild life locations to generate electricity and heat. This review updates the use of renewable energy emphasizing on solar energy in agriculture for soil disinfestations from pathogen, pests and weeds under field and greenhouse conditions. For economical application of renewable energy in sustainable agriculture there is great need on research and technology.

**Keywords:** Climate change, Greenhouse sterilization, Renewable energy, Soil solarization, Wind energy.

---

1. Corresponding author, Email: zia1937@gmail.com

2. Associate Member of Academy of Sciences, Tehran, and Professor, Shiraz University Shiraz, I.R. Iran.