دانش بیماری‌شناسی گیاهی
سال ششم، جلد ۱، پاییز و زمستان ۱۳۹۵
Plant Pathology Science
Vol. 6(1), 2017

Role of Soil Solarization in Management of Soil-Borne Diseases

ZABIHOLLAH AZAMI-SARDOOEI [1, ✉], ABDOLRAHMAN MIRZAEI [2] & FARNAZ FEKRAT [1]

1-Assistant Professor and M.Sc. of Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran. 2-Graduated Master of Agroecology, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran

(✉Corresponding author, E. mail: z.azami_sardooei@ujiroft.ac.ir)

Received: 22.04.2016 Accepted: 19.09.2016

Azami-Sardooei Z., Mirzaei A. & Fekrat F. 2017. Role of soil solarization in management of soil-borne diseases. *Plant Pathology Science* 6(1):57-67.

Abstract: Nowadays, control of plant pathogens and weeds is more difficult and expensive than in the past. In last decades, due to adoption of inappropriate management methods and excessive use of agrochemicals, the soil fauna and flora threatened. Accordingly, many of ecologists and plant pathologists tried to find some alternative methods of pest and pathogen control. Soil solarization is of these approaches that is widely used against soil pathogens. This is an ecofriendly and safe as well as low cost and efficient method which can be used to control the plant pathogens, pests and weeds. As a part of integrated pest management program, this approach applies the ecological principles to protect the environment and reduce the hazards of pesticides. In this review, we have described the history and benefits of soil solarization and also the principles of this method.

Key words: Soil solarization, Fungus, Nematode

نقش آفتاب‌دهی خاک در مدیریت بیماری‌های گیاهی خاکزاد

ذبیح‌الله اعظمی ساردویی [۱،✉]، عبدالرحمان میرزائی [۲] و فرناز فکرت [۱]

۱- استادیار و مربی بخش گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت

دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۰۳ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۲۹

اعظمی ساردویی ذ.، میرزائی ع. و فکرت ف. ۱۳۹۵. نقش آفتاب‌دهی خاک در مدیریت بیماری‌های گیاهی خاکزاد. *دانش بیماری‌شناسی گیاهی* ۶(۱): ۶۷-۵۷.

چکیده: امروزه مهار و مدیریت بیماری‌های خاکزاد و علف‌های هرز بسیار مشکل و هزینه‌بر می‌باشد. در دهه‌های اخیر به دلیل مدیریت نامناسب و استفاده‌ی بیش از حد سموم آفت‌کش و آلودگی‌های زیست‌محیطی، فلور و فون رو و زیر خاک به مخاطره افتاده است. به همین دلیل اکثر بوم‌شناسان و

✉مسئول مکاتبه: z.azami_sardooei@ujiroft.ac.ir

متخصصین بیماری‌های گیاهی به فکر یافتن راهی جایگزین جهت کاهش این عوامل برآمده‌اند. یکی از این رهیافت‌ها، ضدعفونی خاک با کمک نور خورشید است. آفتاب‌دهی یک روش غیر شیمیایی ساده، ارزان، پاک و کارا جهت مدیریت بیماری‌های گیاهی خاکزاد، بعضی از آفات و همچنین بذور بسیاری از علف‌های هرز محسوب می‌شود. این روش بر مبنای اصول زیست‌بوم‌شناسی در مدیریت بیماری‌ها، آفات و علف‌های هرز و حفظ محیط‌زیست و همچنین کاهش تأثیرات منفی علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها بسیار مفید و کارا عمل می‌کند و در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته به‌وفور مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مقاله تاریخچه، مزایا و اصول انجام عملیات آفتاب‌دهی خاک، شرح داده شده است.

واژه‌های کلیدی: آفتاب‌دهی خاک، قارچ، نماتد

مقدمه

در دهه‌های اخیر مصرف مداوم یک آفت‌کش و یا آفت‌کش‌هایی با نحوه عمل یکسان و سموم تدخینی باعث ایجاد فشار انتخابی بر فلور و فون خاک به‌خصوص قارچ‌ها، علف‌های هرز و آفات گردیده و در نتیجه سبب تغییر در بیولوژی خاک، کاهش تراکم گونه‌های حساس و بروز گونه‌های مقاوم قارچ‌ها، باکتری‌ها، نماتدها و علف‌های هرز شده است (فکرت ۱۳۹۴). از میان مواد ضدعفونی‌کننده خاک، گاز متیل بروماید عمده‌ترین ماده شیمیایی جهت مدیریت بیماری‌های خاکزاد، آفات و علف‌های هرز درون خاک در دهه‌های گذشته بوده است و هزینه‌های اضافی و اثرات جبران‌ناپذیر این گاز شیمیایی بر محیط‌زیست و سلامتی انسان باعث شد که محققان به دنبال روش‌های جایگزین برای آن باشند (عسکرپور و همکاران ۱۳۸۸). از طرف دیگر توسعه و گسترش استفاده از ترکیبات شیمیایی بی‌خطر فعال‌کننده سیستم دفاعی گیاهان مانند ریبوفلاوین و بنزوتیادازول یا BTH در راستای مدیریت بیماری‌های گیاهی و کاهش مصرف سموم و حفظ محیط‌زیست می‌باشد (Azami-Sardooei *et al*. 2010 & 2013). این روش‌ها دربرگیرنده رهیافت‌های مدیریت تلفیقی بیماری‌ها، آفات و علف‌های هرز هستند که نیل به منافع بلندمدت و هم‌سویی با طبیعت از اصول اساسی آن می‌باشد (بیات و بنی‌جمال ۱۳۸۷). هم‌چنین علاوه بر آثار زیان‌بار زیست‌محیطی و نگرانی‌های سال‌های اخیر در مورد رقیق شدن لایه ازون به دلیل کاربرد گاز متیل بروماید باعث ممنوعیت استفاده از آن در جهان شده و موجب شد تا روش‌های غیرشیمیایی مانند آفتاب‌دهی خاک توسعه یابند. لذا آفتاب‌دهی یا «ضدعفونی خاک به کمک نور خورشید» یک روش مناسب گندزدایی خاک است که به‌عنوان بخشی از مدیریت تلفیقی

بیماری‌های خاکزی، آفات و علف‌های هرز بکار می‌رود (Baruch & Lambert 2007). به بیان دیگر ضدعفونی خاک به شیوه آفتاب‌دهی روشی برای از بین بردن و غیرفعال کردن علف‌های هرز و بیمارگرهای خاکزاد بدون تیمار شیمیایی است (Simmons *et al*. 2013). علاوه بر این، آفتاب‌دهی خاک یکی از روش‌های فیزیکی مبتنی بر دو عامل دما و رطوبت می‌باشد که برای مهار علف‌های هرز و نیز کاهش بسیاری از آفات و بیماری‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Horowitz 1983). این روش نخستین بار در سال ۱۹۷۶ جهت مهار بیماری پژمردگی گوجه‌فرنگی (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) گزارش گردید (Katan *et al*. 1976). در این روش، خاک مرطوب طی یک دوره زمانی مشخص با پوشش پلاستیک شفاف برای استفاده از تشعشعات خورشیدی پوشانده می‌شود (Sahile *et al*. 2005). طی این دوره ۹۵-۸۵ درصد تشعشعات خورشیدی از طریق لایه پلاستیک نفوذ و خاک را گرم می‌کند (Lamont 2005). آفتاب‌دهی، علف‌های هرز یک و چندساله را نیز به‌طور مؤثری مهار می‌کند (Chase *et al*. 1998). در سال‌های اخیر این روش در فصل تابستان که برابر با زمان نکاشت گلخانه‌ها منطقه جیرفت و کهنوج است به‌عنوان بهترین، ساده‌ترین، ارزان‌ترین، مؤثرترین و پاک‌ترین روش مهار عوامل بیماری‌زای خاکزاد در سطح بسیار وسیعی انجام می‌شود و همچنین با افزایش طول دوره آفتاب‌دهی تا ۶۰ روز در شرایط جنوب کشور (جیرفت) علف‌های هرز چندساله نیز قابل‌مهار می‌باشند (اعظمی ساردویی و همکاران، ۱۳۹۳). در مورد روش آفتاب‌دهی خاک مقالات فراوانی منتشر گردیده است و نتایج این پژوهش‌ها در ۳۸ کشور از جمله مصر، اردن، سوریه، کانادا، آلمان، هلند، انگلستان و آمریکا بکار گرفته شده است. طبق یافته‌های پژوهشی، روش آفتاب‌دهی خاک رشد گیاهان و عملکرد آن‌ها را افزایش می‌دهد و نه‌تنها علف‌های هرز و بیمارگرهای خاکزی را مهار می‌کند بلکه به آزادسازی عناصر غذایی خاک نیز کمک می‌نماید (Candido *et al*. 2013). به همین منظور در این مقاله چگونگی انجام عملیات آفتاب‌دهی خاک، پوشش‌های پلاستیکی، پیامد و نتایج آفتاب‌دهی، عوامل محدودکننده آن، ترکیب آفتاب‌دهی خاک با سایر روش‌های مدیریتی و جنبه اقتصادی این روش بررسی می‌شوند.

۱- اصول و چگونگی عملیات آفتاب‌دهی خاک

عملیات آفتاب‌دهی به‌طور کلی شامل مراحل زیر از جمله شخم و آماده‌سازی زمین، تأمین رطوبت خاک، کشیدن پلاستیک در سطح خاک و رعایت طول دوره آفتاب‌دهی می‌باشد که شرح آن‌ها در زیر می‌آید.

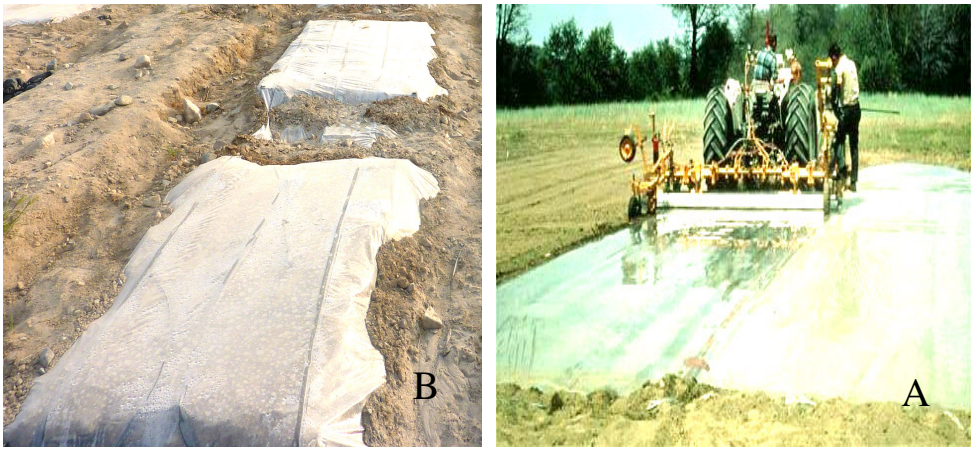
آماده‌سازی زمین: انجام عملیات خاک‌ورزی ضمن کاهش کلوخه‌ها و سایر باقی‌مانده‌ها، تهویه‌ی خاک و عمل آفتاب‌دهی را بهبود می‌بخشد. همچنین یک سطح مسطح، با ذرات ریز خاک و بدون کلوخه و قلوه‌سنگ از سوراخ شدن تصادفی پوشش پلاستیک نیز پیشگیری می‌کند و امکان حرکت جریان هوا و تأمین رطوبت جهت تأثیر دما بر بیمارگرهای خاکزاد را فراهم می‌آورد (Pokharel 2011).

آبیاری: در مرحله بعدی تأمین رطوبت خاک یک عامل اصلی بسیار مهم و مؤثر در روش آفتاب‌دهی خاک می‌باشد (DeVay 1991). تأمین رطوبت خاک با انجام آبیاری قبل از کشیدن پوشش پلاستیکی و یا تداوم آبیاری به روش قطره‌ای (شکل ۲) زیر پوشش پلاستیکی در طول دوره آفتاب‌دهی حساسیت دمایی خاک را افزایش می‌دهد و در حقیقت یکی از نکات کلیدی در میزان موفقیت روش آفتاب‌دهی خاک می‌باشد و همچنین به دلیل تبخیر آب زیر پوشش پلاستیک حرارت را در اعماق بیشتر و بخش‌های مختلف خاک منتقل و جابجا می‌کند (اعظمی ساردویی و همکاران، ۱۳۹۳).

کشیدن پلاستیک روی سطح خاک: بدین منظور از پلاستیک نوع شفاف استفاده می‌شود که به‌صورت مکانیزه و یا با استفاده از نیروی انسانی در سطح خاک کشیده می‌شود (شکل ۱). نکته بسیار مهم این است که اطراف لایه‌های پلاستیک می‌بایست ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر زیر خاک قرار داده شود تا از هدر رفتن حرارت و رطوبت زیر پوشش پلاستیک جلوگیری گردد که در غیر این صورت نتیجه رضایت بخشی حاصل نمی‌شود (اعظمی ساردویی و همکاران، ۱۳۹۳). لایه‌های پلاستیکی پلی‌اتیلن شفاف برای آفتاب‌دهی بسیار مفید بوده (Tu *et al*. 2001) و از هدر رفتن گرما جلوگیری می‌کند (Waggoner *et al*. 1960).

مدت‌زمان و طول دوره آفتاب‌دهی : معمولاً طول دوره آفتاب‌دهی خاک بیش از ۴ تا ۹ هفته در ماه‌های گرم سال (خرداد تا شهریور) که اغلب با تابش زیاد نور خورشید و کمترین مقدار ابر و نزولات آسمانی همراه است اجرا می‌شود؛ بنابراین این روش به شرایط آب و هوایی بستگی دارد (Gamliel & Katan 2012). کاربرد مدت‌زمان کمتر از حداقل ذکرشده در بالا به‌ویژه در مهار علف‌های هرز تأثیر رضایت بخشی ندارد (اعظمی ساردویی و همکاران ۱۳۹۳).

پوشش‌های پلاستیکی : بدون تردید متداول‌ترین ماده مورداستفاده برای آفتاب‌دهی خاک، پوشش‌های



شکل ۱- A- قرار دادن پلاستیک در سطح خاک، B - تکمیل عملیات پوشاندن خاک
Figure 1- A- Laying the plastic on the soil surface, B- Completed coverage

پلاستیکی پلی‌اتیلن شفاف و نازک است. این نوع پوشش به دلیل عبور دادن تشعشعات خورشیدی (طول موج‌های ۲۵۰۰-۲۸۰ نانومتر)، حفظ گرمای تابشی و هم‌چنین انعطاف‌پذیری بالا نسبت به کشش، ایده‌آل‌ترین ماده برای این هدف می‌باشند (Katan & DeVay 1991). به‌طور کلی به دلیل قیمت ارزان و مقاومت بالا و امکان انتقال حداکثری انرژی تابشی از لایه‌های پلاستیک به ضخامت ۴۰ تا ۳۶ میکرومتر استفاده می‌شود (Waggoner *et al*. 1960). همچنین پوشش‌های شفاف نسبت به تیره دسترسی انرژی خورشیدی به خاک را بیشتر می‌کند (Tu *et al*. 2001). بر اساس گزارش‌ها و تحقیقات انجام‌شده پوشش‌های پلی‌ونیل کلرید برای آفتاب‌دهی در گلخانه‌های ایتالیا و ژاپن مورد استفاده قرار می‌گیرند (Stapleton 1996). پوشش‌های پلاستیک با قطر خیلی نازک به دلیل استحکام کم در برابر عوامل طبیعی قادر به دوام و ماندگاری در سطح خاک به مدت طولانی بیش از سه هفته را نداشته و زود صدمه‌دیده و از بین رفته و نیاز به تعویض دارند (اعظمی ساردویی و همکاران ۱۳۹۳).

۲- آثار مفید روش آفتاب‌دهی خاک

افزایش دمای خاک : دمای خاک از مهم‌ترین متغیرهای روش آفتاب‌دهی خاک می‌باشد. طی مطالعاتی مشخص گردیده است که دمای خاک در پلات‌های با پوشش پلاستیکی نسبت به پلات‌های بی پوشش افزایش بیشتری داشته است (Jacobson *et al*. 1980). افزون بر این محققین متوسط تغییرات حداکثر دمای خاک از ۳۱ و ۴۴ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در خاک‌های با و بدون آفتاب‌دهی اندازه‌گیری و ثبت کرده‌اند

(Massoori & Juliani 1996). به‌طور کلی رطوبت خاک و تبخیر آب در زیر پوشش‌های پلاستیکی در طی روز به افزایش درجه حرارت خاک در زیر پوشش پلاستیک کمک فراوانی می‌نماید (Chen & Katan 1980).

بهبود ویژگی‌های خاک: در جریان عملیات آفتاب‌دهی زمین، تغییرات زیستی و شیمیایی در خاک ایجاد می‌شود که می‌توان به بهبود جوامع میکروبی خاک، تولید ترکیبات سمی زیستی شیمیایی زودگذر و افزایش عناصر غذایی قابل‌دسترس گیاهان اشاره نمود (Stapleton 2000). روش آفتاب‌دهی تغییراتی در خصوصیات خاک ایجاد می‌کند؛ که با افزایش دمای خاک سرعت تجزیه و معدنی شدن مواد آلی خاک نیز زیاد می‌شود. این موضوع باعث افزایش ضریب هدایت الکتریکی (EC) محلول خاک بعد از عملیات آفتاب‌دهی می‌گردد. محققان بیان کردند که pH در خاک‌های آفتاب‌دهی شده اندکی کاهش یافت (Grunzweig *et al.* 1999). روش آفتاب‌دهی باعث افزایش آمینواسیدها در خاک می‌شود، این افزایش را به بالا رفتن فعالیت‌های میکروبی در دماهای بالا نسبت دادند (Chen *et al.* 2000).

مهار بیمارگرهای خاکزاد، آفات و علف‌های هرز : عملیات آفتاب‌دهی زمین طی ماه‌های گرم تابستان می‌تواند دمای خاک را تا حدی که برای بسیاری از عوامل بیماری‌زای گیاهی از جمله قارچ‌ها، نماتدها و بذر و گیاهچه‌های علف هرز کشنده باشد، افزایش دهد (جدول ۱). روش آفتاب‌دهی خاک یک شیوه غیرشیمیایی برای مهار علف‌های هرز در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار و حفظ محیط‌زیست است (Sahile *et al.* 2005). این روش برای مهار اکثر گونه‌های علف‌های هرز کارا می‌باشد (Gul *et al.* 2013). همچنین اغلب نماتدهای انگل گیاهان توسط این شیوه مهار می‌شوند (Gereco *et al.* 1995). اما در مهار نماتدهای مولد غده ریشه گیاهان این روش موفقیت نسبی داشته است(Porter *et al.* 1983). این روش هم‌چنین موجب مهار موفقیت‌آمیز تعدادی از بیماری‌های ایجادشده توسط عوامل بیماری‌زای خاکزاد نظیر فوزاریوم‌های عامل پژمردگی شده است (Elena *et al.* 1997). در این شیوه، خاک مرطوب طی یک بازه زمانی با لایه‌های نازک پلاستیک جهت به دام انداختن انرژی تابشی خورشیدی پوشانده می‌شوند (Sahile *et al.* 2005). این عمل موجب افزایش گرمای خورشید در خاک‌های مرطوب شده و باعث از بین رفتن حدود ۷۰ درصد قارچ‌های بیماری‌زا می‌گردد. در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قارچ‌های رطوبت دوست، نماتدها و برخی از بیمارگرهای اوومیست از بین می‌روند. در دمای ۶۰-۷۲ درجه اغلب قارچ‌ها و باکتری‌های بیماری‌زا، کرم‌ها ، هزارپایان و

جدول ۱- تعدادی از عوامل بیماری‌زا و علف‌های هرز که با عملیات آفتاب‌دهی خاک مهار می‌شوند.

قارچ‌ها	*Macrophomina phaseolina, Sclerotium rolfsii, Fusarium solani* f. sp., *Cylindrocarpan lichenicola, Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici Phytophthora cinnamomi, Verticillium dahliae, Pythium ultimum, Rhizoctonia solani, Fusarium oxysporum* f. sp. *Vasinfecum*
نماتدها	*Ditytenchus dipsaci, Heterodera schachtii* Schm., *Meloidogyne javanica, Pratylenchus penetrans, Tylenchulus semipenetrans*
علف‌های هرز	*Cenchrus biflorus* Roxb., *Prosopis juliflora* (Sw.) D.C., *Heliotropium subulatum* Hochst. ex DC, *Cyperus rotundus* L., *Gisekia pharnacides* L., *Amarantus retroflexus* L., *Brassica nigra* L., *Chenopodium album* L., *Convolvulus arvensis* L., *Orobanche ramose* L., *Cynodon dactylon* L., *Boerhaavia diffusa* L.

حلزون‌ها از بین می‌روند. در حدود ۸۲ درجه بیشتر علف‌های هرز، باکتری‌های بیماری‌زای گیاهی و اغلب ویروس‌های موجود در بقایای گیاهی نیز از بین خواهند رفت (عدالت ۱۳۸۲، برادر و همکاران ۱۳۹۳). روش آفتاب‌دهی، علف‌های هرز یک‌ساله را به‌طور مؤثری مهار می‌کند، در حالی که مهار علف‌های هرز چندساله بسته به گونه آن‌ها متفاوت است. مهار بذر علف‌های هرز تابع دما و طول دوره آفتاب‌دهی، عمق جوانه‌زنی و بنیه بذر است (عسکرپور و همکاران ۱۳۸۸). جوانه‌زنی بعضی از بذور ممکن است با رسیدن دمای خاک به ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد، به دلیل شکستن خواب ناشی از پوسته بذر افزایش یابد. ترکیب گونه‌ای علف‌های هرز و عمق قرارگیری اندام تولیدمثلی آن‌ها میزان اثر آفتاب‌دهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Egley 1990).

بهبود موقعیت زیستی موجودات مفید خاکزی و رشد گیاه :عملیات آفتاب‌دهی در ابتدا ممکن است جوامع میکروبی مفید را بکاهد اما در پایان این جمعیت‌ها به‌سرعت در خاک‌های آفتاب‌دهی شده رشد می‌کنند. باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در خاک‌های آفتاب‌دهی شده به‌صورت موقت غیرفعال می‌شوند، اما به‌کارگیری مجدد زادمایه آن‌ها همراه با بذر حبوب باعث استقرار مجدد آن‌ها می‌شود (Pokharel 2011).

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

خلاصه رهیافت‌های آفتاب‌دهی خاک و پیامدهای حاصله از آن به این شرح است: عملیات ضدعفونی خاک با استفاده از انرژی خورشید یکی از مؤثرترین روش‌های مدیریت بیماری‌های خاکزاد گیاهی و کاهش

خسارات تعدادی از آفات می‌باشد که اغلب با سایر روش‌ها نمی‌توان موفقیتی در مهار آن‌ها داشت. به کمک روش آفتاب‌دهی خاک می‌توان منبع بذور علف‌های هرز و نیز بیشتر علف‌های هرز یک و چندساله را مدیریت نمود. این روش با افزایش فعالیت‌های زیستی درون خاک از جمله، افزایش مواد آلی به‌وسیله بهبود فعالیت‌های ریزجانداران مفید خاک، بهبود ساختار فیزیکی خاک، بهبود سلامتی خاک باعث افزایش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود. بنابراین کاربرد این روش برای مدیریت مؤثر و پایدارتر بیمارگرهای خاکزاد گیاهان و کاهش مصرف سموم آفت‌کش جهت تولید محصولات ایمن‌تر برای مصرف‌کننده، کاهش هزینه تولید و مهم‌تر از همه حفظ محیط‌زیست پیشنهاد می‌شود.

منابع References

۱. اعظمی ساردویی ذ.، روزخش م.، طایی م. و علیزاده ح. ۱۳۹۳. بررسی اثر آفتاب دهی خاک به‌عنوان روشی اکولوژیک در مهار علف هرز اویارسلام ارغوانی (*Cyperus rotundus* L.). اولین همایش ملی کشاورزی، محیط‌زیست و امنیت غذایی، جیرفت، دانشگاه جیرفت.

۲. برادر ع.، صابری ریسه ر.، صداقتی ا. و اخگر ع. ۱۳۹۳. باکتری‌های کمکی قارچ‌های همزیست ریشه گیاهان. *دانش بیماری‌شناسی گیاهی* ۴: ۴۶-۵۳.

۳. بیات ح. و بنی جمال س. ح. ۱۳۸۷. مهار پژمردگی میخک با آفتاب دهی خاک در ترکیب با کود دامی یا متام سدیم. *پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی* ۸۱: ۴۶-۴۰.

۴. عسکرپور ر.، قربانی ر.، کوچکی ع. و محمدآبادی آ. ۱۳۸۸. تأثیر آفتاب دهی بر بانک بذر علف‌های هرز و خصوصیات خاک. *مجله پژوهشی حفاظت گیاهان* ۲۳: ۸۸-۸۲.

۵. عدالت ع. ۱۳۸۲. بیماری‌های گیاهی، اصول بیماری‌های گیاهی، بیماری‌های غیرمسری گیاهان، عوامل محیطی و بیو تکنولوژی. انتشارات آوای نور. ۲۳۹ ص.

۶. فکرت ف. ۱۳۹۴. مدیریت نماتدهای انگل گیاهی با استفاده از مواد زائد کشاورزی. کنگره بین‌المللی کشاورزی سالم، تغذیه سالم، جامعه سالم.

7. Azami-Sardooei Z., França S. C., De Vleesschauwer D. & Höfte M. 2010. Riboflavin induces resistance against Botrytis cinerea in bean, but not in tomato, by priming for a

hydrogen peroxide-fueled resistance response. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 75:23-29.

8. Azami-Sardooei., Z., Soren Seifi H., De Vleesschauwer D. & Höfte M. 2013. Benzothiadiazole (BTH)-induced resistance against Botrytis cinerea is inversely correlated with vegetative and generative growth in bean and cucumber, but not in tomato. *Australasian Plant Pathology* 42:485-490.
9. Baradar A., Saberi Riseh R., Sedaghati E. & Akhgar A. 2015. Mycorrhiza helper bacteria. *Plant Pathology Science* 4:46-53.
10. Baruch, Y. & Lambert R. 2007. Organizational anxiety: applying psychological concepts into organizational theory. *Journal of Managerial Psychology* 22:84-99.
11. Candido V., D'Addabbo T., Miccolis V. & Castronuovo D. 2013. Weed control and yield response of soil solarization with different plastic films in lettuce. *Scientia Horticulturae*. 130:491-497.
12. Chase C. A., Sinclair T. R., Shilling D. G., Gilreath J. P. & Locascio S. J. 1998. Light effects on rhizome morphogenesis in nutsedges (*Cyperus* spp.): Implications for control by soil solarization. *Weed Science* 46:575–580.
13. Chen Y. & Katan J. 1980. Effect of solar heating of soils by transparent polyethylene mulching on their chemical properties. *Soil Science* 103:271-277.
14. Chen Y., Katan J., Galiel A., Avid T. & Schnitzer M. 2000. Involvement of soluble organic matter in increased plant growth in solarized soils. *Biology and Fertility of Soils* 32:28-34.
15. DeVay J. E. 1991. Use of soil solarization for control of fungal and bacterial plant pathogens including biocontrol. FAO Plant Production and Protection Paper (FAO). 369 p.
16. DeGomez T. & Loomis B. 2005. Firewood and bark beetles in the Southwest. Natural Resources & the Environment, School of College of Agriculture and Life Sciences, University of Arizona (Tucson, AZ), 2p.
17. Egley G. H. 1990. High-temperature on germination and survival of weed seeds in soil. *Weed Science* 38:429-435.
18. Elena K. & Tjamos E. C. 1997. Soil solarization for the control of fusarium wilt of greenhouse carnation. *Phytopathologia Meditaranea* 36:87-93.
19. Gamliel A. & Katan J. (ed.). 2012. Soil solarization: Theory and practice. St. Paul, MN: American Phytopathological Society.
20. Gelsomino A., Badalucco L., Landi L. & Cacco G. 2006. Soil carbon, nitrogen and phosphorus dynamics as affected by solarization alone or combined with organic amendment. *Plant and Soil* 279:307-325.
21. Grunzweig J. M., Katan J., Ben-Tal Y. & Rabinowitch H. D. 1999. The role of mineral

nutrients in the increased growth response of tomato plants in solarized soil. *Plant and Soil* 206:21-27.

22. Gul B. Alikhan I., Hussain Z. & Saeed M. 2013. Impacts of Soil solarization combined wiith other weed control stragies on weed management in onion nurseries. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 19:101-108.
23. Horowitz M., Regev Y. & Herzlinger G. 1983. Solarization for weed control. *Weed Science* 31:170–179.
24. Jacobson R., Greenberger A., Katan, J., Levi M. & Alon H. 1980. control of Egyptian Broomrape (*Orobanche aegyptiaca*) and other weeds by means of solar heating of the soil by polyethylene mulching. *Weed Sci.* 28: 312-316.
25. Katan J., Grenberger A., Alon H. & Grinstein A. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. *Phytopathology* 76:683-688.
26. Katan J. & DeVay J. E. 1991. *Soil Solarization. CRC Press*. 259p.
27. Massoori B. & Juliani N.K. 1996. Control of soil borne pathogens of watermelon by solar heating. *Crop Protection* 15:423-424.
28. Lamont W. J. 2005. Plastics: Modifying the microclimet for the production of vegetable crops. *Horti Technology*. 15:477-481.
29. Ludha S. 2011. Soil solarization: An ecofriendly approch to manage soil borne plant pathogens. Den News.
30. Pokharel, R. R. 2011. Soil Solarizaton, an Alternative to Soil Fumigants. Colorado State University Extension, 3p.
31. Porter I. J. & Merriman L. R. 1983. Effect of soil solarization of soil on nematode and fungal pathogens at 2 sites in Vectoria. *Soil Biology & Biochemistry* 15:39-44.
32. Sahile G., Adebe G. & Al-Tawaha A. R. M. 2005. Effect of soil solarization on Orobanche soil seed bank and tomato yield in Central Rift Valley of Ethiopia. *World Journal of Agricultural Sciences* 1:143-147.
33. Stapleton J. J. 1996. Fumigation and solarization practice in plasticulture systems. *HortTictechnology* 6:189-192.
34. Stapleton J. J. 2000. Thermal components of soil solarization as related to changes in soil and root microflora and increased growth response. *Crop Prote* 19:837–841.
35. Simmons C. W., Guo H., Claypool J. T., Marshall M. N., Perano K. M., Stapleton J. J. & Vandergheynst J. S. 2013. Managing compost stability and amendment to soil to enhance soil heating during soil solarization. *Waste Manag* 33:1090-1096.
36. Tu M., Hurd C. & Randall J. M. 2001. Weed Control Methods Handbook: Tools and

Techniques for Use in Natural Areas. The Nature Conservancy, 219p.

37. Waggoner, P. E., Miller, P. M. & De Roo, H. 1960. C. Plastic Mulching: Principles and Benefits. *Bulletin. Connecticut Agricultural Experiment Station*, 634p.