

چالش‌های مدیریت علف‌های هرز در کشاورزی حفاظتی

سید وحید اسلامی

عضو هیئت علمی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

sveslami@birjand.ac.ir

چکیده

در کشاورزی سنتی، کشاورزان معمولاً از ادوات شخم جهت بهبود ساختار خاک و کنترل علف‌های هرز استفاده می‌کنند. اما در واقع این عملیات سبب آسیب به ساختمان خاک و کاهش حاصلخیزی خاک در درازمدت می‌گردد. با این حال، در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی، عملیات شخم، کاهش یافته و یا به طور کامل حذف می‌گردد. استفاده از این سیستم بدلیل فواید متعددی از جمله محافظت از منابع آب و خاک، بهبود حاصلخیزی خاک، حفاظت خاک از فرسایش و کاهش نیاز کارگری، در سطح جهان گسترش فراوانی یافته است. سیستم کشاورزی حفاظتی بدلیل اثرات ترکیبی حاصل از کاهش یا حذف شخم، حفظ بقایای گیاهی بر سطح خاک و بکارگیری تناوب‌های زراعی متنوع‌تر منجر به تغییرات در جوانه‌زنی، سبز شدن و رشد علف‌های هرز شده و تراکم و تنوع علف‌های هرز را در چنین سیستمی دستخوش تغییر می‌سازد. افزایش اتکا به مصرف علف‌کش‌ها و کشت گیاهان زراعی مقاوم به علف‌کش منجر به ظهور بیوتیپ‌های مقاوم به علف‌کش خواهند شد و لذا علف‌های هرز خصوصاً در سال‌های اولیه تغییر به سمت سیستم کشاورزی حفاظتی، مشکلات عدیده‌ای را ایجاد خواهند کرد که نیاز به اتخاذ استراتژی‌های ویژه‌ای خواهد داشت. این مقاله به بررسی اکولوژی و پویایی جمعیت علف‌های هرز در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی پرداخته و عملیات مدیریتی مؤثر در این راستا را تشریح می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: پویایی جمعیت علف‌های هرز، شکار بذر، کشاورزی پایدار، مدیریت تلفیقی علف‌های هرز.

مقدمه

کشاورزی مرسوم به دلیل تخریب زمین و شرایط اقلیمی غیرمطمئن با معضلات جدی روبرو است. کشاورزی مرسوم در زمین‌های زراعی اساساً به شخم زمین به عنوان عملیات اصلی متکی است (FAO 2013). برای شخم مزایای متعددی همچون نرم شدن خاک، بهبود تهویه، کنترل علف‌های هرز، بهبود وضعیت نگهداری آب خاک و بهبود کلی شرایط برای کاشت بعدی بذر گیاهان زراعی قائلیم. در فرآیند شخم معمولاً زمین دست نخورده برگردانده شده و در این عمل علف‌های هرز نیز از طریق دفن شدن، بریده شدن، قطعه قطعه شدن و یا قرار دادن اندام‌های زیرزمینی شان در معرض خشکی، دچار نابودی می‌شوند (Baker et al. 2007). با این وجود، امروزه دانشمندان به مشکلات زیادی در سیستم‌های زراعی برخورد کرده‌اند که حاصل شخم گسترده و فراگیر بوده است. شخم معمول باعث تجزیه و از بین بردن مواد آلی خاک از طریق معدنی شدن (علی‌الخصوص در مناطق گرم) و به تبع آن زوال خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌گردد. اثرات فیزیکی شخم همچنین بطور نامناسبی ساختمان خاک را دچار دگرگونی ساخته و منجر به کاهش نفوذ آب در خاک و گسترش فرسایش خاک از طریق رواناب و ایجاد سخت لایه در ذیل لایه شخم می‌گردد (Johansen et al. 2012). چنین معضلاتی کشاورزان و محققین را به سمت استراتژی منطقه‌ای کاهش شخم و دستکاری زمین‌های زراعی سوق داده است. اولین قدم در این خصوص بدنبال فرسایش شدید زمین‌های زراعی در پهن‌دشت‌های آمریکا در دهه ۱۹۳۰ برداشته شد. کشاورزان آمریکایی شروع به ترک شخم زدن سنتی کرده و به جای آن،

بقایای گیاهی را در سطح خاک باقی گذارده و بذر محصول بعدی را در داخل بقایا کاشتند. کشاورزان آمریکای جنوبی نیز که با همین معضلات روبرو شده بودند، کشت گیاهان پوششی و استفاده از تناوب های زراعی متنوع را در دستور کار قرار دادند. مجموعه این تلاش ها منجر به ظهور کشاورزی حفاظتی به عنوان راهکاری که هم پایدار و دوستدار محیط زیست بوده و هم سود اقتصادی کشاورز را در درازمدت تامین نماید گردید. طبق تعریف فائو (FAO 2013) کشاورزی حفاظتی سه رکن اصلی به شرح ذیل داشته و بطور فزاینده ای رو به گسترش است:

(۱) اجرای شخم حفاظتی و یا به عبارتی به حداقل رساندن و یا حذف خاک ورزی مکانیکی (بدین منظور باید روشی برای خاک ورزی انتخاب کرد که میزان پوشش سطح خاک از ۳۰٪ کمتر نباشد).

(۲) حفظ پوشش دائمی در سطح خاک علی الخصوص با گیاهان پوششی و بقایای گیاهی

(۳) متنوع ساختن برنامه تناوب های زراعی

کشاورزی حفاظتی مزایای متعددی دارد. این سیستم زراعی اصولاً بر مبنای بهبود فرآیندهای بیولوژیکی در تعاملات بالا و زیر سطح خاک های زراعی است، از جمله کاهش شخم خاک به یک حداقل قطعی و رساندن میزان مصرف نهاده هایی همچون کودهای آلی و شیمیایی به سطحی بهینه که با فرآیندهای بیولوژیکی تداخل ایجاد نکرده و یا موجب آسیب به آنها نگردد (Friedrich et al. 2009). کشاورزی حفاظتی معمولاً نسبت به سیستم های رایج از طریق بهبود وضعیت عملیات زراعی همچون اجرای به موقع تر عملیات زراعی در درازمدت عملکردهای بهتری را ارائه داده و مبنایی برای کشاورزی پایدار فراهم می سازد. در این روش بدلیل افزایش تنوع سیستم و تحریک فرآیندهای بیولوژیکی در داخل و روی سطح خاک، و همچنین بدلیل کاهش فرسایش و آبشویی، میزان استفاده از کودهای شیمیایی و آفت کش ها (از جمله علف کش ها) در درازمدت کاهش می یابد. منابع آبی خاک در این سیستم بدلیل نفوذ بهتر آب و کاهش رواناب سطحی، بهبود می یابد. برآوردهای فعلی نشان می دهد نیروی کارگری در این روش تا ۵۰ درصد کاهش می یابد و به کشاورزان اجازه صرفه جویی در وقت، ماشین آلات و سوخت را می دهد (Friedrich et al. 2012).

در کشاورزی رایج، شخم برگردان یکی از روش های عمده کنترل علف های هرز است. کشاورزان در این روش، خاک را مرتباً شخم می زنند تا علف های هرز را سرکوب کرده و مزرعه پاکی قبل از کشت محصول بعدی داشته باشند. این روش شخم بذور بیسیاری از علف های هرز را دفن می کند، اما بطور همزمان بذور بسیاری را به سطح خاک در جایی که می توانند جوانه بزنند منتقل می کند. سیستم کشاورزی حفاظتی در درازمدت به روش های متعددی تراکم علف های هرز را کاهش می دهد. انتخاب روش بدون شخم یا شخم حداقل در این سیستم با برهم زدن کمتر خاک، بذور کمتری را به سطح خاک آورده و محیط نامساعدی را برای جوانه زنی بذور علف های هرز ایجاد می کند (Baral 2012). همچنین حفظ پوشش دائمی بر سطح خاک (بقایای گیاهی و گیاهان پوششی) علف های هرز را خفه نموده و از رشد آنها جلوگیری می کند. به علاوه بقایای گیاهی از طریق ممانعت از تماس مناسب بذور علف های هرز با سطح خاک از جوانه زنی آنها ممانعت می کند. همچنین متنوع ساختن تناوب های زراعی در کشاورزی حفاظتی چرخه زندگی علف های هرز را که اکثراً همراه با محصولات زراعی خاص هستند مختل نموده و در نهایت از رشد آنها جلوگیری می نماید.

با وجود تمام مزایای ذکر شده برای کشاورزی حفاظتی، علف های هرز در سیستم های کشاورزی حفاظتی مشکلی عمده علی الخصوص در سال های اولیه انتخاب سیستم حفاظتی هستند و لازم است این چالش ها با توجه به گسترش سیستم کشاورزی حفاظتی در کشور با دقت و توجه بیشتری مورد بررسی قرار بگیرد.

تأثیر کشاورزی حفاظتی بر اکولوژی بذور علف های هرز و پویایی جمعیت آنها

فشار انتخاب حاصل از اتخاذ عملیات مدیریتی جدید اعم از کاربرد یک روش شخم، سیستم کشت، تناوب، گیاه پوششی، علف کش و غیره در یک سیستم زراعی معمولاً منجر به تغییراتی در ترکیب و یا تراکم گونه‌های هرز شده و بتدریج سبب حذف گونه‌های حساس به آن عملیات و رشد و گسترش گونه‌های باقیمانده می‌گردد (Manley et al. 2002; Orloff et al. 2009). البته این تغییرات معمولاً در بازه زمانی طولانی رخ خواهند داد. در ذیل تغییرات در پویایی جمعیت علف‌های هرز بدلیل انتخاب سیستم کشاورزی حفاظتی به تفکیک عوامل دخیل در این سیستم مورد بحث قرار می‌گیرند:

الف) خاک‌ورزی:

حذف شخم از سیستم تولید زراعی نه تنها یک روش مهم مدیریت علف هرز را حذف می‌کند بلکه محیطی که در آن رشد می‌کنند را هم دچار تغییر می‌کند و این در نهایت منجر به تغییراتی در فلور علف‌های هرز و تنوع زیستی سیستم خواهد شد (Samarajeewa et al. 2005; Thomas et al. 2004; Young and Thorne 2004). با این وجود میزان و نوع این تغییرات، بسته به منطقه، سابقه مصرف علف‌کش در زمین، گونه علف هرز و گیاه زراعی، اقلیم و عملیات زراعی تغییر می‌کند (Chauhan et al. 2012). تبدیل سیستم شخم رایج به بدون شخم معمولاً تراکم علف‌های هرز و تنوع گونه‌ای را افزایش می‌دهد. معمولاً علف‌های هرز چندساله و یکساله‌های با بذور ریز، که نزدیک سطح خاک جوانه می‌زنند، گونه‌های غالب در سیستم بدون شخم هستند. در مقابل، علف‌های هرز یکساله‌ای که از اعماق مختلف می‌توانند سبز شوند، گونه‌های غالب در شخم سنتی و رایج هستند (Manley et al. 2002). در سیستم‌های شخم کاهشی، جوامع علف‌های هرز معمولاً مشتمل بر علف‌های چمنی یکساله و چندساله، گونه‌هایی که بذرشان با باد منتقل می‌شود و گیاهان زراعی خودرو بوده و در مقابل تراکم گونه‌های دولپه به شدت کاهش می‌یابد. افزایش تراکم گونه‌های چندساله در سیستم حفاظتی طبیعی به نظر می‌رسد چراکه این گیاهان نیاز به محیط‌های با دستکاری کم و پایدارتر دارند (Samarajeewa et al. 2005; Sosnoskie et al. 2006)، در حالی که شخم برگردان موجب قطع بخش‌های هوایی و زیرزمینی این گونه‌ها می‌شود.

در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی، بذور علف‌های هرز در نزدیک سطح خاک باقی می‌مانند و این منجر به تغییر در ترکیب گونه‌ای علف‌های هرز خواهد شد. بذوری که در سطح خاک باقی می‌مانند دو سرنوشت را تجربه خواهند کرد: جوانه‌زنی و شکار شدن. در حالی که احتمال رخ دادن این دو سرنوشت در سیستم‌هایی که بذور در اعماق دفن می‌شوند به شدت کاهش می‌یابد (Fenner and Thompson 2005). به علاوه بذوری که روی سطح خاک یا در نزدیک سطح خاک باقی بمانند معمولاً نرخ مرگ بیشتری داشته و زودتر قابلیت حیات را از دست می‌دهند

(Ebrahimi and Eslami 2012; Eslami 2011; Peachey and Mallory-Smith 2011). شخم حفاظتی معمولاً دمای خاک را در اوایل فصل رشد در مقایسه با شخم سنتی کاهش می‌دهد و با توجه به واکنش متفاوت بذور گونه‌های مختلف به دمای خاک و عمق دفن به لحاظ جوانه‌زنی و استقرار، طبیعی است که ترکیب گونه‌ای این سیستم‌ها متفاوت باشند (Chauhan et al. 2012).

ب) گیاهان پوششی و بقایای گیاهان زراعی

قرار دادن گیاهان پوششی و بقایای آنها به عنوان جزئی اصلی از سیستم‌های حفاظتی می‌تواند پویایی جمعیت علف‌های هرز را تحت تأثیر قرار دهد و بقایای گیاهان زراعی به عنوان مالچ در این سیستم‌ها جوانه‌زنی و سبز شدن بذور علف‌های هرز را متأثر خواهد ساخت (Chauhan 2012; Chauhan and Abugho 2012). مکانیزم‌های متعددی در کاهش دادن سبز شدن و رشد علف‌های هرز وقتی بقایای گیاهان پوششی و گیاهان زراعی در سطح خاک وجود دارند مطرح هستند همچون کاهش نفوذ نور به سطح خاک، ممانعت فیزیکی که منجر به تخلیه ذخیره بذر قبل از سبز شدن می‌شود، افزایش شکار و زوال بذر، کاهش میزان تغییرات و تناوب درجه حرارت روزانه خاک و تولید ترکیبات دگرآسیب.

علف‌های هرز پهن‌برگ یکساله اغلب در سیستم‌های شخم حفاظتی تراکم کمی دارند که احتمالاً به دلیل حضور بقایای گیاهی در سطح خاک و نتیجتاً کاهش نفوذ نور و دما در سطح خاک است. آلودگی به علف‌های چمنی معمولاً در سیستم‌های بدون شخم بیش از سیستم‌های شخم سنتی است (Reeves et al. 2005). به نظر می‌رسد ایجاد سطح خاکی خشن که با بقایای گیاهی در سیستم‌های بدون شخم یا شخم کاهشی پوشیده شده و رطوبت را حفظ می‌کند منجر به تشویق سبز شدن و استقرار علف‌های هرز چمنی (گراس‌ها) می‌گردد (Tuesca et al. 2001). در سیستم‌های شخم حداقل یا بدون شخم، تراکم بالاتر گونه‌هایی که با باد منتشر می‌شوند می‌تواند به حساسیت این گونه‌ها به برهم‌خوردن خاک و یا به بقایای گیاهی موجود در سطح خاک که بذور این علف‌ها را گیر می‌اندازند استناد داده شود.

درجه سرکوب علف‌های هرز توسط گیاهان پوششی در سیستم‌های حفاظتی عمدتاً بستگی به گونه گیاه پوششی و سیستم مدیریتی دارد. به عنوان مثال نشان داده شده که عبور نور از بقایای ماشک گل خوشه‌ای بمراتب بیشتر از بقایای چاودار است که این به پوسیدگی سریع‌تر بقایای ماشک استناد داده می‌شود. بقایای گیاهان پوششی در سیستم‌های بدون شخم بدلیل نزدیکی بقایا به مکان جوانه‌زنی بذر در سطح خاک، می‌تواند جمعیت علف‌های هرز را تحت تأثیر قرار دهد. بقایای گیاهی از یک طرف با کاهش نفوذ نور به سطح خاک، جوانه‌زنی و سبز شدن برخی علف‌های هرز (علی‌الخصوص گونه‌های با بذر ریز نیازمند نور برای جوانه‌زنی) را به شدت کاهش می‌دهند و از سوی دیگر با حفظ بهتر رطوبت خاک ممکن است سبز شدن بذور برخی علف‌های هرز را تحریک سازند. تحقیقات نشان داده که بقایای گیاهی می‌توانند اثرات انتخابی بر بازدارندگی سبز شدن علف‌های هرز در شرایط محیطی متفاوت داشته باشند. در شرایط خاک‌های خشک، بقایا رطوبت خاک را در سطوحی که مطلوب‌تر از خاک برهنه است حفظ می‌کنند، در مقابل در خاک‌های اشباع، بقایای گیاهی می‌تواند خشک شدن خاک را کند کرده و منجر به ممانعت از سبز شدن علف‌های هرز حساس به شرایط اشباع گردد (Gallagher et al. 2003). بقایای گیاهی که زودتر تجزیه شده و نیتروژن بیشتری به خاک اضافه می‌کنند (نسبت کمتر C : N دارند) همچون بقایای گیاهان لگوم معمولاً در مقایسه با بقایای گندمیان منجر به تحریک بیشتر سبز شدن علف‌های هرز می‌شوند. البته مواردی هم مشاهده شده که بقایای لگوم باعث ممانعت از جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز شده که این به تولید مواد دگرآسیب توسط این بقایا استناد داده شده است (Eslami 2014).

بقایای گیاهی موجود در سطح خاک علاوه بر کاهش شدت نور، کیفیت نور را نیز، از طریق عمل به عنوان یک فیلتر، تغییر می‌دهند (Christoffoleti et al. 2007). نور قرمز دور که در زیر سایه کنوپی‌های سبز بوفور وجود دارد نیز از جوانه‌زنی ممانعت می‌کند، ولیکن بقایای گیاهی خشک شده تأثیر مختصری بر نسبت نور قرمز به قرمز دور داشته و بدین لحاظ تأثیری بر جوانه‌زنی بذور علف هرز نخواهند داشت. حفظ سطح مناسبی از بقایای گیاهی بر سطح خاک، جهت مدیریت موفق علف‌های هرز ضروری است. مشخص شده که سیستم‌های بدون شخمی که سطح کافی از بقایا را در سطح خاک نداشته باشند افزایش تراکم علف‌های هرز را خواهند داشت (Amuri et al. 2010).

از مهمترین خصوصیات شیمیایی خاک که بقایای گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند می‌توان به نسبت کربن به نیتروژن و محتوای نترات خاک اشاره کرد. نسبت پایین کربن به نیتروژن بقایای گیاهی منجر به تجزیه سریع‌تر آنها می‌گردد، که البته توسط شرایط محیطی نیز تحت تأثیر واقع می‌شود. نترات تنها یون رایج معدنی در محلول خاک است که جوانه‌زنی بسیاری از گونه‌های علف هرز را متأثر ساخته و معمولاً در لایه فوقانی خاک بدلیل تجزیه مواد آلی و فعالیت میکروبی در غلظت‌های بالا دیده می‌شود. لذا افزودن بقایای گیاهی می‌تواند نسبت کربن به نیتروژن را کاهش داده و بطور غیر مستقیم منجر به تحریک جوانه‌زنی و سبز شدن علف‌های هرز شود.

پ) تناوب زراعی

تناوب زراعی از طریق ایجاد تفاوت و تنوع در عملیات زراعی، توان رقابتی و علفکش‌های مورد استفاده می‌تواند تغییرات گونه‌ای را در جمعیت علف‌های هرز ایجاد کند. تنوع علف‌های هرز در تناوب زراعی در مقایسه با سیستم تک کشتی افزایش می‌یابد و این تنوع بیشتر از غالبیت چند گونه محدود علف هرز مشکل ساز ممانعت می‌نماید. همچنین کاربرد یک علفکش خاص در هر سال در سیستم تک کشتی، فشار انتخاب را برای غالبیت چند گونه علف هرز در جامعه گیاهی افزایش می‌دهد. افزایش تنوع گیاهان زراعی در برنامه تناوب به عنوان اصلی مهم در کشاورزی حفاظتی در درازمدت مزایایی در جهت کاهش تولید بذور علف هرز داشته و منجر به ایجاد وضعیتی می‌شود که بذور کمتری در بانک بذر خاک وارد می‌شوند (Murphy et al. 2006). تناوب‌های زراعی متنوع در مقایسه با سیستم تک کشتی از نظر نور عبور داده شده از کانوپی گیاهی، نوع علفکش مورد استفاده، زمان انجام عملیات زراعی و دشمنان طبیعی که همراه با گیاه زراعی زندگی می‌کنند متفاوت بوده و این موضوعات احتمالاً شرایط را برای غالبیت یک گونه علف هرز در جوامع علف‌های هرز مشکل می‌سازد (Eslami 2014).

دوره‌ای که بذور علف‌های هرز در خاک زنده باقی می‌مانند ترکیب گونه‌ای آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین تناوب‌های متنوع که گیاهان زراعی با چرخه زندگی متفاوت را دربرمی‌گیرند می‌توانند منجر به مزایای بیشتری به لحاظ نقش آنها در محدودسازی جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز (علی‌الخصوص وقتی میانگین زنده‌مانی در بانک بذر کوتاه باشد) شود (Martin and Felton 1993). تغییرات گونه‌ای علف‌های هرز بشدت وابسته به حساسیت گونه علف هرز به عملیات مدیریتی علی‌الخصوص علفکش‌های مورد استفاده است (Manley et al. 2002).

ترکیب گونه‌ای علف‌های هرز توسط طراحی تناوب زراعی تحت تأثیر واقع شده و پویایی جمعیت علف‌های هرز به مقدار زیادی به نوع گیاهان زراعی که در برنامه تناوبی وارد می‌شوند وابسته است (Anderson and Beck 2007). تغییرات برنامه مدیریتی از یک گیاه زراعی به گیاه زراعی بعدی در برنامه تناوب می‌تواند منجر به تغییر سریع در ترکیب و فراوانی بانک بذر علف‌های هرز از سالی به سال دیگر شود (Smith and Gross 2006; Young and Thorne 2004). قرار دادن آیش در برنامه تناوب اثر مهمی بر جمعیت علف‌های هرز داشته و منجر به کاهش و یا حذف تولید بذور گونه‌های علف هرز شده است (Hume et al. 1991; Anderson and Beck 2007).

ت) علفکش‌ها

حذف شخم در سیستم کشاورزی حفاظتی، کشاورزان را به مصرف علفکش‌ها برای کنترل علف هرز وابسته‌تر می‌سازد. علفکش‌ها می‌توانند تراکم بذر و ترکیب گونه‌ای را تحت تأثیر قرار دهند. بسته به سیستم گیاه زراعی/ علفکش، بذور برخی گونه‌ها در بانک بذر کاهش و بعضی دیگر افزایش می‌یابد. تغییرات در ترکیب گونه‌ای به خاطر مصرف علفکش‌ها در جهت انتخاب و غالبیت گونه‌های کمتر حساس به علفکش بوده و زمانی که علفکش‌های یکسان بطور مداوم تکرار شوند معمولاً تغییری تدریجی به سمت گونه‌های مقاوم رخ خواهد داد (Orloff et al. 2009). شدت فشار انتخاب حاصل از مصرف علفکش‌ها منجر به ایجاد بیوتیپ‌های مقاوم علف هرز و یا تغییراتی در وفور نسبی یک گونه علف هرز در جامعه علف‌های هرز می‌گردد (Owen 2008).

همچنین کشت گیاهان زراعی مقاوم به علفکش در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی منجر به فشار انتخاب بیشتری بر جامعه علف‌های هرز بدلیل محدودیت تعداد علفکش‌های قابل استفاده شده و این، افزایش فشار انتخاب منجر به تغییرات جمعیت علف‌های هرز را افزایش خواهد داد (Owen and Zelaya 2005). به عنوان مثال کشت پنبه مقاوم به بروموکسینیل منجر به غالبیت علف‌های هرز خرفه و اوپارسلام زرد شد (Reddy 2004). همچنین استفاده و کشت گیاهان زراعی مقاوم به گلاپوسیت امروزه در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی که بدلیل حذف شخم، وفور بالایی از علف‌های هرز دارند شیوع یافته

و این در درازمدت موجب تغییرات جمعیتی در جهت گسترش علف‌های هرز مقاوم به گلایفوسیت خواهد شد (Hilgenfeld et al. 2004; Owen 2008; Wilson et al. 2007).

(ث) شکار بذر

بذور علف‌های هرز به واسطه مرگ حاصل از پیری، حملهٔ شکارچی‌ها، زوال بذریه و جوانه‌زنی از بانک بذر خارج می‌شوند. حضور بقایای گیاهی موجود در سطح خاک در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی برای گونه‌های متنوعی از حشرات، پرندگان و دامنهٔ وسیعی از بی‌مهرگان ایجاد زیستگاه کرده و آنها را جلب می‌نماید (Andersen 2003). باقی‌گذاشتن بذور علف‌های هرز در سطح یا نزدیکی سطح خاک در کشاورزی حفاظتی، امکان شکار بذور علف‌های هرز را افزایش می‌دهد. نرخ شکار بذور بین ۳۲ تا ۷۰ درصد به اندازهٔ کنترل مکانیکی علف‌های هرز مؤثر بوده و این عامل موجب خروج مقادیر بالاتری از بذور علف‌های هرز از بانک بذر نسبت به پیری بذریه یا فعالیت میکروبی می‌گردد (Westerman et al. 2003). چونندگان، پرندگان، مورچه‌ها، سوسک‌های خاکی و ملخ‌ها شکارچی‌های مهم پس از پراکنش بذور بوده و تا ۹۰ درصد خروج بذور از بانک بذر را باعث می‌شوند (Navntoft et al. 2009). شخم از سه طریق بر شکار بذر تأثیر منفی می‌گذارد: (۱) بذور علف‌های هرز می‌توانند به اعماق بیش از مکان فعالیت شکارچی‌ها منتقل شوند؛ (۲) شکارچی‌های بذریه می‌توانند در طی شخم کشته شوند؛ (۳) زیستگاه‌های حیاتی برای شکارچی‌ها توسط شخم تخریب می‌گردد (Brainard et al. 2013).

کشت گیاهان پوششی در کشاورزی حفاظتی نیز به طور غیر مستقیم از طریق افزایش جمعیت شکارچی‌های بذور علف‌های هرز در مدیریت علف‌های هرز مشارکت می‌کند. بقایای گیاهی به لحاظ تأمین زیستگاه برای شکارچی‌های بذر در تناوب‌های زراعی مختلف، ویژگی‌ها و فواید متفاوتی را نشان داده‌اند. به عنوان مثال خورده شدن بذور گاوپنبه توسط شکارچی‌ها در تناوب ۴ ساله ذرت- سویا- تریتیکاله- یونجه بیش از تناوب ۲ ساله ذرت-سویا بود (Westerman et al. 2005). بذور علف‌های هرز با توجه به اندازه، سختی پوشش بذر، وضعیت متابولیت‌های ثانویه و ارزش غذایی، قابلیت‌های متفاوتی را برای خورده شدن توسط شکارچی‌ها داشته و در این خصوص حتی تفاوت‌های داخل گونه‌ای زیادی دیده می‌شود (Davis et al. 2013).

میکروارگانیزم‌ها تشکیل دهندهٔ مجموعهٔ دیگری از دشمنان بذور در بانک بذر علف‌های هرز هستند. بسیاری از بذور تازه ریزش یافته علف‌های هرز به حملهٔ میکروبی یا قارچی شدت مقاومت، ولیکن با پیری و هوادیدگی بذور در خاک، پوشش بذور نهایتاً متخلخل‌تر شده و و بذور را به حملهٔ میکروبی آسیب‌پذیرتر می‌سازد. استفاده از گیاهان پوششی موجب بهبود وضعیت جوامع قارچی، باکتریایی و مایکوبریایی که برای علف‌های هرز مرگبار بوده و برای گیاهان زراعی مفیدند می‌گردد (Norris and Kogan 2000). شخم حفاظتی شرایط مطلوبی را برای جمعیت میکروبی ایجاد می‌نماید. تحقیقی در برزیل نشان داد شخم حفاظتی موجب افزایش ۴۵ درصدی مادهٔ آلی خاک و بهبود ۸۳ درصدی جمعیت میکروبی در یک دورهٔ ۲۰ ساله در مقایسه با شخم سنتی شد (Balota et al. 2004).

راهکارهای مدیریتی جهت مرتفع نمودن چالش‌ها

الف) اقدامات پیشگیرانه

طبیعی است که اتخاذ روش‌های پیشگیرانه مدیریت علف‌های هرز به مراتب کم هزینه‌تر و به نوعی ساده‌تر از روش‌های کنترلی و ریشه‌کشی خواهد بود، چراکه مهار علف‌های هرز پس از استقرار بسیار مشکل است. این اقدامات بازدارنده شامل استفاده از بذر پاک، استفاده از کود دامی پس از پوسیدگی کامل، تمیز کردن دروگرها و ادوات کشاورزی، اجتناب از عبور و مرور ماشین آلات کشاورزی در مناطق آلوده به علف هرز و عدم استفاده از خاک این مناطق، حذف علف‌های هرز از نزدیکی

جوی‌های آبیاری، فنس‌ها، راهروها و سایر زمین‌های غیر مزروعی، جلوگیری از تکثیر علف‌های هرز، استفاده از توری‌ها جهت گیرانداختن بذور علف‌های هرز موجود در آب‌های مورد استفاده در آبیاری مزرعه، محدود ساختن حرکت دام‌ها به مناطق غیرآلوده به علف هرز به علاوه پایبندی به قوانین قرنطینه‌ای مربوط به علف‌های هرز و بذور آنها می‌باشد (Chauhan et al. 2012). معمولاً در زمین‌های زراعی که به جای استفاده از بذور بوجاری شده از بذور سال قبل برای کشت استفاده می‌شود، احتمال آلودگی به علف‌های هرز بسیار بالاست. سطح آلودگی بذور گیاه زراعی توسط بذور علف هرزی که به لحاظ شکل و اندازه به بذور گیاه زراعی شبیه‌اند به شدت افزایش خواهد یافت (Christoffoleti et al. 2007). یکی از اقدامات مهم جهت داشتن بذور عاری از بذور علف هرز، اتخاذ روش‌هایی است که مانع انتشار بذور علف‌های هرز از یک منطقه به منطقه دیگر و یا از یک گیاه زراعی به گیاه زراعی دیگر می‌شود. تجهیزات کشاورزی موجب انتقال بذور علف‌های هرز در مسافت‌های طولانی می‌شوند (Boyd and White 2009). ماشین آلات مورد استفاده در عملیاتی همچون برداشت، موور زدن، بسته بندی علوفه، شخم و خاک‌ورزی قابلیت انتشار بذور و اندام‌های تکثیری رویشی علف‌های هرز را دارند. کمباین‌ها ابزارهای ایده‌آلی برای انتشار بذور علف‌های هرز هستند که گاهی تا مسافت‌های ۱۶ برابر مسافت پراکنش طبیعی، بذور علف‌های هرز را پراکنده‌اند (Walsh and Newman 2007; Shirliffe and Entz 2005). استفاده از گاری‌های جمع‌کننده کاه و کلش^۴ بدنبال ماشین برداشت می‌تواند روش مدیریتی مؤثری در کاهش انتشار بذور علف هرز باشد (شکل ۱). کلش جمع‌آوری شده معمولاً بهتر است سوزانده شده و یا برای تغذیه دام آسیاب شود. برخی محققین استفاده از یک بسته‌بند بدنبال دروگر جهت بسته‌بندی کلش همراه با بذور علف‌های هرز را توصیه کرده‌اند تا بعداً به مصرف تغذیه دام برسد (Walsh and Powles 2004). یک استراتژی دیگر، ریختن کلش به صورت ردیف روی زمین^۵ پس از خروج از دروگر و سپس سوزاندن آن است. مشخص شده سوزاندن ردیف کلش ریخته شده روی زمین موجب تخریب بذور علف‌های هرز به میزان ۸۰ درصد شد در حالی که سوزاندن کلش ایستاده تنها ۲۰ درصد تخریب بذور علف هرز را بدنبال داشت (Walsh and Newman 2007). شستن دقیق چرخ‌های تراکتور، ابزارآلات مورد استفاده در آماده ساختن زمین و کشت و کمباین‌ها نقش حیاتی در مدیریت پیشگیرانه علف‌های هرز دارد.



شکل ۱- گاری جمع‌کننده کاه و کلش (Chaff cart) که بدنبال کمباین وصل شده است.

پس از آلودگی به علف‌های هرز، طراحی برنامه‌ها باید به گونه‌ای باشد که بازیابی و توان تولید بذور علف‌های هرز در کوتاه‌مدت بشدت کاهش یابد. دانشمندان سیستم‌های کنترل بذور علف‌های هرز را در هنگام برداشت معرفی ساخته‌اند که

^۴ Chaff cart

^۵ Windrow

بذور علف های هرز را در طی عملیات برداشت گیاهان زراعی هدف قرار داده و ورود بذور علف های هرز به بانک بذر را به حداقل می رساند (Walsh et al. 2013). از جمله تکنولوژی ها و روش های مورد استفاده در این سیستم می توان به استفاده از گاری های کلش جمع کن، سوزاندن ردیف های کلش بر روی زمین، بسته بندی کلش و منهدم کننده بذور هارینگتون^۶ اشاره کرد (شکل ۳).



شکل ۲- سوزاندن کلش ردیف شده بر روی زمین پس از برداشت گندم.

ب) گیاهان پوششی و بقایای گیاهان زراعی

کشت گیاهان پوششی در سیستم های کشاورزی حفاظتی فواید متعددی دارد که یکی از آنها سرکوب علف های هرز از طریق اثرات فیزیکی و همچنین آلوده شیمیایی است (Reeves et al. 2005). گیاهان پوششی به دو شکل می توانند رشد و زندگی علف هرز را متأثر سازند، یکی به شکل گیاه زنده و دیگری به شکل بقایای گیاهی مرده. گیاهان پوششی زنده معمولاً از طریق سایه اندازی، خفه کردن از طریق تراکم بالا و رقابت در کنترل علف های هرز مؤثر واقع می گردند. برخی گیاهان پوششی نیز از طریق تولید مواد دگر آسب جوانه زنی و یا رشد بعدی علف های هرز را مانع می شوند، همچون یولاف، چاودار، ماشک و شبدر شیرین.



شکل ۳- منهدم کننده بذور هارینگتون (HSD).

⁶ Harrington Seed Destructor

وقتی گیاهان پوششی از بین برده شوند، بقایای آنها که به صورت مالچ روی سطح خاک باقی گذاشته می‌شوند از سبزشدن علف‌های هرز ممانعت می‌نمایند. بقایای گیاهی موجود روی سطح خاک می‌توانند بقا و جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز، ترکیب گونه‌ای و همچنین کارایی علف‌کش‌ها را تحت تأثیر قرار دهند. تأثیر منفی بقایای گیاهان زراعی و پوششی بر میزان و مدت سبزشدن و زیست توده علف‌های هرز در مطالعات متعددی به اثبات رسیده و در این خصوص افزایش میزان بقایا همواره این اثرات را شدیدتر ساخته است، ولیکن درجه تأثیر بستگی به گونه گیاه زراعی و همچنین علف هرز داشته است (Chauhan and Abugho 2013).

کشت گیاهان پوششی یکساله تابستانه نیز یک استراتژی مفید برای سرکوب علف‌های هرز است چراکه در بسیاری از سیستم‌های زراعی، فاصله نسبتاً زیادی بین برداشت گیاهان زمستانه و کشت گندم وجود دارد و حتی در بسیاری از موارد بین برداشت گیاهان زراعی تابستانه و کشت گندم نیز فاصله زمانی موجود بوده و علف‌های هرز با استفاده از این نیچ خالی در این دوره به خوبی رشد یافته و گسترش می‌یابند. لذا کشت یک گیاه پوششی تابستانه با رشد خوب و قابلیت سرکوب علف‌های هرز می‌تواند جلوی رشد و نمو علف‌های هرز را در اواخر تابستان بگیرد (Kumar et al. 2011).

برخی گیاهان پوششی محتوی متابولیت‌های دگرآسیب بوده و بدین طریق نیز از جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز ممانعت می‌کنند. گزارش شده گونه‌های مختلف براسیکا همچون تربچه وحشی (*Raphanus raphanistrum* L.)، خردل سفید (*Sinapis alba* L.) و خردل سیاه (*Brassica nigra* L.) ترکیبات ایزوتیوسیانات و مشتقات گلوکوزینولات دارند که خصوصیات آفت‌کشی و علف‌کشی دارند (Malik et al. 2008; Norsworthy and Meehan 2005).

گیاهان پوششی خانواده گندمیان همچون چاودار پتانسیل خوبی برای سرکوب علف‌های هرز در سیستم‌های شخم کاهشی گیاهان زراعی ردیفی نشان داده‌اند (Reeves et al. 2005; Price and Norsworthy 2013). این گروه از گیاهان هم به طریق فیزیکی و هم آلودشیمیایی توان کنترل علف‌های هرز را دارند.

اگرچه خواص دگرآسیبی برای برخی گیاهان پوششی لگوم نیز گزارش شده است، ولیکن سرکوب شیمیایی علف‌های هرز توسط اکثر گیاهان پوششی رایج، تشخیص داده نشده است (Adler and Chase 2007; Price et al. 2008) و کنترل موفق علف‌های هرز اساساً به تولید زیست توده بالا نسبت داده می‌شود که بدین طریق با سایه‌اندازی، از جوانه‌زنی علف‌های هرز ممانعت می‌کنند. با این وجود، گیاهان لگوم معمولاً نسبت کربن به نیتروژن پایینی دارند و بدین لحاظ در مقایسه با سایر گیاهان پوششی خیلی سریع‌تر تجزیه شده و این موضوع، پتانسیل کنترل علف‌های هرز را در طول فصل رشد کاهش می‌دهد. تحقیقات متعددی اثبات کرده‌اند که گیاهان پوششی لگوم در سیستم‌های شخم کاهشی، بهترین عملکرد سرکوب علف‌های هرز را زمانی داشته‌اند که مخلوط با گیاهان پوششی گندمیان کشت شده‌اند (Reberg-Horton et al. 2012). پتانسیل سرکوب علف‌های هرز توسط گیاهان پوششی به نوع گونه گیاه پوششی، روش از بین بردن گیاهان پوششی و مدیریت بقایا وابستگی دارد. ترکیب فیتوتوکسین‌ها در بین و درون گونه‌ها متفاوت بوده و میزان کلی تولید این مواد می‌تواند به تنش‌های زنده و غیرزنده وابسته باشد (Wortman et al. 2013). معمولاً مخلوط متنوعی از گیاهان پوششی دارای خواص آللوپاتیک خواهد توانست دامنه وسیع‌تری از علف‌های هرز را سرکوب نماید. جوامع مخلوط گیاهان پوششی همچنین در بهبود پوشش زمین و مکانیزم‌های فیزیکی سرکوب علف‌های هرز مؤثر واقع می‌شوند (Teasdale et al. 2007; Wortman et al. 2012). جهت به حداکثر رساندن سرکوب علف‌های هرز، از گیاهان پوششی با بقایای زیاد که حداقل ۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار زیست توده برای پوشش سطح خاک فراهم سازند استفاده می‌شود (Balkcom et al. 2007). اختلاط بقایای گیاهان پوششی با خاک جلوی استقرار علف‌های هرز را می‌گیرد ولیکن چنین اثری را معمولاً به خاطر اثرات مرتبط با اندازه بذر بر جوانه‌زنی و سبزشدن گیاه زراعی ندارد (Haramoto and Gallandt 2005). مدیریت تاریخ کشت گیاهان پوششی در پاییز و یا تاریخ خاتمه دادن به رشد آنها در بهار می‌تواند سطح بالاتری از سرکوب علف‌های هرز را حاصل

نماید (Mirsky et al. 2011). اصولاً میزان پوشش سطح زمین در بهار تحت تأثیر تاریخ کشت در پاییز است. میزان همزمانی بین سبزشدن علف‌های هرز و وجود بیوماس بالایی از گیاهان پوششی، نقش ویژه‌ای در دامنه سرکوب علف‌های هرز دارد. به تأخیر انداختن خاتمه رشد گیاهان پوششی موجب کاهش معنی‌دار تراکم علف‌های هرز می‌شود (Mirsky et al. 2011; Duiker and Curran 2005). با این وجود، خاتمه دادن زودتر به رشد گیاهان پوششی می‌تواند از کاهش رطوبت خاک جلوگیری کرده و به گرم شدن زودتر خاک کمک کند، در حالی که خاتمه دادن دیرتر مقدار بقایای تولیدی را افزایش داده و منجر به افزایش سرکوب علف‌های هرز می‌شود و بر این اساس در هر منطقه و شرایط اقلیمی و زراعی بایستی زمان خاتمه دادن بر اساس تعادلی بین این دو وضعیت باشد. (Balkcom et al. 2007).

رشد گیاهان پوششی می‌تواند از طریق شرایط اقلیمی (همچون مرگ زمستانه)، بطور شیمیایی و یا از طرق مختلف مکانیکی (همچون شخم زدن، دیسک زدن، برش و یا کوبنده دوار^۷) خاتمه یابد (Teasdale et al. 2007). مناسب ترین روش خاتمه به رشد بستگی به اهداف مدیریتی مزرعه دارد. وقتی هدف اصلی بهبود مدیریت علف هرز است، روش‌های خاتمه‌ای که منجر به ایجاد حداکثر میزان پوشش بقایا در سطح خاک و حداقل بهم خوردگی خاک شوند، بیشترین پتانسیل ممانعت از سبزشدن و رشد علف‌های هرز را خواهند داشت (Teasdale et al. 2007). در عین حال، وقتی بقایا پتانسیل دگرآسیبی و تولید سطح بالایی از فیتوتوکسین‌ها را داشته باشند، روش‌های خاتمه‌ای که اختلاط بقایا در خاک را باعث شوند، مؤثرتر خواهند بود (Rice et al. 2012). بسیاری از روش‌های مکانیکی خاتمه رشد گیاهان پوششی مشکل رشد مجدد گیاهان پوششی را داشته است. کوبنده دوار این مشکل را رفع کرده و لذا در سال‌های اخیر استفاده از کوبنده دوار در مزارع بدون شخم آمریکا گسترش فراوانی یافته و رایج شده است، با این وجود زمان کوبش گیاهان پوششی و خاتمه به رشد آنها بدون استفاده از علفکش به نوع گونه گیاهی وابسته است (Reberg-Horton et al. 2012). کوبنده دوار از یک سیلندر بزرگ تشکیل شده که پره‌های برآمده‌ای بر روی آن نصب شده و وقتی دستگاه بر روی زمین کشیده می‌شود با چرخش بر روی گیاهان پوششی سبب کوبش آنها شده و یک لایه ضخیم و یکنواخت از بقایا را روی سطح خاک باقی می‌گذارد (Davis et al. 2010) (شکل ۴).



شکل ۴- نمونه‌ای از کوبنده دوار (Roller crimper) که جهت افزایش وزن با آب پُر می‌شود.

⁷ Roller crimper

پ) تناوب زراعی

ایجاد تنوع در برنامه های تناوب زراعی به عنوان یکی از سه اصل پایه ای کشاورزی حفاظتی، می تواند از طریق تأثیر بر علف های هرز، بیماری های گیاهی، توزیع بهتر ریشه ها، استفاده مناسب از رطوبت، و دسترسی بهتر به عناصر غذایی موجب افزایش عملکرد شود. تناوب زراعی جدای از عملیات خاک ورزی می تواند سبب بهبود مدیریت علف های هرز شود، چراکه تناوب زراعی از طریق تغییر ترکیب بانک بذر و رشد بعدی علف های هرز، ترکیب و جمعیت علف های هرز را تحت تأثیر قرار می دهد (Amuri et al. 2010). معمولاً علف های هرز گرایش به همراهی با گیاهان زراعی با چرخه زندگی مشابه دارند. لذا کشت گیاهان زراعی با چرخه زندگی متفاوت این ارتباط علف هرز- گیاه زراعی را مختل کرده و موجبات مهار علف های هرز را فراهم می آورد. عملیاتی همچون تاریخ کشت و برداشت متفاوت گیاهان متنوع در برنامه تناوب به علاوه علف کش های متفاوت مورد استفاده در گیاهان زراعی مختلف، فرصت هایی را برای کشاورزان فراهم می سازند که جلوی استقرار یا تولید بذر علف های هرز را بگیرند (Locke et al. 2002). راه سازی مزرعه پس از برداشت گیاه زراعی، مقادیر بالایی از نیترات را باقی می گذارد که معمولاً آبیویی شده و یا از مزرعه خارج می گردد. کشت گیاهان غیرلگوم در تناوب به عنوان یک گیاه پوششی، مقادیر اضافی نیتروژن را مصرف نموده و همچنین عناصر غذایی را برای جوانه زنی و رشد علف های هرز کاهش می دهد (Baral 2012).

ت) مدیریت شیمیایی

از آنجایی که در سیستم های کشاورزی حفاظتی، شخم و خاک ورزی به حداقل رسیده و یا بطور کامل حذف می گردد، اتکا به علف کش ها برای کنترل علف های هرز در چنین سیستمی بالا رفته و نقش آنها را ویژه می سازد. علف کش ها ابزارهای مدیریتی کارآمدی هستند و مزایای متنوع و متعددی همچون صرفه جویی در هزینه کارگری و سوخت، نیاز به تلاش کمتر انسانی، کاهش فرسایش خاک، صرفه جویی انرژی، افزایش تولید محصول، کاهش هزینه زراعی، ایجاد انعطاف پذیری در مدیریت علف های هرز و قابلیت کنترل علف های هرزی که کنترل شان سخت است ارائه می دهند (Chauhan et al. 2012). علی رغم این مزایا، نگرانی هایی همچون ایجاد خسارت به گیاهان زراعی که در کشت های بعدی در برنامه تناوبی کشت می شوند، ظهور علف های هرز مقاوم، تغییر فلور علف های هرز (غالبیت گیاهان مقاوم تر به علف کش ها)، آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی، و اثرات درازمدت بر سلامت انسان در مورد علف کش ها وجود دارد (Gallagher et al. 2003). لذا مصرف علف کش ها در سیستم های حفاظتی باید با دقت و احتیاط ویژه صورت بگیرد.

با حذف عملیات شخم اولیه قبل از کاشت در سیستم حفاظتی، علف های هرز در هنگام کشت در زمین وجود خواهند داشت و این نیاز به مصرف علف کش های عمومی پس رویشی همچون گلایفوسیت، پاراکوات و گلیفوسینیت را برای کنترل علف های هرز اجتناب ناپذیر می سازد (Locke et al. 2002). مصرف علف کش های تماسی همیشه ابزار کارآمدی برای کنترل علف های هرز قبل از کاشت نبوده و گلیفوسیت معمولاً انتخاب بهتری است که دامنه وسیعی از گراس ها، جگنیان و علف های هرز پهن برگ را کنترل می کند (Reddy 2004). بستر بذر زود هنگام^۸ رهیافتی مطمئن برای کشتن علف های هرز قبل از کشت در سیستم های کشاورزی حفاظتی است. در این تکنیک، آبیاری و یا یک بارش ملایم منجر به جوانه زنی و سبز شدن بذر علف های هرزی که در لایه فوقانی خاک قرار دارند شده و سپس با استفاده از علف کش های غیرانتخابی به راحتی از بین می روند (Eslami 2014). البته این تکنیک معمولاً سبب تأخیر ۲ تا ۴ هفته ای در کشت گیاه زراعی شده و ممکن است در برخی مناطق منجر به کاهش عملکرد شود. لذا قبل از انجام این تکنیک بایستی تحقیقات مزرعای برای ارزیابی این روش صورت بگیرد.

باقی گذاردن بقایای گیاهی در سطح خاک در سیستم های حفاظتی ممکن است منجر به جذب بخش قابل توجهی از علف کش های پیش رویشی توسط بقایای گیاهی شده و مانع رسیدن آنها به سطح خاک گردد. طبیعی است که وجود سطح بالایی از بقایای

⁸ Stale seedbed

گیاهی در سطح خاک اگرچه جوانه زنی و سبز شدن علف های هرز را کاهش می دهد، از سوی دیگر می تواند کارایی این علف کش های پیش رویی را کاهش دهد. مشخص شده که بقایای گیاهی بین ۱۵ تا ۸۰ درصد از علف کش های مصرفی را جذب خود نموده و کارایی آنها را در سیستم های حفاظتی کاهش می دهد (Chauhan et al. 2012). در مقایسه تجزیه فلوئورون و نورفلورازون در خاک و در بقایای گیاهان پوششی در سیستم حفاظتی کشت پنبه مشخص شد تجزیه این علف کش ها در بقایای گیاهی بمراتب سریع تر از خاک است. نگهداری علف کش ها و تجزیه آنها در بقایای گیاهان پوششی به میل شدید علف کش ها برای اتصال به بقایا و متابولیزم همگام علف کش ها به هنگام تجزیه بقایا نسبت داده شد (Locke et al. 2005). بقایای گیاهی اگرچه ممکن است کارایی علف کش های پیش رویی را کاهش دهند، از سوی دیگر بدلیل نگهداری علف کش ها توسط بقایا، ممکن است علف های هرز جوانه زده در سطح خاک بدلیل مجاورت بذور جوانه زده با بقایا بهتر کنترل شده و از این طریق کارایی آنها افزایش یابد. باقی گذاردن بقایا بر سطح خاک در سیستم های حفاظتی در اکثر مواقع در مجموع سبب کاهش مصرف علف کش شده است. در واقع، مشارکت بقایا در کنترل علف های هرز می تواند امکان اعمال دوزهای پایین تر علف کش را بدهد. استفاده خلافتی از دوزهای کاهش یافته علف کش های پیش رویی می تواند مکمل کنترل علف های هرز توسط گیاهان پوششی و بقایا باشد و ریسک محیطی مرتبط با علف کش های ترایازین و کلرواستامید را کاهش دهد (Gallagher et al. 2003). استراتژی دیگر برای استفاده مؤثر و اقتصادی از علف کش ها در سیستم حفاظتی قسمت کردن علف کش های مصرفی در طی فصل رشد است. در واقع این به کشاورز امکان می دهد کارایی علف کش را در کنترل علف های هرز پس از کاربرد بخش اول، ارزیابی نماید (Ramsdale and Messersmith 2002). بدین وسیله کشاورز میزان مصرف و نوع علف کش های بعدی را بر اساس وضعیت علف های هرز بهتر مدیریت خواهد کرد.

فرمولاسیون علف کش نیز می تواند کارایی آن را در سیستم های حفاظتی تحت تأثیر قرار دهد. ثابت شده که استفاده از فرمولاسیون گرانول در مقایسه با فرمولاسیون مایع در علف کش هایی مثل آلاکلر، سیانازین، متولاکلر و تریفلورالین کارایی بیشتری برای کنترل علف های هرز در سیستم های بدون شخم دارد که به احتمال بسیار مربوط حرکت راحت تر علف کش های گرانول به سطح خاک از بین بقایا در مقایسه با فرمولاسیون مایع دارد که قسمت اعظم آن توسط بقایا جذب و به سطح خاک نمی رسد. به نظر می رسد حرکت ادوات کشت و سایر ادوات زراعی به حرکت گرانول ها به سوی خاک کمک بیشتری می نمایند (Chauhan et al. 2012). فرمولاسیون مفید دیگر در سیستم های کشاورزی حفاظتی، فرمولاسیون های میکروکپسول شده هستند. در واقع در سیستمی که خاک ورزی به حداقل می رسد استفاده از فرمولاسیون هایی که فعالیت باقیمانده علف کش را افزایش داده و به تدریج مواد مؤثره را آزاد کند، امکان کنترل درازمدت علف های هرز در طی فصل رشد را فراهم خواهد ساخت. فرمولاسیون میکروکپسول علاوه بر افزایش فعالیت باقیمانده علف کش، میزان تصعید و تبخیر علف کش را که در فرمولاسیون هایی همچون امولسیون شونده وجود دارد به شدت کاهش می دهد (Mathers and Case 2010).

تقابلات علف کش با بقایای گیاهی می تواند سرنوشت، انتقال و تغییرات علف کش ها را در سیستم های حفاظتی متأثر سازد. بقایای روی سطح خاک یک لایه فرش ضخیم روی خاک پهن می کنند که علف کش ها را جذب می کنند، و وقتی علف کش ها در سطح قرار می گیرند، بیشتر در معرض نور خورشید، دماهای بالا، جریانات هوایی و تبخیر بوده که اینها باعث بیشتر شدن احتمال تجزیه نوری و بخار شدن علف کش می شوند. لذا علف کش های خاک مصرف با فشار بخار بالا همچون EPTC، تریفلورالین، و پندیمتالین پتانسیل بالایی برای بخار شدن، علی الخصوص در سیستم های حفاظتی که به هم زدن خاک به حداقل می رسد، دارند (Monaco et al. 2002). با این وجود علف کش هایی که میل اتصال بالایی با بقایا دارند، پتانسیل بخارشوندگی بسیار کمتری دارند، هر چند تجزیه علف کش ها در بقایا سریع تر صورت می گیرد.

عوامل متعدد دیگری نیز کارایی علف کش ها را در بقایای گیاهی موجود در سیستم ها حفاظتی تحت تأثیر قرار می دهند که شامل ترکیب علف کش، نوع و مقدار بقایا و بارش هستند (Flower et al. 2012). میزان جذب و اتصال علف کش به خاک در سیستم های شخم کاهشی نسبت به سیستم های با شخم کامل بیشتر است که دلیل آن وجود مواد آلی زیاده در خاک های با

برهم خوردگی کمتر است. از آنجایی که سیستم‌های حفاظتی محیط مساعدی را برای رشد جمعیت میکروبی ایجاد می‌کنند، این سیستم‌ها می‌توانند علف‌کش را در معرض تجزیه میکروبی قرار دهند (Alvear et. al. 2005). کارآمدی علف‌کش‌های پس‌رویشی نیز می‌تواند توسط بقایای گیاهان پوششی و علف‌های هرز کاهش یابد. گیاهان زنده می‌توانند تجزیه علف‌کش‌ها در خاک را از طریق جذب و متابولیسم و یا با کاتالیز کردن متابولیسم از طریق تبادلات ریزوسفری افزایش دهند. در ناحیه ریزوسفر گیاهی، جمعیت فراوان‌تر و بیشتر میکروبی در مقایسه با خاک مجاور یافت می‌گردد که این دلیل ترشح ترکیباتی همچون آمینواسیدها و کربوهیدرات‌ها از ریشه است. این نیچ میکروبی بهبود یافته می‌تواند علف‌کش‌ها را از طریق مسیرهای متابولیک و شبه متابولیک تغییر دهد. این موضوع در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی که گیاهان پوششی و یا بقایای سرپا در سیستم زراعی اختلاط می‌یابند مهم است. از آنجا که زمان سبز شدن علف‌های هرز در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی در مقایسه با سیستم شخم سنتی، غیر یکنواخت‌تر است، توصیه شده که کشاورزان تا زمان سبز شدن بخش اعظم علف‌های هرز صبر کرده و بعد علف‌کش پس‌رویشی استفاده نمایند.

جمع‌بندی

سیستم کشاورزی حفاظتی علی‌رغم همه مزایا، با چالش‌هایی در خصوص علف‌های هرز و مدیریت آنها روبروست. پویایی جمعیت علف‌های هرز در سیستم‌های حفاظتی کاملاً با سیستم سنتی متفاوت بوده و پاسخ‌های اکوفیزیولوژیکی علف‌های هرز و تقابلات آنها با گیاهان زراعی در عملیات مدیریتی سیستم حفاظتی، پیچیده‌تر هستند. اعمال اصل اصلی کشاورزی حفاظتی مشتمل بر کاهش یا حذف عملیات شخم، وارد کردن گیاهان پوششی به سیستم و بکار بردن تناوب‌های متنوع‌تر منجر به تغییر محیط برای جوانه‌زنی، سبز شدن و رشد گونه‌های هرز شده و منجر به تغییر در پویایی جمعیت علف‌های هرز در مقایسه با سیستم سنتی و رایج می‌گردد. با این وجود این تغییرات در مناطق و شرایط مختلف تحت کشاورزی حفاظتی یکسان نبوده و به نظر می‌رسد عواملی چون شرایط اقلیمی، روابط آب و خاک، بیوم وفون خاک، و واکنش‌های اکوفیزیولوژیکی گونه‌ها و جمعیت‌های مختلف در مناطق مختلف در آن دخیلند. لذا نیاز زیادی به انجام تحقیقات در هر مکان بر روی اثرات خاک‌ورزی، گیاهان پوششی و بقایای آنها، و تناوب‌های زراعی مختلف بر پویایی جمعیت علف‌های هرز در شرایط محیطی و خاکی متفاوت وجود دارد. همچنین لازم است ارقامی را پیدا کرد که به شرایط کشاورزی حفاظتی سازگاری خوبی داشته و ضمن داشتن قوه نامیه بالا بتوانند زود کنوپی خود را ببندند. تحقیقات همچنین باید در جهت یافتن گیاهان پوششی با توان تولید بقایای زیاد که بتواند سطح زمین را برای مهار علف‌های هرز بپوشاند صورت بگیرد. این نیاز علی‌الخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار حیاتی است، چراکه در این مناطق تولید سطح بالایی از بقایای گیاهی مشکل بوده و می‌تواند کشاورزان را برای اتخاذ سیستم حفاظتی دلسرد نماید. از آنجا که اتخاذ روش‌های مکانیکی کنترل علف‌های هرز در سیستم حفاظتی محدودیت‌هایی دارد، ضروری است که علف‌کش‌های پیش‌رویشی با ایمنی محیطی و قابلیت فعالیت باقیمانده بالا در طی فصل رشد توسعه پیدا کنند. استفاده از تکنولوژی زیستی و مهندسی ژنتیک می‌تواند در ایجاد ارقام زراعی مقاوم به علف‌کش، که با کشت آنها به راحتی می‌توان با استفاده از علف‌کش عمومی در گیاه زراعی علف‌های هرز را کنترل نمود، کمک نمایند. با این وجود، خطر بالایی به لحاظ گسترش بیوتیپ‌های علف هرز مقاوم به علف‌کش دلیل انتقال ژن از گیاهان زراعی مقاوم به خویشاوندان وحشی آنها وجود دارد. استفاده از فرمولاسیون‌های مناسب همچون علف‌کش‌های میکروکپسول‌شده از طریق آزاد کردن تدریجی علف‌کش می‌تواند کنترل درازمدت علف‌های هرز در طی فصل رشد را در سیستم کشاورزی حفاظتی تأمین کند، ولیکن انجام تحقیقات گسترده برای بررسی میزان اثربخشی این روش در سیستم‌های حفاظتی ضروری است.

منابع

- Adler, M.J., & Chase, C.A.. 2007. Comparison of the allelopathic potential of leguminous summer cover crops: cowpea, sunn hemp, and velvetbean. *HortScience*, 42, 289-93.
- Alvear, M., Rosas, A., Rouanet, J.L., & Borie, F. 2005. Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from southern Chile. *Soil Tillage Res*, 82, 195-202.
- Amuri, N., Brye, K.R., Gbur, E.E., Oliver, D., & Kelley, J. 2010. Weed populations as affected by residue management practices in a wheat-soybean double-crop production system. *Weed Sci*, 58, 234-43.
- Andersen, A. 2003. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. II. Effects on pests and beneficial insects. *Crop Prot*, 22, 147-52.
- Anderson, R.L., & Beck, D.L. 2007. Characterizing weed communities among various rotations in central South Dakota. *Weed Technol*, 21, 76-9.
- Baker, C.J., & Saxton, K.E. Ritchie, W.R., Chamen, W.C.T., Reicosky, D.C., Ribeiro, F., Justice, S.E., Hobbs, P.R. 2007. No-tillage seeding in conservation agriculture. 2nd ed. Baker CJ, Saxton KE, editors. UK: FAO and CAB International
- Balkcom, K.S., Schomberg, H., Reeves, D.W., & Clark, 2007. A. Managing cover crops in conservation tillage systems. In: Clark A, editor. Managing cover crops profitably. College Park, MD: SARE; p. 44-6.
- Balota, E.L., Colozzi Filho, A., Andrade, D.S., & Dick, R.P. 2004. Long-term tillage and crop rotation effects on microbial biomass and C and N mineralization in a Brazilian Oxisol. *Soil Tillage Res*, 77, 137-45.
- Baral, K.R. 2012. Weeds management in organic farming through conservation agriculture practices. *J Agric Environ*, 13, 60-6.
- Boyd, N.S., & White, S. 2009. Impact of wild blueberry harvesters on weed seed dispersal within and between fields. *Weed Sci*, 57, 541-6.
- Brainard, D.C., Peachey, R.E., Haramoto, E.R., Luna, J.M., & Rangarajan, A. 2013. Weed ecology and nonchemical management under strip-tillage: implications for northern U.S. vegetable cropping systems. *Weed Technol*, 27, 218-30.
- Chauhan, B.S. 2012. Weed ecology and weed management strategies for dry-seeded rice in Asia. *Weed Technol*, 26, 1-13.
- Chauhan, B.S., & Abugho, S.B. 2012. Interaction of rice residue and PRE herbicides on emergence and biomass of four weed species. *Weed Technol*, 26, 627-32.
- Chauhan, B.S., & Abugho, S.B. 2013. Effect of crop residue on seedling emergence and growth of selected weed species in a sprinkler-irrigated zero-till dry-seeded rice system. *Weed Sci*, 61, 403-9.
- Chauhan, B.S., Singh, R.G., & Mahajan, G. 2012. Ecology and management of weeds under conservation agriculture: A review. *Crop Prot*, 38, 57-65.
- Christoffoleti, P.J., de Carvalho, S.J.P., López-Ovejero, R.F., Nicolai, M., Hidalgo, E., & da Silva, J.E. 2007. Conservation of natural resources in Brazilian agriculture: Implications on weed biology and management. *Crop Prot*, 26, 383-9.
- Davis, AS. 2010. Cover-crop roller-crimper contributes to weed management in no-till soybean. *Weed Sci*, 58, 300-309.
- Davis, A.S., Taylor, E.C., Haramoto, E.R., & Renner, K.A. 2013. Annual Postdispersal Weed Seed Predation in Contrasting Field Environments. *Weed Sci*, 61, 296-302.
- Duiker, S.W., & Curran, W.S. 2005. Rye cover crop management for corn production in the northern Mid-Atlantic region. *Agron. J*, 97, 1413-8.
- Ebrahimi, E., & Eslami, S.V. 2012. Effect of environmental factors on seed germination and seedling emergence of invasive *Ceratocarpus arenarius*. *Weed Res*, 52, 50-9.
- Eslami SV. 2014. Weed management in conservation agriculture systems. In: Chauhan BS, Mahajan G, (Eds.), *Recent Advances in Weed Management*, Springer, New York, pp. 87-124.
- Eslami, S.V. 2011. Comparative germination and emergence ecology of two populations of common lambsquarters (*Chenopodium album*) from Iran and Denmark. *Weed Sci*, 59, 90-7.

- FAO (Food and Agriculture Organization). 2013. Rome: Introduction to conservation agriculture (its principles & benefits); Available from: <http://teca.fao.org/technology/introduction-conservation-agriculture-its-principles-benefits>
- Fenner, M., & Thompson, K. 2005. The ecology of seeds. New York: Cambridge University Press.
- Flower, K.C., Cordingley, N., Ward, P.R., & Weeks, C. 2012. Nitrogen, weed management and economics with cover crops in conservation agriculture in a Mediterranean climate. *Field Crop Res*, 132, 63-75.
- Friedrich, T., Kienzle, J., & Kassam, A. 2009. Conservation agriculture in developing countries: The role of mechanization; Innovation for sustainable agricultural mechanisation. Club of Bologna, Hannover, Germany, Nov; FAO.
- Friedrich, T., Derpsch, R., & Kassam, A. 2012. Overview of the global spread of conservation agriculture, Field actions science reports [Internet], 2012. Nov; Special Issue 6: [7 p.]. Available from: <http://factsreports.revues.org/1941>.
- Gallagher, R.S., Cardina, J., & Loux, M. 2003. Integration of cover crops with postemergence herbicides in no-till corn and soybean. *Weed Sci*, 51, 995-1001.
- Haramoto, E.R., & Gallandt, E.R. 2005. Brassica cover cropping: I. Effects on weed and crop establishment. *Weed Sci*, 53, 695-701.
- Hilgenfeld, K.L., Martin, A.R., Mortensen, D.A., & Mason, S.C. 2004. Weed Management in a Glyphosate Resistant Soybean System: Weed Species Shifts. *Weed Technol*, 18, 284-91.
- Hume, L., Tessier, S., & Dyck, F.B. 1991. Tillage and rotation influences on weed community composition in wheat (*Triticum aestivum* L.) in southwestern Saskatchewan. *Can J Plant Sci*, 71, 783-9.
- Johansen, C., Haque, M.E., Bell, R.W., Thierfelder, C., & Esdaile, R.J. 2012. Conservation agriculture for small holder rainfed farming: opportunities and constraints of new mechanized seeding systems. *Field Crop Res*, 132, 18-32.
- Kumar, V., Brainard, D.C., Bellinder, R.R., & Hahn, R.R. 2011. Buckwheat residue effects on emergence and growth of weeds in winter-wheat (*Triticum aestivum*) cropping systems. *Weed Sci*, 59, 567-573.
- Liebman, M., Mohler, C.L., & Staver, C.P. 2004. Ecological Management of Agricultural Weeds. 2nd ed. UK: Cambridge University Press.
- Locke, M.A., Reddy, K.N., & Zablotowicz, R.M. 2002. Weed management in conservation crop production systems. *Weed Biol Manag*, 2, 123-32.
- Locke, M.A., Zablotowicz, R.M., Bauer, P.J., Steinriede, R.W., & Gaston, L.A. 2005. Conservation cotton production in the southern United States: herbicide dissipation in soil and cover crops. *Weed Sci*, 53, 717-27.
- Malik, M.S., Norsworthy, J.K., Culpepper, A.S., Riley, M.B., & Bridges, Jr W. 2008. Wild radish (*Raphanus raphanistrum*) and rye cover crops for weed suppression in sweet corn. *Weed Sci*, 56, 588-95.
- Manley, B.S., Wilson, H.P., & Hines, T.E. 2002. Management programs and crop rotations influence populations of annual grass weeds and yellow nutsedge. *Weed Sci*, 50, 112-9.
- Martin, R.J., & Felton, W.L. 1993. Effect of crop rotation, tillage practice, and herbicides on the population dynamics of wild oats in wheat. *Aust J Exp Agric*, 33, 159-65.
- Mathers, H.M., & Case, L.T. 2010. Microencapsulated herbicide-treated bark mulches for nursery container weed control. *Weed Technol*, 24, 529-37.
- Mesgaran, M.B., Mashhadi, H.R., Khosravi, M., Zand, E., & Mohammad-Alizadeh, H. 2008. Weed community response to saffron-black zira intercropping. *Weed Sci*, 56, 400-7.
- Mirsky, S.B., Curran, W.S., Mortensen, D.M., Ryan, M.R., & Shumway, D.L. 2011. Timing of cover-crop management effects on weed suppression in no-till planted soybean using a roller-crimper. *Weed Sci*, 59, 380-9.
- Monaco, T.J., Weller, S.C., & Ashton, F.M. 2002. Weed science: principles and practices. 4th ed. New York: John Wiley and Sons.

- Moseley, C.M., & Hagood, E.S. 1991. Decreasing rates of nonselective herbicides in double-crop no-till soybeans (*Glycine max*). Weed Technol, 5, 198-201.
- Murphy, S.D., Clements, D.R., Belaoussoff, S., Kevan, P.G., & Swanton, C.J. 2006. Promotion of weed species diversity and reduction of weed seedbanks with conservation tillage and crop rotation. Weed Sci, 54, 69-77.
- Navntoft, S., Wratten, S.D., Kristensen, K., & Esbjerg, P. 2009. Weed seed predation inorganic and conventional fields. Biol Control, 49, 11-6.
- Norris, R.F., & Kogan, M. 2000. Interactions between weeds, arthropod pests and their natural enemies in managed ecosystems. Weed Sci, 48, 94-158.
- Norsworthy, J.K., & Meehan, J.T. 2005. Use of isothiocyanates for suppression of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*), pitted morningglory (*Ipomoea lacunosa*), and yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*). Weed Sci, 53, 884-90.
- Orloff, S.B., Putnam, D.H., Canevari, M., & Lanini, W.T. 2009. (Avoiding weed shifts and weed resistance in roundup ready alfalfa systems. ANR publication; 2009 Feb. Report No.: 8362.
- Owen, M.D.K. 2008. Weed species shifts in glyphosate-resistant crops. Pest Manag Sci, 64, 377-87.
- Owen, M.D.K., & Zelaya, I.A. 2005. Herbicide-resistant crops and weed resistance to herbicides. Pest Manag Sci, 61, 301-11.
- Peachey, R.E., & Mallory-Smith, C. 2011. Effect of fall tillage and cover crop strategies on wild-proso millet (*Panicum miliaceum*) emergence and interference in snap beans. Weed Technol, 25, 119-26.
- Price, A.J., & Norsworthy, J.K. 2013. Cover crops for weed management in southern reduced-tillage vegetable cropping systems. Weed Technol, 27, 212-7.
- Price, A.J., Stoll, M.E., Bergtold, J.S., Arriaga, F.J., Balkcom, K.S., Kornecki, T.S., & Raper, R.L. 2008. Effect of cover crop extracts on cotton and radish radicle elongation. Commun Biometry Crop Sci, 3, 60-6.
- Ramsdale, B.K., & Messersmith, C.G. 2002. Low-rate split-applied herbicide treatments for wild oat (*Avena fatua*) control in wheat (*Triticum aestivum*). Weed Technol, 16, 149-55.
- Reberg-Horton, S.C., Grossman, J.M., Kornecki, T.S., Meijer, A.D., Price, A.J., Place, G.T., & Webster, T.M. 2012. Utilizing cover crop mulches to reduce tillage in organic systems in the southeastern USA. Renew Agric Food Syst, 27, 41-8.
- Reddy, K.N. 2004. Weed control and species shift in bromoxynil- and glyphosate-resistant cotton (*Gossypium hirsutum*) rotation systems. Weed Technol, 18, 131-9.
- Reeves, D.W., Price, A.J., & Patterson, M.G. 2005. Evaluation of three winter cereals for weed control in conservation-tillage in nontransgenic cotton. Weed Technol, 19, 731-6.
- Rice, C.P., Cai, G., & Teasdale, J.R. 2012. Concentrations and allelopathic effects of benzoxazinoid compounds in soil treated with rye (*Secale cereale*) cover crop. J Agric Food Chem, 60, 4471-9.
- Samarajeewa, K.B.D.P., Horiuchi, T., & Oba, S. 2005. Weed population dynamics in wheat as affected by *Astragalus sinicus* L. (Chinese milk vetch) under reduced tillage. Crop Prot, 24, 864-9.
- Shirliff, S.J., & Entz, M.H. 2005. Chaff collection reduces seed dispersal of wild oat (*Avena fatua*) by a combine harvester. Weed Sci, 53, 465-70.
- Smith, R.G., & Gross, K.L. 2006. Rapid change in the germinable fraction of the weed seed bank in crop rotations. Weed Sci, 54, 1094-100.
- Sosnoskie, L.M., Herms, C.P., & Cardina, J. 2006. Weed seedbank community composition in a 35-yr-old tillage and rotation experiment. Weed Sci, 54, 263-73.
- Szumigalski, A., & Van Acker, R. 2005. Weed suppression and crop production in annual intercrops. Weed Sci, 53, 813-25.
- Teasdale, J.R., Brandsater, L.O., Cavigliari, A., & Neto, F.S. 2007. Cover crops and weed management. In: Upadhyaya MK, Blackshaw RE, editors. Non-chemical weed management: principles, concepts and technology. Oxfordshire: CABI; p. 49-64.
- Thomas, A.G., Derksen, D.A., Blackshaw, R.E., Van Acker, R.C., Le'ge're, A., Watson, P.R., & Turnbull, G.C. 2004. A multistudy approach to understanding weed population shifts in medium- to long-term tillage systems. Weed Sci, 52, 874-880.