مجله پژوهش علف‌های هرز
جلد ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱
صفحات ۱۰۷- ۹۱

# سوزاندن بقایای گیاهی و تاثیر آن بر سرنوشت و کارائی باقیمانده علف کش‌ها

# The Impact of Crop Residue Burning on Fate and Efficacy of Herbicide Residues

محمد کاظم رمضانی[1*] و اسکندر زند[1]

**چکیده:**

**معمولاً پس از برداشت محصول زراعی، بقایای آن با اهداف و دلایل مختلف سوزانده میشوند. خاکستر حاصل از این عملیات پتانسیل ایجاد تغییر در بسیاری از خصوصیات فیزیکی، شیمیائی و بیولوژیکی خاک را موجب می‌شود. هرچند سوزاندن بقایای گیاهی ممکن است فوائدی را در سیستم های کشاورزی به همراه داشته باشد، ولی اثرات منفی بالقوه آن‌ها مانند جذب و غیر فعال شدن علف کش‌ها در خاک، می‌تواند باعث کاهش قابلیت دسترسی میکروارگانیسم‌های خاک برای تجزیه این ترکیبات شده و پایداری بیشتر علف‌کش‌ها را نیز به همراه داشته باشد که این امر در جای خود می‌تواند اثرات غیر قابل پیش بینی را بر گیاهان موجود در تناوب‌های زراعی داشته باشد. از طرف دیگر کاهش غلظت علف‌کش‌ها در محلول خاک، کاهش کارائی علف‌کش‌ها را در پی دارد و مشکلاتی را در مبارزه با علف‌های هرز ایجاد می‌کند. فرایندهای مختلفی از جمله رونشینی علف‌کش‌ها به روی کلوئید های خاک، فراریت (تبخیر)، تجزیه (شمیایی و میکروبی)، شستشوی سطحی و آبشویی سرنوشت علف‌کش‌ها را در خاک تعیین می‌کند. خاکستر افزوده شده به خاک در نتیجه سوزاندن بقایای گیاهی با تغییر خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک بر هر یک از فرایندهای فوق تاثیر گذاشته و بنابراین، غلظت علف‌کش‌ها را در محیط خاک کاهش و یا افزایش می‌دهد. در این مقاله در ابتدا فرایندهای مهم و کلیدی تعیین کننده سرنوشت علف‌کش‌ها در خاک مورد بحث قرار گرفته و سپس اثرات خاکستر ناشی از سوزاندن بقایا بر میکروارگانیسم‌های موجود در خاک به عنوان عوامل مهم تجزیه بیولوژیکی علف‌کش‌ها در خاک، رونشینی و حذف رو نشینی علف‌کش‌ها و قابلیت دسترسی علف‌کش‌ها مورد بحث قرار می‌گیرد. سپس اهمیت زراعی و تاثیر سوزاندن بقایای گیاهی بر کارائی علف کش‌ها و جنبه‌های مهم مورد نیاز در تحقیقات آینده بیان می‌گردد.**

**واژه‌های کلیدی: میکروارگانیسم‌ها ی خاک، مدیریت علف‌های هرز، تناوب زراعی**

## مقدمه

در کشاورزی، سوزاندن بقایای گیاهی فعالیتی است که با اهداف متنوع از جمله تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی و تغییر کشت، کنترل آفات و بیماری‌ها، حذف بقایای گیاهی پس از برداشت و سهولت در برداشت محصول انجام می‌گیرد. در حال حاضر به خصوص در مناطقی که در یک زمین سالانه بیش از یک کشت صورت می‌گیرد، سوزاندن بقایای گیاهی پس از برداشت محصول به عنوان یک ابزار مهم مدیریتی تبدیل شده است. میزان بقایای گیاهی که پس از برداشت در سطح

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۳/۳۱

۱- هیأت علمی موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور
*- نویسنده مسئول Email: kazem.ramezani@gmail.com

زمین باقی می‌ماند به نوع گیاه زراعی بستگی دارد. برای مثال در بقایای مزارع گندم آمریکا، بین ۴ تا ۶/۳ تن در هکتار برآورد شده است. بر اساس برآورد سازمان خوار و بار جهانی (فائو) بقایای گیاهی کشاورزی که می‌تواند سوزانده شود معادل کل تولید گیاهان زراعی است. در مناطق گرمسیری حدود ۱۷٪ بقایای گیاهی مزارع سوزانده می‌شود. در آمریکا تقریباً ۱۳٪ بقایای گیاهی سوزانده می‌شود. برآورد دقیقی از سطح اراضی که بقایای گیاهان زراعی در آن سوزانده می‌شوند در جهان وجود ندارد، زیرا در برخی مناطق هیچ و در برخی مناطق تمام بقایا به طور کامل سوزانده می‌شود. بر اساس گزارشات موجود، سوزاندن بقایای گیاهی از کمتر از ۱٪ برای بقایای ذرت تا ۷۰٪ برای مزارع نیشکر متفاوت است (McCarty 2009). در ایران نیز تاکنون آمار دقیقی از سطح اراضی که پس از برداشت محصولات سوزانده می شود ارائه نشده است. بر اساس اطلاعاتی که اخیرا نگارندگان این مقاله جمع آوری کرده اند (جدول ۱) در ایران نیز درحداقل ۷۶۰۰۰۰ هکتار از مزارع، بقایا با اهدافی چون سهولت کشت دوم (به خصوص در تناوب گندم با محصولات بهاره کشت دوم)، سهولت برداشت (به خصوص در نیشکر) و مبارزه با آفات (به خصوص در برنج) سوزانده می‌شوند. بیشترین سطح سوزاندن بقایا مربوط به استان‌های خوزستان (با سطحی معادل ۲۳۰,۰۰۰ هکتار) و گلستان (با سطحی معادل ۱۰۰,۰۰۰ هکتار) است (جدول۱). از آنجا که سوزاندن بقایا باعث تولید خاکستر شده و این خاکستر بر سرنوشت علف کش‌ها در خاک تاثیر دارد، در این مقاله ضمن بررسی اجمالی در خصوص سرنوشت علف‌کش‌ها، تاثیر خاکستر ناشی از سوزاندن بقایا بر سرنوشت علف‌کش‌های خاک مصرف نیز مورد بحث قرار خواهد گرفت.

**سرنوشت علف کش‌ها در خاک**

میزان آفت کشی که به آفت مورد هدف رسیده و یا به وسیله آن مصرف می‌شود کمتر از ۱ درصد گزارش شده است و این بدین معنا است که بیش از ۹۹ درصد از کل آفت کش‌های مصرفی وارد محیط زیست شده و به آفات مورد نظر نمی‌رسند. اساساً تمامی علف کش‌های خاک مصرف و حتی علف کش‌های شاخ و برگ مصرف سرانجام داخل یا روی خاک قرار می‌گیرند. اطلاعات صحیح درمورد سرنوشت ورفتار علف کش‌ها در خاک باعث کاربرد صحیح آن‌ها (به خصوص علف کش‌های خاک مصرف) و جلوگیری از خسارات ناشی از استفاده نامطلوب آن‌ها می‌گردد. چندین فاکتور بر سرنوشت علف‌کش‌ها پس از آزاد شدن در محیط تاثیر دارند که مهم ترین فرایندها عبارتند از رونشینی در خاک، فراریت (تبخیر)، تجزیه (شمیایی و میکروبی)، شستشوی سطحی و آبشویی به آب‌های زیرزمینی. اهمیت نسبی هر یک از این فرایندها بسته به خصوصیات فیزیکی و شیمیائی علف‌کش ها متفاوت است. رونشینی آفت کش‌ها در خاک و تجزیه (زیستی[1] و غیر زیستی[2]) دو فرایند مهم بوده که بر سرنوشت آفت کش‌ها به ویژه در خاک تاثیر می‌گذارند (Wauchope *et al*., 2002; Dyson, 2001). نوع و اجزائ تشکیل دهنده خاک که از نظر ساختار فیزیکی، و خصوصیات شیمیایی متفاوت است، به طور مستقیم بر سرنوشت علف‌کش‌ها در سطح و یا

[1] Biotic
[2] Abiotic

درون خاک تاثیر گذار هستند. هر فاکتور و یا عملیات کشاورزی که سبب تغییر در خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک و یا علف‌کش‌ها شود می‌تواند بر رفتار آن‌ها در خاک تاثیر داشته باشد. مهم ترین فرایندهائی که پس از ورود علف‌کش‌ها در خاک می‌تواند سرنوشت آن‌ها را در محیط خاک تغییر داده و منجر به کاهش یا افزایش پایداری، تغییر کارائی آن‌ها شوند به تفصیل در قسمت بعدی مورد بحث قرار می‌گیرند.

**تبخیر یا فراریت**[1]

فراریت یک فرایند فیزیکی- شیمیائی است که به وسیله آن یک ترکیب به حالت گازی تبدیل می‌شود. این پدیده می‌تواند در نتیجه تبخیر از یک فاز مایع، تصعید از فاز جامد، تبخیر از یک محلول یا جدا شدن از کلوئیدهای خاک باشد. انتقال یک ترکیب از یک جزء (خاک یا گیاه) به اتمسفر در چند مرحله صورت می‌گیرد که نه تنها شامل مراحل تغییر شکل بلکه فرایندهای انتقال است. مهمترین فاکتورهای تاثیر گذار بر فراریت علف‌کش‌ها در خاک عبارتند از: خصوصیات ذاتی (برای مثال، فشار بخار و حلالیت در آب،)، روش‌های کاربرد علف کش (مصرف در سطح خاک و یا اختلاط با آن)، و فاکتورهای فیزیکی خاک (برای مثال، توزیع رطوبت، میزان ماده آلی، درجه حرارت خاک، و غیره) هستند. واژه فراریت برآیند کلی تمام فرایندهائی است که منجر به انتقال آفت کش از خاک یا گیاه به اتمسفر شود. بستگی به ترکیب علف کش و شرایط محیطی، فراریت ممکن است ۹۰ درصد میزان مصرف یک علف کش باشد. برای مثال، برخی ترکیبات از جمله ترایفلورالین، بیش از ۹۰ درصد میزان مصرف شده از طریق فراریت در یک هفته از بین می‌رود. در صورتی که در مورد اترازین کاهش تجمعی آفت کش‌ها پس از ۲۴ روز معادل ۲ درصد میزان مصرف آن بوده است (Bedos, 2009). این رفتار آفت کش‌ها می تواند بخشی با خصوصیات فیزیکی و شیمیائی آن‌ها از قبیل فشار بخار و ثابت قانون هنری (که ضریب رونشینی بین فاز گازی و مایع) ارتباط داده شود. شدت بیشتر فراریت ترایفلورالین نسبت به اترازین یا سیمازین می‌تواند به دلیل تفاوت زیاد این ترکیبات در ثابت قانون هنری ( ۴/۰۳ پاسکال در متر مربع در مول برای ترایفلورالین در مقابل $10^{-4}$ □ ۲/ ۸۷ برای اترازین) باشد. به طور کمی، میزان فراریت علف‌کش‌ها از چند گرم در هکتار در روز تا تقریباً ۲۰۰۰ گرم در هکتار در روز بستگی به نوع علف کش و میزان مصرف آن متفاوت است. سه هفته پس از مصرف، میزان فراریت در یک خاک بدون کشت، ۲ گرم در هکتار در روز برای الاکلر، ۰/۶ گرم در هکتار در روز برای اترازین، ۰/ ۵ گرم در هکتار در روز برای سیمازین گزارش شده است (Taylor , 1990).

**تجزیه نوری**[2]

میزان تجزیه نوری توسط نور خورشید به توانائی مولکول آفت کش در جذب اشعه ماورائ بنفش[3]، محیط بیرامون، و طیف نور خورشید بستگی شدیدی دارد. با توجه به این که انرژی مورد نیاز برای شکستن بیوندهای شیمیائی در مولکول‌های آفت کش‌ها معمولا بین ۷۰ تا ۱۲۰

[1] Volatilization

[2] Photodegradation (photolysis)

[3] Ultra violet (UV)

کیلو کالری بر مول ، معادل طول موج نور در طول موج های ۲۵۰ تا ۴۰۰ نانومتر است، بنابراین طیفی از نور خورشید که در سطح زمین قابل اندازه گیری است اهمیت زیادی دارد. پس از کاربرد علف‌کش‌ها و ورود آن‌ها به محیط، تجزیه نوری توسط نور خورشید یکی از مهم ترین فرایندهای موثر در تجزیه آن‌ها است. سطوح گیاهی به ویژه سطح برگ اولین محیط واکنش برای مولکول است. تجزیه نوری در سطح خاک زمانی که یک آفت کش به طور مستقیم در خاک مصرف می‌شود و یا در اثر عدم رسیدن آن به گیاه، مشروط بر این که وارد خاک شود اهمیت دارد. در تجزیه نوری علف‌کش‌ها در سطح خاک، نقش بوششی گیاه در ایجاد سایه و ممانعت از رسیدن نور به سطح خاک مهم است. از آنجا که جذب آفت کش‌ها توسط برگ‌ها در گیاهان بستگی به نوع گونه گیاهی داشته و با رشد گیاه افزایش می‌یابد، اهمیت تجزیه نوری آفت کش‌ها در خاک با رشد گیاه کاهش می‌یابد (Katagi, 2004).

بعضی از خصوصیات مربوط به خاک و محیط ممکن است بر تجزیه نوری علف‌کش‌ها در سطح خاک تاثیر داشته باشند. این فاکتورها عبارتند از میزان ماده آلی، میزان رطوبت، بافت، مواد معدنی خاک، اسیدیته، و حضور دیگر مواد آلی که اکثراً بر جذب مولکول‌های آلی در سطح خاک تاثیر می‌گذارند. عمق نفوذ نور در خاک تقریبا ۲ میلی متر است. بنابراین، شرایط لایه سطحی خاک به وسیله تشعشع خورشید تحت تاثیر قرار می‌گیرد. مشخص شده است که در حدود ۹۰ درصد طیف ماوراء بنفش نور پس از عبور از لایه ۰/۱۷ میلی متری خاک ضعیف می‌شود، همچنین مشخص شده است که اثر عمق خاک بر تجزیه نوری برخی علف‌کش‌ها در شرایط خشک مهم تر از شرایط مرطوب است. برای بیشتر آفت کش‌ها، عمق برآورد شده برای تجزیه نوری مستقیم و غیر مستقیم تقریبا ۰/۲۳ و ۰/۲۸ میلی متر به ترتیب در شرایط کنترل شده و ۰/۳۲ و ۰/۶۲ میلی متر در شرایط مزرعه است (Ramezani, 2008; Katagi, 2004).

**رونشینی**

طبیعت پیچیده و غیر یکنواخت خاک اگر شناخت مکانیسم رونشینی علف‌کش‌ها را در محیط غیر ممکن نسازد، قطعاً امکان آن را برای اغلب خاک‌ها و علف‌کش‌ها بسیار مشکل می‌کند. چون در بیشتر موارد چند مکانیسم ممکن است به طور همزمان در پدیده رونشینی عمل نمایند. در اغلب خاک‌ها و در بیشتر شرایط محیطی، علف‌کش‌ها رونشینی هر دو جزء خاک یعنی بخش‌های آلی و معدنی می‌شوند. اهمیت نسبی ماده آلی در مقابل معدنی بستگی به مقدار، توزیع و خصوصیات اجزاء خاک و همچنین خصوصیات فیزیکی و شیمیائی علف کش دارد. رونشینی علف‌کش‌ها در خاک باید به مفهوم توزیع آن در خاک بدون در نظر گرفتن مکانیسم مشخص باشد. پیچیدگی خاک‌ها به اندازه ای است که در بعضی مواقع چندین مکانیسم موثر بر رونشینی می‌توانند در آن فعال باشند. فرایند رونشینی نقش اصلی را در تعیین سرنوشت محیطی علف‌کش‌ها دارد. رونشینی تقریباً تمام فرایندهای سرنوشت از جمله فراریت، قابلیت دسترسی زیستی به علف کش، تجزیه زیستی، تجزیه

نـوری و هیـدرولیز را تحـت تـاثیر قـرار مـی‌دهـد (Dyson, 2002).

ضـرایب رونشـینی علـف‌کـش‌هـا در خـاک بـه روابط متقابـل بـین علـف کـش، خـاک و فـاز مـایع دارد، و اثرات متغیرهای محیطی یا آزمایشی از قبیـل میزان مواد آلی و نوع آن، میزان رس و نوع رس‌هـا، نسبت بـین رس بـه مـواد آلـی، سـطح ویـژه خـاک، اسیدیته، درجه حرارت، غلظـت مـواد آلـی محلـول، غلظت علف کش، زمان رسـیدن بـه حالـت تعـادل، روش‌های جداسازی دو فاز مایع و جامد بر ضـرایب رونشینی علف‌کش‌ها در خاک تاثیر دارند. ضـرایب رونشـینی در مـدل‌هـا بـرای پـیش بینـی غلظـت علف‌کش‌ها در آب یا در آبشوئی سـطحی از سـطح اراضی به دریاچه‌ها و رودخانـه‌هـا بـه کـار مـی‌رود. ضـــرایب رونشـــینی علـــف‌کـــش‌هـــا در خـــاک در مدلســـازی توزیـــع کلـــی آفـــت کـــش‌هـــا در محـــیط اهمیـــت زیـــادی دارنـــد (Lehmann, 1990; Dyson, 2002).

فاکتورهـای آزمایشـی و محیطـی بـر رونشـینی علف‌کش‌ها تاثیر دارند. بـه طـور کلـی رونشـینی بـا افزایش درجه حرارت کاهش می‌یابـد. اثـر اسـیدیته بر رونشینی علف‌کش‌های خنثی (بـدون بـار) نـاچیز است، ولی رونشینی علف‌کش‌های یـونی یـا بـار دار به شدت تحت تاثیر اسیدیته قرار می‌گیرد، زیـرا هـم یونیزاسیون علف کـش و هـم خصوصـیات سـطحی خاک‌ها در اثر تغییر اسیدیته تغییر مـی‌کنـد. ظرفیـت رونشینی علف‌کش‌هـا بـا شـاخص رونشـینی خـاک (Kd) و رونشینی علف‌کش‌ها به مـاده آلـی (Koc) تعریف می‌شود. علف کش‌هائی که با تحرک بسیار زیاد در محیط خاک مشخص مـی‌شـوند بـا ضـریب رونشـینی (Koc) بـالاتر از ۱۰۰ میلـی لیتـر در گـرم مانند کلوپیرالید، نیکوسـولفورون، سولفوسـولفورون و دیکامبا)، در حالی که علف کش‌هـای بـا ضـریب جـذب (Koc) بـالاتر از ۲۰۰۰ میلـی لیتـر در گـرم تحرک ضعیفی (مانند ترایفلورالین، دایکوات، پندی متـالین، دیکلوفـوپ، فنوکسـاپروپ) را در خـاک نشان می‌دهند (Kah, 2007).

$$Koc= (kd \times 100)/ \text{درصد ماده آلی}$$

**آبشوئی سطحی**[1]

آبشوئی سطحی مکانسیم اصلی انتقال علف‌کش ها به منابع آب سطحی و عامل اصـلی آلـودگی ایـن منابع آبی است. یکی از اهداف اصـلی سیسـتم هـای خاک ورزی حفاظتی کـاهش فرسـایش و در نتیجـه انتقال آفت کش‌ها از محل مصـرف اسـت. آبشـوئی سطحی همچنین تحت تاثیر خصوصیات علـف‌کـش ها قرار داد. جـذب بـه طـور مسـتقیم بـر نـوع انتقـال علف‌کش‌ها تاثیر داشته و برای علف‌کش‌هـائی کـه ظرفیـت جـذب بـالائی روی ذرات معـدنی و آلـی دارند مانند گلایفوسیت، ترایفلـورالین، و پـاراکوات انتقال سطحی با فرسایش و انتقال ذرات مرتبط است (Potter, 2004). هرچند، برای بیشتر آفت کش‌ها، انتقـال بـه آب‌هـای سـطحی بـه صـورت حـل شـدن ترکیبات در رواناب‌ها صورت می‌گیرد. برای مثـال، انتقال از طریق رونـاب‌هـا ۸۸ تـا ۹۷٪ از کـل انتقـال الاکلر و سیانازین، ۹۹/۸ ٪ انتقال اترازین، را تشکیل می‌دهد. مشـخص شـده اسـت کـه حلالیـت در آب علف‌کش‌ها مهم ترین خصوصیت آن‌هـا اسـت کـه انتقـال علـف‌کـش‌هـا را از طریـق آبشـوئی سـطحی تحت تاثیر قرار می‌دهد و در واقع تفاوت بـین رفتـار

[1] Runoff

الاکلر و سیانازین و یا بین اترازین و متریبوزین را بیان می‌کند. حلالیت در آب ممکن است بر اساس نوع فرمولاسیون تغییر نماید. برای مثال، میکروکپسول‌ها ی الاکلر حلالیت آن را افزایش داده و انتقال سریع تر آن در ماتریس خاک افزایش داده و حرکت آن را در رواناب در مقایسه با فرمولاسیون‌های تجاری کاهش می‌دهد. حلالیت علف کش متولاکلر برای مثال بیشتر از اترازین است ولی ممکن است این آبشویی به وسیله نوع فرمولاسیون کاهش یافته و آبشوئی آن را در آب-های سطحی در مقایسه با اترازین کاهش دهد. افزایش ماده آلی خاک در لایه سطحی، پایداری و پیوستگی ذرات خاک و کلوئیدها را افزایش و منجر به کاهش معنی داری در فرسایش خاک می-شود. بارندگی نیز یکی از فاکتور های مهم در انتقال باقیمانده علف کش‌ها است. بستگی به زمان بارش پس از استفاده از آفت کش‌ها، شدت آن و فاصله بین دو بارش، بارندگی می‌تواند اثرات متفاوتی در یک مکان مشابه، علف کش‌های مشابه و یا حتی عملیات مشابه باشد. انتقال آفت کش‌ها در خاک مستقیماً به فاصله بین مصرف علف کش و اولین بارندگی بستگی دارد (Lehmann, 1990; Dyson 2002; Wauchope *et al*., 2002).

**تجزیه علف کش‌ها در خاک**

تجزیه علف‌کش‌ها در محیط ممکن است به طریق غیر زیستی (بدون دخالت میکروارگانیسم‌ها) و یا زیستی (میکروبی) صورت گیرد. هیدرولیز، واکنش‌های اکسیداسیون و احیاء و تجزیه نوری (مستقیم و غیر مستقیم) مهم ترین فرایندهای تجزیه غیرزیستی علف‌کش‌ها در محیط هستند. ساختار شیمیایی علف‌کش‌ها، اسیدیته و درجه حرارت خاک مهم ترین فاکتورهایی هستند که تجزیه غیر زیستی علف‌کش‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهند برای مثال، هیدرولیز علف کش‌های سولفونیل اوره[1] در شرایط اسیدی افزایش می‌یابد. مطالعه هیدرولیز علف‌کش ها در ارزیابی پتانسیل آن‌ها در آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی حائز اهمیت است. با آبشویی آفت کش‌ها به آب‌های زیر زمینی و قسمت‌های زیرین و اشباع خاک که تجزیه میکروبی (زیستی) محدود می‌شود، تجزیه غیر زیستی و عمدتاً هیدرولیز مهم ترین فرایند تجزیه (Katagi, 2004).

اهمیت نقش میکروارگانیسم‌ها در تجزیه علف کش‌ها طی دهه های گذشته به خوبی مطالعه شده است. اعتقاد بر این است که تجزیه میکروبی بیش از ۹۰ تمام واکنش‌های تجزیه‌ای را در محیط بر عهده دارند و تقریباً مسیر اصلی تجزیه اغلب آفت کش‌ها، به خصوص در سطح خاک و نزدیک مناطق ریشه گیاه است. باکتری‌ها که در بین میکروارگانیسم‌های موجود در خاک غالب هستند، موجوداتی تک سلولی هستند که به تعداد زیاد (در حدود ۱۰۵ یا بیشتر در هر گرم خاک) وجود داشته و توانائی سازگاری با محیط‌های مختلف و استفاده از مواد شیمیائی متفاوت را به عنوان مواد غذائی دارند. تجزیه علف کش‌ها به وسیله باکتری‌ها احتمالاً به سه نوع وجود دارد، که عبارتند از: (۱) نوعی تجزیه میکروبی که در آن تجزیه علف کش به محض تماس با میکروارگانیسم شروع می‌شود و علف کش یا هر نوع آفت کش به عنوان منبع

[1] Sulfonylurea

انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد، این نوع تجزیه منجر به مصرف علف کش شده و جمعیت میکروبی افزایش می‌یابد. علف کش‌هائی از قبیل گلایفوسیت، سولفونیل اوره‌ها، از این طریق در خاک تجزیه می‌شوند؛ (۲) تجزیه آفت کش پس از یک فاز تاخیری[1] در نتیجه نیاز زمانی میکروارگانیسم‌ها برای سازش با ترکیب علف کش برای تجزیه اتفاق می‌افتد؛ (۳) در این نوع، علف کش به عنوان منبع انرژی برای جمعیت‌های میکروبی قابل استفاده نیست. اگر یک آفت کش نتواند حتی پس از مدت طولانی و دراثر افزودن عناصر غذائی و آب با گذشت زمان به عنوان منبع غذائی برای میکروارگانیسم‌ها مورد استفاده قرار گیرد به عنوان"سخت تجزیه[2]" شناخته می‌شود. تجزیه زیستی علف‌کش ها نه تنها به قابل دسترس بودن آن‌ها برای میکروارگانیسم‌ها بلکه به زنده بودن و فعالیت میکروارگانیسم ها بستگی دارد. فاکتورهای محیطی شامل درجه حرارت، میزان رطوبت موجود در خاک، اسیدیته خاک‌ها، وجود عناصر غذایی، ترکیب گونه‌های میکروبی، توزیع میکروارگانیسم‌ها و علف‌کش‌ها در خاک بر تجزیه آن‌ها در خاک تاثیر گذار هستند ( Kah, 2007).

**خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاکستر حاصل از سوزاندن بقایای گیاهی**

تولید خاکستر و افزوده شدن کربن سیاه به خاک که در نتیجه سوزاندن بقایای گیاهی حاصل می شود به دلیل خصوصیات فیزیکی و شیمیائی متفاوت می‌تواند تغییراتی را در محیط خاک ایجاد نموده و بر سرنوشت علف کش‌ها در خاک تاثیر داشته باشد. پتانسیل بالای رونشینی به دلیل سطح ویژه بالا، داشتن منافذ بسیار ریز[3]، تخلخل زیاد و درجه بالای واکنش سطحی را می توان از مهم ترین خصوصیات کربن سیاه یا خاکستر تولید شده در اثر سوزاندن بقایای گیاهی دانست (Pradhan & Sandle, 1999) . این خصوصیات بستگی به شرایط پیرولیز (تجزیه حرارتی در غیاب اکسیژن)، درجه حرارت و مدت زمان سوختن و نوع بقایای گیاهی دارد. خاکستر حاصل نوعی بقایای غنی از کربن است و خصوصیات کربن به گونه‌ای است که در مقابل تجزیه نسبت به بیوماس مادری (بقایای گیاهی) مقاومت بیشتری دارد. بقایای گیاهی از لحاظ مواد معدنی (غنی از مواد معدنی مانند بقایای برنج) و اسیدیته (کمتر از ۴ تا اسیدیته های بالاتر از ۱۲) با هم فرق می کنند (Lehmann, 2007a). معمولاً، بقایای گیاهان زراعی که خاکستر بیشتری در اثر سوزاندن تولید می کنند، اسیدیته بالاتری دارند. در طول زمان بستگی به نوع بقایای گیاهی سوزانده شده، تغییر اسیدیته (افزایش یا کاهش) امری طبیعی است. برای مثال، با افزودن بقایای سوزانده شده ذرت، اسیدیته خاک در طول یکسال از ۶/۷ به ۸/۱ افزایش یافته است. علت کاهش اسیدیته را می‌توان به اکسیداسیون کربن و تشکیل گروه های اسید کربوکسیل دانست. در صورتی که، افزایش اسیدیته احتمالاً مربوط به نامحلول شدن مواد معدنی قلیائی است (Kookana *et al.*, 2011).

[1] Lag period
[2] Recalcitrant
[3] Micropore

**سوزاندن بقایای گیاهی: اثرات بر میکروارگانیسم‌های موجود در خاک**

خاک دارای موجودات زنده گیاهی و جانوری ریز و درشت، بنابراین خاک یک سیستم زنده است. فعالیت میکروبی گونه هائی مانند ازتوباکتر[1]، اکتینومایست‌ها، و قارچ‌ها، و باکتری‌ها که در تجزیه علف‌کش‌ها در محیط خاک نقش دارند تحت تاثیر عواملی که محیط خاک را تغییر می‌دهند قرار می‌گیرد. تغییر جمعیت میکروارگانیسم‌ها در خاک ممکن است بر فرایندهای بیولوژیکی خاک مانند نیتریفیکاسیون، آمونیاک سازی، تنفس و دیگر فرایندها نیز تاثیر داشته باشد. کاهش موجودات میکروبی هتروتروف و در پی آن افزایش موجودات میکروبی اتوتروف به ویژه آن دسته از موجودات که در چرخه نیتروژن دخالت دارند، گزارش شده است. این کاهش می‌تواند منجر به تلفات نیتروژن از طریق نیترات زدائی[2] و یا آبشویی شود (Lehmann, 2011). در مقایسه با قارچ‌ها، باکتری‌ها به آتش مقاوم‌تر هستند و مکان سوزانده شده را سریع تر تشخیص می‌دهند(Kookana, 2010). تغییرات فیزیکی و شیمیایی که در خاک در اثر آتش به وقوع می‌پیوندد و باعث تاثیر بر جوامع گیاهی می‌شود، می‌تواند روی موجودات میکروبی خاک و جوامع بی‌مهرگان خاکزی اثر بگذارد. اگرچه اثرات جانبی علف‌کش‌ها بر میکروارگانیسم‌های موجود در خاک نسبت به قارچ کش‌ها و حشره کش‌ها کمتر است ولی در صورتی که غلظت آن‌ها در محیط خاک در اثر عملیات مختلف زراعی افزایش یابد، می‌توانند اثرات مضری بر میکروارگانیسم‌ها داشته باشند (Lehmann, 2007a).

مطالعاتی که تاکنون انجام شده است نشان می‌دهد که خاکستر حاصل از سوختن بقایای گیاهی محیطی است که سبب افزایش جمعیت میکروبی خاک می‌شود. برای مثال، افزایش فعالیت میکروبی زمانی که میکروارگانیسم‌ها در خاکستر تلقیح شده‌اند، گزارش شده است. هر چند، اثرات سمیت بالقوه خاکستر بر میکروارگانیسم‌های موجود در خاک و رونشینی سطحی این موجودات در خاکستر حاصل از سوختن بقایای گیاهی نیز گزارش شده است (Kookana *et al*., 2011). از آنجا که مواد غذائی بیشتری در سطوح خاکستر رونشین می‌شود، ممکن است این سطوح شرایط رشد بهتری را برای میکروارگانیسم‌های موجود در خاک فراهم نماید. خصوصیات ویژه‌ای مانند اندازه تخلخل خاکستر ممکن است موجودات شکارگر از قبیل پروتوزوا و نماتدها را حذف نموده و تجمع جمعیت باکتری‌ها و قارچ‌ها را به دنبال داشته باشد. تشکیل کلنی[3] و کاهش فعالیت تنفسی میکروب‌ها در خاک‌هایی که با خاکستر مخلوط شده‌اند افزایش می‌یابد. گزارش شده است که با افزایش میزان خاکستر در خاک‌ها تنفس میکروبی در خاک کاهش می‌یابد. اخیراً تغییر جمعیت جوامع میکروبی در طول زمان در خاک‌هایی که بقایای گیاهی در آن سوزانده می‌شود به طور مبهم گزارش شده است. مشخص نیست که آیا میکروارگانیسم‌ها توانائی فعالیت بر روی مواد غذایی رونشین شده در خاکسترها را دارند. این موضوع، زمینه‌ای است که

[1] *Azotobacter* spp.
[2] .Denitrification
3 colonization

نیاز به تحقیق بیشتر برای مشخص شدن اثرات طولانی مدت کاربرد خاکسترها بر سلامت بیولوژیکی موجودات خاک را دارد (Lehmann, 2007a).

**سوزاندن بقایای گیاهی: اثرات بر فرایندهای تعیین کننده سرنوشت علف‌کش‌ها**

در ارتباط با تاثیر افزوده شدن خاکستر در خاک‌ها در نتیجه سوزاندن بقایای گیاهی و تاثیر آن بر رونشین[1]، حذف رونشین[2]، پایداری[3]، و قابلیت دسترسی زیستی[4] علف‌کش‌ها تحقیقاتی در مناطق مختلف صورت گرفته است. چندین سوال در مورد نقش تغییر خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک‌ها در نتیجه سوزاندن بقایای گیاهی و افزوده شدن خاکستر در محیط خاک مطرح است که در این قسمت با تکیه بر مطالعات انجام شده سعی خواهد شد پاسخ این سوالات داده شود. مهم ترین این سوالات عبارتند از:

۱. آیا سوزاندن بقایای گیاهان زراعی که سبب افزایش خاکستر در خاک‌ها می شود منجر به کاهش کارائی علف‌کش ها و در نتیجه نیاز به افزایش میزان مصرف آن‌ها خواهد شد؟

۲. تا چه اندازه خصوصیات بقایای گیاهی سوزانده شده و توانائی آن‌ها برای واکنش بر علف‌کش ها با گذشت زمان[5] تغییر خواهد نمود؟

۳. نتایج و اثرات افزودن شدن خاکستر به خاک از دیدگاه قابلیت دسترسی زیستی و پایداری علف‌کش‌ها و چگونگی تاثیر آن بر سرنوشت طولانی مدت باقی مانده علف‌کش ها چگونه است؟

۴. آیا سوزاندن بقایای گیاهی می تواند منجر به افزایش و تجمع باقی مانده علف‌کش‌ها در خاک و تشدید اثرات آن‌ها بر گیاهان زراعی در تناوب زراعی شود؟

مطالعات ثابت نموده است که گیاه سوزی علف‌کش‌ها به غلظت آن‌ها در محلول خاک بستگی دارد و عمدتاً به وسیله رونشینی و حذف رونشینی علف‌کش ها در خاک کنترل می‌شود. به دلیل توانائی بالای رونشینی خاکستر افزوده شده پس از سوزاندن بقایای گیاهی در خاک، این عملیات زراعی می تواند غلظت علف‌کش‌ها را در محلول تغییر دهد که پیامدهای آن می‌تواند علاوه بر کاهش کارائی افزایش پایداری در محیط باشد. اثراتی که سوزاندن بقایای گیاهی بر فرایند های تعیین کننده سرنوشت علف‌کش ها دارد در بخش بعدی مقاله مورد بررسی بیشتر قرار گرفته است (Kookana, 2010).

**تاثیر سوزاندن برروشینی- حذف رونشینی[6] علف‌کش‌ها در خاک**

وجود خاکستر حاصل از سوختن بقایای گیاهی در خاک نه تنها جذب علف کش‌ها (و بسیاری از آفت کش‌ها) را در خاک افزایش می دهد، بلکه بر ماهیت مکانیسم جذب برای موجودات زنده و کارائی آن‌ها در کنترل علف‌های هرز تاثیر مهمی دارد. برای مثال، تحقیقات در سال‌های اخیر نشان داده است که خاکسترهای زیستی[7] حاصل از سوختن بقایای برنج و گندم، ۴۰۰ تا ۲۵۰۰ برابر

[1] Sorption
[2] Desorption
[3] Persistence
[4] Bioavailability
[5] Ageing

[6] Sorption–desorption
[7] Biochar

قدرت رونشینی بیشتری در مقایسه با خاک بدون خاکستر داشته است. در واقع، سرنوشت محیطی، اثرات و کارائی علف کش‌ها، دسترسی زیستی[1] و سمیت علف‌کش‌ها به شدت تحت تاثیر مکانیسم رونشینی – حذف رونشینی آن‌ها قرار می گیرد (Xu, 2008; Yang, 2003a). مطالعات انجام شده در سال‌های اخیر در مورد تاثیر سوزاندن بقایای گیاهی بر جذب علف کش‌ها در جدول ۲ آورده شده است. چنین توانائی بالائی در توانائی رونشینی علف کش‌ها ناشی از سطح ویژه زیاد آن‌ها، خصوصیات آروماتیسیته و تخلخل و منافذ ریز خاکستر حاصل از سوختن بقایای گیاهی است. این مسئله در مباحث شیمی ماده آلی خاک در جذب مواد شیمیائی شناخته شده است (Kookana, 2011).

**تاثیر سوزاندن بر تجزیه و قابلیت دسترسی زیستی[2] علف‌کش‌ها در خاک**

علاوه بر تاثیر خاکستر افزوده شده بر رونشین و تجمع علف‌کش‌ها در خاک، ماده آلی موجود در خاک سوبسترائی[3] را برای رشد و فعالیت میکروارگانیسم ها در خاک فراهم می‌کند که نقش مستقیمی در پایداری و تجزیه آن‌ها ایفا می‌کند. جذب، تجزیه و قابلیت دسترسی علف‌کش‌ها در خاک فرایندهائی هستند که برایند روابط متقابل آن‌ها غلظت موجود علف‌کش‌ها و قابلیت دسترسی علف‌کش‌ها در خاک را تعیین می‌کنند (Xu, 2008). افزوده شدن خاکستر در نتیجه سوزاندن بقایای گیاهی می‌تواند دو اثر متناقض بر تجزیه علف‌کش‌ها در خاک داشته باشد؛ برخی محققین افزایش تجزیه علف‌کش‌ها را به دلیل تحریک رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها گزارش نموده‌اند و برخی دیگر کاهش قابلیت دسترسی و موجودیت علف‌کش‌ها را برای میکروارگانیسم‌ها به دلیل رونشینی بیشتر در خاک‌هائی که بقایای گیاهی در آن‌ها سوزانده شده است گزارش کرده اند (Kookana *et al.*, 2010). برای علف کش اترازین، برای مثال، کاهش تجزیه و معدنی شدن این علف کش را در خاک‌هائی که با ۱٪ خاکستر بقایای گندم مخلوط شده است را نسبت به محلول خاک، به دلیل کاهش قابلیت دسترسی علف کش در نتیجه افزایش رونشینی گزارش نموده است. بالعکس، افزایش تجزیه اترازین را با افزایش خاکستر مخلوط شده به خاک از ۰/۱ به ۱ درصد در یک خاک لومی شنی گزارش نموده است (Loganathan, 2009).

محققین دو موضوع را در ارتباط با قابلیت دسترسی و موجودیت علف‌کش‌ها در خاک گزارش نموده‌اند؛ (۱) بخشی از علف کش‌ها با نیروهای رونشینی ضعیف و قابل برگشت در رونشین جذب شده‌اند و توانائی انتقال و رونشین سریع بین فاز جامد و فاز مایع را دارند و (۲) قابل دسترس بودن علف کش‌ها در خاک بستگی به چندین فاکتور از جمله خصوصیات خاک (مقدار ماده آلی، میزان خاکستر حاصل از سوختن و ترکیب فیزیکی و شیمیائی آن‌ها)، خصوصیات علف کش (حلالیت در آب، ضریب رونشین آب-اکتانال) و مدت زمان تماس بین خاک و مولکول علف کش دارد. خصوصیات فیزیکی و شیمائی ماده رونشین کننده (خاک و بقایای گیاهی)

[1] Bioaccessibility
[2] Bioavailability
[3] Substrate

ممکن است اثرات مهمی بر قابلیت دسترسی علف کش‌ها داشته باشد، زیرا گروه‌های مختلف مواد آلی درجات مختلفی از توانائی‌های جذب را دارا هستند (Kookana, 2010). خاکستر حاصل از سوختن بقایای به دلیل داشتن تخلخل بسیار ریز، خصوصیات کربنی و داشتن قدرت واکنشی زیاد رونشینی تاثیر قابل توجهی بر فعالیت میکروبی، تجزیه میکروبی آن‌ها در طول زمان و در نتیجه کارائی و تجمع باقی مانده علف کش‌ها در خاک دارند. در واقع، مشخص شده است اختلاط مقدار کمی از خاکستر گیاهی در خاک تجزیه میکروبی بسیاری از علف کش‌ها و همچنین کاهش قابلیت دسترس آن‌ها را برای گیاه و در نتیجه کاهش کارائی آن‌ها را در بردارد (Yu *et al*., 2009). اثر افزودن خاکستر به خاک بر تجزیه میکروبی، پایداری و رونشین علف کش‌ها توسط گیاه در خاک‌هائی که با علف کش‌ها تیمار شده‌اند اخیراً به وسیله محققیقن به اثبات رسیده است.

**اهمیت زراعی و تاثیر سوزاندن بقایای گیاهی بر کارائی علف کش‌ها**

خاکستر حاصل از سوزاندن بقایای گیاهی پتانسیل ایجاد تغییر بسیاری از خصوصیات فیزیکی، شیمیائی و بیولوژیکی خاک را دارد . اگرچه برخی از فوائد و کاربرد خاکستر های زیستی در کشاورزی گزارش شده است، ولی باید توجه داشت که اثرات منفی بالقوه، شامل رونشینی و غیر فعال شدن علف کش‌ها در خاک، آزاد شدن مواد شیمیائی سمی که ممکن است در خاکستر حاصل از سوختن (برای مثال عناصر سنگین) وجود داشته باشد، افزایش در هدایت الکتریکی (EC) و اسیدیته خاک‌ها و اثرات آن‌ها بر جوانه زنی و فرایندهای بیولوژیکی خاک را می‌توان نام برد. توانائی زیاد خاکسترها در رونشینی علف کش‌ها و کاهش کارائی آن‌ها در کنترل علف‌های هرز مهم ترین اثر آنها بر مدیریت علف‌های هرز است. در واقع، مخلوط نمودن مقدار کمی از خاکسترهای زیستی در خاک سبب رونشینی علف کش‌ها و در نتیجه بازدارندگی تجزیه میکروبی آن‌ها در خاک و کاهش قابلیت دسترسی زیستی آن‌ها به گیاهان می‌شود. این مشاهدات می‌تواند دستاوردهای مستقیمی برای کارائی کلیه آفت کش‌ها در مدیریت مبارزه با آفات و بهینه نمودن مقدار توصیه شده باشد. در استرالیا، ۳۵ سال قبل اثر مواد حاصل از سوختن بقایای (*Paspalum dilatatum* L.) را بر جذب باقی مانده علف کش دایورون از محلول مشاهده نمودند. آن‌ها گزارش نمودند که خاکستر تولید شده سبب کاهش معنی دار گیاه سوزی در مقدار مصرف ۱ کیلوگرم ماده موثر دایورون در هکتار شد. آن‌ها گزارش نمودند که وقتی دو علف کش پیش رویشی، تایوبنکارب و مولینت بر روی خاکستر بقایای گیاه برنج استفاده شده است، کارائی آن‌ها حدود ۶۰٪ کاهش داشته است (Kookana, 2010; Kookana, 2011). در بررسی دیگری، خاکستر تولید شده در اثر سوزاندن بقایای گیاهی برنج و گندم در یک مزرعه رونشین علف کش دایورون را ۲۵۰۰ برابر بیشتر از خاک معمولی افزایش داده است. ثابت شده است که افزایش رونشینی علف کش دایورون در حضور خاکستر گندم، قابلیت دسترسی زیستی، تجزیه میکروبی، و کارائی علف کش را در مقابل علف‌های هرز کاهش داده است. به طور کلی، سوزاندن بقایای گیاهی در شرایط هوای آزاد (پس

از برداشت محصول در مزرعه) متفاوت است. سوزاندن در هوای آزاد با اکسیژن (شرایط طبیعی) نوعی زغال غنی از خاکستر[1] را به وجود می آورد که معمولا میزان کربن آن کمتر و نسبت تبدیل بیوماس به خاکستر آن کمتر است (Yang, 2003). در نتیجه، تفاوت در میزان کربن و خصوصیات شیمی (آروماتیسیته[2]، و درجه تغلیظ[3]) روابط متقابل بین این مواد را با علف کش‌های مصرف شده تحت تاثیر قرار می‌دهد. در کشور ما، هیچ گونه اطلاعاتی در مورد اثرات افزوده شدن خاکستر ها به خاک بر کاهش و یا افزایش باقی مانده، کارائی و سرنوشت آفت کش‌ها وجود ندارد. از دیدگاه زراعی و اقتصادی می‌توان گفت برای مدیریت بهتر علف‌های هرز، ممکن است نیاز به افزایش مقدار مصرف علف کش وجود داشته باشد، که در این صورت، افزایش هزینه نهاده‌ها را به دنبال خواهد داشت. به علاوه، کاهش کارائی علف‌کش های خاک مصرف، در خاک‌هایی که با خاکستر مخلوط شده‌اند منجر به دز کاهش یافته[4] (کمتر از مقدار مورد نیاز) علف‌کش‌ها شده، که چنین دزهای کاهش یافته‌ای می‌تواند منجر به توسعه سریع تر مقاومت به علف‌های هرز شود (Kookana, 2011). در این صورت، برای مدیریت مبارزه با علف های هرز، تنظیم میزان مصرف علف کش بر اساس میزان خاکستر افزوده شده به خاک‌ها ضرورت دارد. بنابراین، ضرورت توجه به معایب محیطی، اقتصادی و زراعی بالقوه در مورد سوزاندن بقایای گیاهی و افزوده شدن خاکستر به خاک ضروری است (Kookana *et al.*, 2010).

**نتیجه گیری و جهت گیری تحقیقات آینده**

مطالعات انجام شده در زمینه اثرات خاکستر حاصل از سوختن بقایای گیاهی که در منابع منتشر شده است قویاً، اثبات می‌کند که کارائی علف کش‌ها به خصوص ترکیبات خاک مصرف احتمالاً در حضور خاکستر حاصل از سوختن بقایای گیاهی در خاک، هنوز نیاز به مطالعه و بررسی بیشتر دارد. چگونگی تحت تاثیر قرار گرفتن این گونه اثرات با گذشت زمان (از مرحله افزوده شدن خاکستر) اهمیت زیادی دارد. پتانسیل رونشینی، قابلیت برگشت به محلول خاک و بالعکس و در نتیجه کاهش تجزیه باقی مانده علف کش ها هنوز به خوبی شناخته نشده است. پاسخ سوالات زیر می‌تواند تا اندازه‌ای جنبه‌های مبهم اثرات افزوده شدن خاکسترها به خاک‌های زراعی را روشن نماید.

۱. سرنوشت و اثرات علف کش‌ها در طولانی مدت در خاک‌های مزارعی که بقایای گیاهی سوزانده شده است چگونه خواهد بود؟

۲. آیا تخلخل‌های ریز موجود در خاکستر افزوده شده به خاک شرایط و محیط را برای میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده علف کش‌ها مناسب یا نامناسب می‌سازد و این موضوع می‌تواند منجر به تجزیه و یا تجمع باقی مانده علف کش‌ها در خاک شود؟

۳. آیا باقی مانده علف کش‌ها در این گونه شرایط هیچ گونه پیامد اکولوژیکی (در صورتی

[1] Ash-rich charcoal
[2] Aromaticity
[3] Condensation
[4] Under-dosing

که فعالیت بیولوژیکی باقی مانده علف کش‌ها) که به تاخیر افتد وجود دارد یا نه؟

۴. از آنجا که ذرات خاکستر بقایای گیاهی موجود در خاک‌ها، از نظر بافت از خاک‌ها سبک تر هستند، احتمال انتقال علف کش‌ها در اثر فرسایش‌های سطحی چگونه و پیامد های حرکت کلوئیدها در انتقال علف کش‌ها و آفت کش های دیگر به خارج از محل مصرف چگونه خواهد بود.

جدول ۱. برآورد تقریبی از سطوحی از محصولات مختلف در ایران که به دلایل مختلف آتش زده می‌شوند.

Table 1. The approximate estimate of different cultivated crop residue burning in Iran

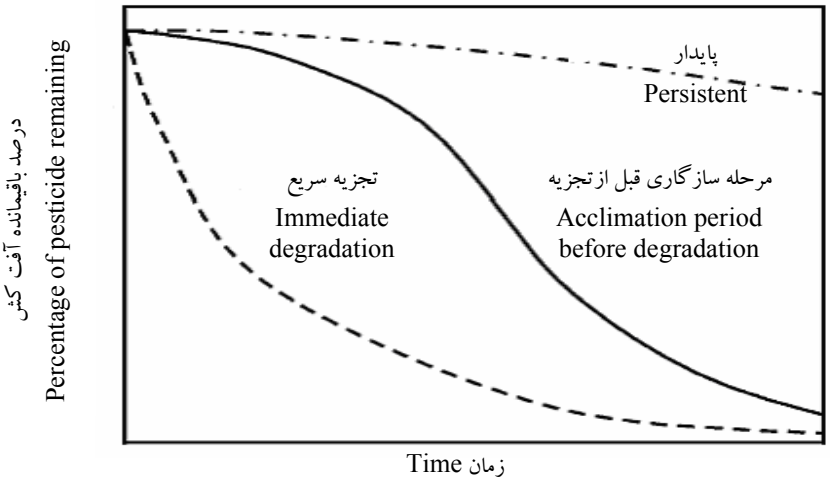
| نام استان | محصولی که آتش زده می‌شود | سطح تقریب محصول آتش زده شده (هکتار) | علت استفاده از آتش |
|---|---|---|---|
| گلستان | بقایای گندم | ۱۰۰۰۰۰ | سهولت کشت دوم محصولات بهاره |
| خوزستان | بقایای گندم | ۱۷۰۰۰۰ | سهولت کشت محصولات بعدی |
| خوزستان | نیشکر | ۶۰۰۰۰ | سهولت در برداشت |
| مازندران | بقایای گندم | ۲۰۰۰ | سهولت کشت محصولات بعدی |
| مازندران | بقایای برنج به صورت گوپه ای | ۱۰۰۰۰ | مبارزه با کرم ساقه خوار برنج |
| گیلان | بقایای برنج به صورت گوپه ای | ۱۵۰۰۰ | سهولت زراعت برنج در سال بعد |
| تهران | بقایای گندم | ۲۰۰۰ | سهولت کشت محصولات بعدی |
| البرز | بقایای گندم | ۳۰۰۰ | سهولت کشت محصولات بعدی |
| کرمانشاه | بقایای گندم | ۱۰۰۰۰۰ | سهولت کشت دوم محصولات بهاره |
| کرمانشاه | بقای ذرت | ۱۵۰۰۰ | سهولت کشت محصول پاییزه |
| اردبیل | بقایای گندم | ۲۰۰۰ | سهولت کشت محصولات بعدی |
| فارس | بقایای گندم | ۶۰۰۰۰ | سهولت کشت محصولات بعدی |
| جمع | | ۵۳۹۰۰۰ | |

کلیه اطلاعات بر اساس براورد کارشناسان خبره استان‌ها جمع آوری شده و سعی شده است حداقل برآورد ذکر شود.

جدول ۲- گزارشات مربوط به رونشینی، قابلیت دسترسی و تجزیه علف کش‌ها در خاک‌هائی که با خاکستر مورد بررسی قرار گرفته اند

Table 2. Some reports of sorption, bioavailability, and persistence of selected herbicides in soils amended with burn straw ashes.

| نوع بقایای گیاهی Crop residues | جاذب و درجه حرارت تولید شده Sorbent and its production temperature | علفکش Herbicide | مشاهدات رونشینی/ حذف رونشینی Sorption/desorption observations | قابلیت دسترسی زیستی و پایداری Bioavailability, persistence |
|---|---|---|---|---|
| بقایای گندم و برنج | خاکستر، سوزاندن در فضای باز مزرعه | امترین دایورون | ۲۵۰۰ برابر رونشینی بیشتر نسبت به خاک؛ ۷۰٪ افزایش در رونشینی خاک (۱٪ وزنی خاکستر) | غیر متحرک شدن دایورون منجربه کاهش کارائی آن شد. |
| بقایای گندم | خاکستر، سوزاندن در فضای باز مزرعه | علف کش-های بنزونایتریل | خاکستر به ازای واحد وزنی ۲۰۰۰ برابر در رونشینی علف کش‌های بنزونایتریل در مقایسه با خاک تاثیر داشت. افزودن ۱٪ خاکستر سبب افزایش ۱۰ برابری در رونشینی به وسیله خاک شد. | تجزیه زیستی علف کش‌ها در ابتدا به وسیله مواد غذائی خاکستر تحریک شد ولی پس از آن در حضور خاکستر به دلیل افزایش رونشینی، تجزیه متوقف شد. |
| بقایای گندم | خاکستر، سوزاندن در فضای باز مزرعه | اترازین | جذب علف کش روی خاکستر به تنهائی ۸۰۰ تا ۳۸۰۰ برابر بیشتر از خاک بود. آزمایشات متوالی نشان داد خاک-هائی که با خاکستر بقایای گیاهی مخلوط شده بود دارای مقادیر بیشتری از اترازین بوده است. | وجود خاکستر تجزیه و معدنی شدن اترازین را به وسیله زودوموناس کاهش داد و تولید دی اکسید کربن در خاک‌های مخلوط شده با حاکستر ۲۰ درصدکاهش یافت. |




شکل ۱. انواع مختلف تجزیه میکروبی آفت کش‌ها

Figure 1. Different types of pesticides microbial degradation

## Reference

## فهرست منابع


**Alletto, L. Coquet, Y., Benoit, P. Heddadj, D. Enrique Barriuso, E.** 2010. Tillage management effects on pesticide fate in soils. A review, Agron. Sustain. Dev. 367–400

**Bedos,C., Génermont, S. Cadre, S. Garcia, Enrique, L. Pierre Cellier, B.** 2009. Modelling pesticide volatilization after soil application using the mechanistic model Volt'Air. Atmospheric Environment, 43:22-23, 36303639

**Dyson J. S., Beulke S., Brown C. D., Lane M. C. G.** 2002. Adsorption and degradation of the weak acid mesotrione in soil and environmental fate implications. J. Environ. Qual. 31:613-618

**Lehmann, J.** 2007a. Bio-energy in the black. Front. Ecol. Environ. 5, 381–387.

**Lehmann J, Rillig M.C. Janice, T. Caroline A. Masiello C,William C. Hockaday , David Crowley**. 2011.Biochar effects on soil biota: A review, Soil Biology & Biochemistry Soil Biology & Biochemistry, 2: 1-25

**Lehmann ,. Rillig , B. Thies, J. . Masiello, C. William, C., Crowle, D.** 2011. Biochar effects on soil biota: A review, Soil Biology & Biochemistry, 1-25.

**Loganathan, V. A.; Feng, Y.; Sheng, G. D. & Clement, T. P.** 2009. Crop-residue derived char influences sorption, desorption and bioavailability of atrazine in soils. Soil Science Society of America Journal, Vol. 73, 3, 967-974,

**Lehmann R. G., Miller J. R., Laskowski D. A**. 1990. Fate of fluroxypyr in soil. II. Desorption as a function of incubation time. Weed Res. 30:383-388.

**Kah, M. S. Beulke, S, and C.D. Brown** .2007. Factors influencing degradation of pesticides in soils. J. of Food Agric. Chem. 55, 4487-4492.

**Katagi, T.** 2004. Photodegradation of pesticides on plant and soil surfaces. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 182:1-195.

**Kookana,R.S., Sarmah, A.K. Van Zwieten, L. Krull, E. and B. Singh**. 2011. Biochar Application to Soil: Agronomic and Environmental Benefits and Unintended Consequences Advances in Agronomy, 112: 104-129.

**Kookana,R.S.,** 2010. The role of biochar in modifying the environmental fate, bioavailability, and efficacy of pesticides in soils: a review Australian Journal of Soil Research, 2010, 48, 627–637.

**McCarty J.L., Korontzi S., Justice C.O., Loboda T.** 2009. The spatial and temporal distribution of crop residue burning in the contiguous United States. Science of the Total Environment, 407: 5701-5712.

**Potter T.L., Truman C.C., Bosch D.D., Bednarz C.** 2004. Fluometuron and pendimethalin runoff from strip and conventionally tilled cotton in the southern Atlantic Coastal Plain, J. Environ. Qual. 33 2122–2131

**Pradhan, B. K. & Sandle, N. K.,** 1999. Effect of different oxidizing agent treatments on the surface properties of activated carbons. *Carbon*,37,. 8,1323–1332

**Ramezani, M.K., Oliver, DP, Kookana, RS, Gill, G, and C. Preston**. 2008. Abiotic degradation (photodegradation and hydrolysis) of imidazolinone herbicides, J Environ Sci Health B. 43,105-12.

**Ramezani; M.K. Mahdavi, V.** 2010. Environmental Impacts and Risks Assessment of Pesticides, Proceeding on half a century of the pesticides usage in Iran, Mar. 2-3, , Tehran, Iran (in Persian).

**Taylor, A.W., and W.F. Spencer.** 1990. Volatilization and vapor transport processes, p. 213–269, In W. Madison, ed. Pesticides in the Soil Environment. Soil Sci.Society of America Book Series, USA.

**Wauchope R. D., Yeh S., Linders J. B. H. J., Kloskowski R., Tanaka K., Rubin B., Katayama A., Kördel W., Gerstl Z., Lane M., Unsworth J. B.** 2002. Pesticide soil sorption parameters: theory, measurement, uses, limitations and reliability. Pestic. Manag. Sci. 58:419-445

**Wauchope, R. D.; Yeh, S.; Linders, J.B.H.J.; Klokowski, R.; Tanaka, K.; Rubin, B.; Katayama, A.; Kördel, W.; Gerstl, Z.; Lane, M. & Unsworth, J. B.** 2002. Review: pesticide soil sorption parameters: theory, measurement, uses, limitations and reliability. Pest Management Science, Vol. 58, 5, 419-445.

**Xu, C.; Liu, W. & Sheng, G. D.** 2008. Burned rice straw reduces the availability of clomazone to barnyardgrass. Science of the Total Environment, Vol 392, 2-3,284-289

**Yang, Y. & Sheng, G.** 2003a. Enhanced pesticide sorption by soils containing particulate matter from crop residue burns. Environmental Science & Technology, Vol. 37, 16, 3635-3639