



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
معاونت آموزش و ترویج



اصول و روش‌های مدیریت علف‌های هرز در نظام کشاورزی حفاظتی

حسین نجفی

۱۴۰۲





وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
معاونت آموزش و ترویج

اصول و روش‌های مدیریت علف‌های هرز در نظام کشاورزی حفاظتی

حسین نجفی

موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور
۱۴۰۲



ISBN:.....

شابک:.....

عنوان: اصول و روش‌های مدیریت علف‌های هرز در نظام کشاورزی حفاظتی

نویسنده: حسین نجفی

تهیه شده در: دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی

ناشر: نشر آموزش کشاورزی

شمارگان:

نوبت چاپ: اول، ۱۴۰۲

قیمت: رایگان

مسئولیت درستی مطالب با نویسند است

شماره ثبت در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی ۵۹۲۸۰ به تاریخ ۱۳۹۹/۱۲/۲۴ است

نشانی: تهران - بزرگراه شهید چمران - خیابان یمن، پالک ۱ و ۲، معاونت ترویج،

ص. پ. ۱۱۱۳-۱۹۳۹۵

تلفکس: ۰۲۱-۲۲۴۱۳۹۲۳

مخاطبان نشریه:

کشاورزان، کارشناسان و محققان

اهداف آموزشی:

تاثیر تغییر نظام کشاورزی از رایج به حفاظتی بر جمعیت علفهای هرز و شیوه‌های مدیریت این گیاهان در نظام‌های کم‌خاک‌ورزی از جمله مباحثی است که در این دست‌نامه در اختیار خوانندگان قرار می‌گیرد.

پیشگفتار

فشار بیش از اندازه انسان بر بوم نظام‌های کشاورزی جهت تولید غذای کافی، موجب تخریب خاک، آلودگی‌های زیست محیطی، هدر رفت منابع و تزلزل در پایداری نظام‌های تولیدی شده است. در بین راهکارهای مختلفی که برای حل مشکلات فوق ارائه شده است، کشاورزی حفاظتی با حفظ بقایای گیاهی بر روی زمین، حداقل بهم زدگی خاک، تنوع گونه‌ای در تناوب‌های زراعی و مدیریت تلفیقی علف‌های هرز به عنوان یک راهکار اساسی برای پایداری نظام‌های کشاورزی و حفظ منابع مطرح و پذیرش جهانی را به دنبال داشته است. این مجموعه ضمن آنکه مرجعی است برای توصیف نظام‌های کشاورزی حفاظتی، به وجود علف‌های هرز و شیوه‌های مدیریت آنها در این نظام که به عنوان مهمترین چالش پیش‌روی کشاورزان مطرح هستند، می‌پردازد. درک حضور علف‌های هرز برای توسعه و پایداری این نظام از جمله نکات بسیار ضروری است که برای پایداری تولید غذا و سازگاری آن با محیط زیست بسیار ضروری است. در این مجموعه سعی شده است تا ضمن تشریح اثرات تغییر نظام بر جمعیت علف‌های هرز، راهکارهای عملی و تجربیات جهانی در خصوص مدیریت آنها را در اختیار خوانندگان قرار دهد.

فهرست مطالب

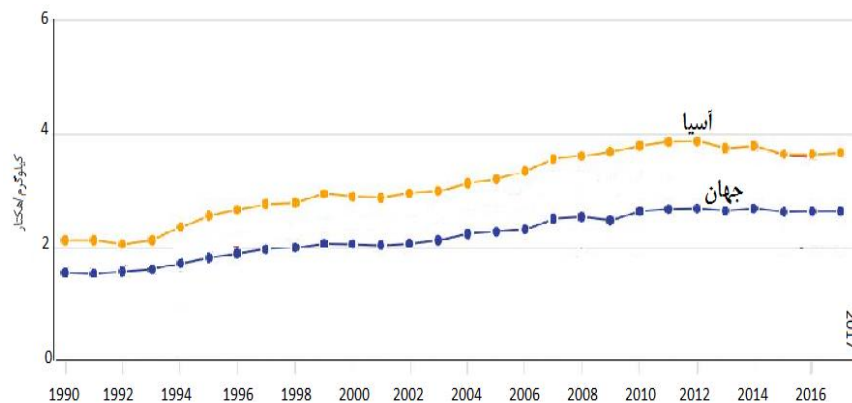
صفحه	عنوان
۱۱	مقدمه
۱۱	کلیات
۱۳	ضرورتها، مزایا و محدودیت‌های توسعه کشاورزی حفاظتی
۱۴	توسعه کشاورزی حفاظتی در جهان و ایران
۱۹	تاثیر نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی بر علف‌های هرز
۱۹	تاثیر خاک‌ورزی بر بانک بذر و جوانه‌زنی علف‌های هرز
۲۴	تاثیر خاک‌ورزی بر ترکیب و تراکم علف‌های هرز
۲۵	علف‌های هرز مشکل ساز در نظام‌های کشاورزی حفاظتی ایران
۲۸	بقایای گیاه زراعی
۳۱	تاثیر بقایای گیاهی بر رشد و استقرار بذر جوانه زده
۳۲	مدیریت علف‌های هرز در نظام‌های کشاورزی حفاظتی
۳۳	مدیریت غیرشیمیایی علف‌های هرز
۳۴	بیولوژی و اکولوژی علف‌های هرز
۳۵	تناوب زراعی
۳۶	گیاه پوششی در کشت‌های حفاظتی
۳۶	توصیه‌های کاربردی جهت مدیریت علف‌های هرز از طریق تناوب زراعی
۳۷	مدیریت علف‌های هرز در تناوب‌های زراعی رایج در شرایط دیم
۴۰	کنترل فیزیکی
۴۲	کنترل حرارتی
۴۴	کنترل زراعی
۴۶	مدیریت علف‌های هرز در بستر بذر کاذب
۴۶	مدیریت شیمیایی علف‌های هرز
۴۷	کاربرد علف‌کش‌های خاک مصرف
۴۸	توصیه‌های کاربردی جهت کنترل شیمیایی علف‌های هرز
۵۰	بهینه سازی کاربرد علف‌کش‌ها
۵۱	تاثیر بقایای گیاهی بر کارایی علف‌کش‌ها
۵۲	باقی مانده علف‌کش‌ها در خاک
۵۴	کاربرد علف‌کش‌ها و انرژی مصرفی
۵۵	آیا کاربرد علف‌کش‌ها در نظام‌های کشاورزی حفاظتی افزایش می‌یابد؟
۵۶	مدیریت مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها
۶۰	جلوگیری از تولید بذر در علف‌های هرز
۶۱	جمع بندی
۶۳	پیوست
۶۵	منابع

مقدمه

شکل‌گیری انقلاب سبز در اواخر دهه ۱۹۶۰ میلادی همراه با توسعه کشاورزی مدرن از طریق افزایش استفاده از کودهای شیمیایی، آفت-کش‌ها، ارتقاء سطح مکانیزاسیون مزرعه و همچنین معرفی ارقام پرمحصول بوده است. هر چند این امر در ابتدا موجب افزایش قابل توجه تولید محصولات کشاورزی شده و موفقیتی بزرگ برای بخش کشاورزی محسوب می‌شد، اما افزایش تولید در این نظام همراه با هدر رفت منابع و مصرف بیش از حد آب، انرژی، مواد شیمیایی و غیره بوده است. انجام عملیات خاک ورزی در زمین لخت و سوزاندن بقایای گیاهی جهت تسریع در انجام عملیات آماده سازی زمین موجب هدر رفت بیشتر آب و منابع غذایی شده و سلامت خاک و بهره‌وری استفاده از نهاده‌های کشاورزی را کاهش داده است. پیامدهای فوق موجب گردید تا برنامه‌های توصیه شده در خصوص تغییر نظام کشاورزی از سنتی (دام محور) به فشرده (تراکتور و مواد شیمیایی محور) مورد نقد قرار گرفته و در خصوص پایداری در عملکرد محصولات کشاورزی انتقاداتی مطرح شود و لزوم شکل‌گیری راهبردهای جدید جهت: ۱- تولید غذای بیشتر با خطر و هزینه کمتر، ۲- افزایش کارایی استفاده از نهاده‌های کشاورزی، زمین، نیروی انسانی، آب، عناصر غذایی و آفت‌کش‌ها، ۳- بهبود و پایداری کیفیت منابعی که از طبیعت استخراج می‌شوند، ۴- کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و انعطاف پذیری بیشتر در برابر تغییر اقلیم را گوشزد کرد. در میان راهکارهای مختلفی که محققان برای بهبود شرایط پیشنهاد دادند، کشاورزی حفاظتی اجماع جهانی را به دنبال داشته و همه ساله سطح بیشتری از اراضی کشاورزی به این نظام اختصاص می‌یابد. کشاورزی حفاظتی به عنوان راهکاری اکولوژیک در تولید محصولات کشاورزی مطرح بوده و هدف آن حفظ منابع در جریان فعالیت‌های کشاورزی است. با این حال، تغییر مجدد نظام کشاورزی از رایج به حفاظتی همراه با محدودیت‌هایی است که عدم توجه به آنها، تردید در پذیرش کشاورزان را به دنبال خواهد داشت. از جمله مهمترین این محدودیت‌ها می‌توان به حضور علف‌های هرز در این نظام اشاره کرد. این دستنامه ضمن تشریح اثرات تغییر نظام بر علف‌های هرز و واکنش آنها نسبت به این تغییر، تجربیات جهانی در خصوص مدیریت این گیاهان در نظام‌های کشاورزی حفاظتی را ارائه کرده است.

کلیات

در طول قرن بیستم، بیشتر پژوهش‌های کشاورزی بر افزایش عملکرد گیاهان زراعی متمرکز بودند و اهداف و معیارهایی که جهت ارزیابی و اثرگذاری یک عملیات زراعی خاص (مثل کنترل علف‌های هرز) مد نظر قرار می‌گرفت، اختصاصی و کوتاه مدت و صرفاً در جهت افزایش عملکرد گیاه زراعی و مبتنی بر ارتباط بین نهاده‌ها (مقدار مصرف علف‌کش و یا ورود تراکتور به مزرعه) و خروجی‌های نظام‌های زراعی (عملکرد محصول) بودند (Mitchell *et al.* 2019). در این دوره، تنوع گونه‌ای (کاشت گونه‌های زراعی مختلف در تناوب یکدیگر)، به عنوان یک عامل محدودیت‌زا برای عملکرد گیاه زراعی اصلی محسوب و بیولوژی خاک مورد توجه تولیدکنندگان قرار نگرفت. در این شرایط، فشار بیش از حد به مزارع که شامل خاک‌ورزی و کاربرد وسیع کود و آفت‌کش است، موجب تخریب خاک، پوشش طبیعی گونه‌های گیاهی و بطور کلی بوم نظام شد. در طول این دوره و تا سالهای منتهی به ۲۰۱۲، مصرف آفت‌کش‌ها روندی افزایشی داشت (شکل ۱) که نتیجه آن آلودگی محیط زیست (شامل آبهای سطحی و زیر زمینی، سلامت انسان، حیات وحش و خاک) و بروز مقاومت در آفات (اعم از حشرات زیان آور، عوامل بیماری‌گر و علف‌های هرز) بوده است.



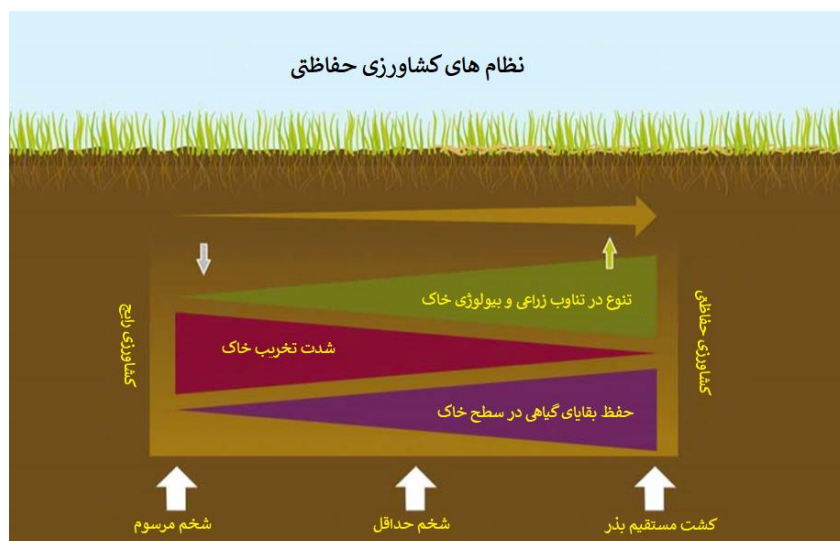
شکل ۱: روند مصرف آفت‌کش‌ها طی سالهای ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۷ (منبع: FAO, 2020)

با وجود نیاز بشر به رشد روزافزون تولیدات کشاورزی، درک مشکلات ناشی از کاربرد فشرده‌ی نهاده‌ها باعث شکل‌گیری انقلاب اکولوژیک نظام‌های کشاورزی در اواخر قرن بیستم شد. در این انقلاب، نظام‌های کشاورزی به عنوان یک بوم نظام مورد توجه قرار گرفتند. بر این اساس، مدیریت علف‌های هرز، بر فرآیندهای اکولوژیک و یا دشمنان طبیعی آنها متکی شد. در این راستا، کاهش مصرف نهاده‌ها (مثل مصرف آفت‌کش‌ها) در دستور کار قرار گرفت اما این کاهش تنها به خاطر مزیت‌های اقتصادی کوتاه مدت آن نبود، بلکه مبتنی بر این تشخیص بود که استفاده بیش از حد نهاده‌ها ممکن است به پایداری نظام آسیب برساند.

نظام‌های کشاورزی حفاظتی از جمله مولفه‌های انقلاب فوق می‌باشند که طی آن و به دلیل حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، اهدافی نظیر کاهش تبخیر سطحی و حفظ بیشتر ذخیره رطوبت، کاهش فرسایش بادی و آبی، افزایش ماده آلی خاک، حفظ انرژی برای تولید بیشتر، کاهش هزینه‌های تولید، افزایش سود خالص و در نهایت حفظ محیط زیست، تولید پایدار و افزایش ضریب امنیت غذایی دنبال می‌شود. اهداف فوق با تغییر رویکردهای مندرج در کادر ۱ و شکل ۲ امکان‌پذیر می‌گردد (Corsi and Muminjanov 2019, Kassam et al. 2018, Mitchell et al. 2019, Verhulst et al. 2010, Vishwakarma et al. 2017, Nichols et al. 2015) و به همین جهت در کشور ایران نیز مورد توجه قرار گرفته و بر اساس برنامه ششم توسعه کشور، توسعه کشاورزی حفاظتی به عنوان یکی از اقدامات اساسی جهت حصول به اهداف سیاست‌های اقتصاد مقاومتی در جهت تأمین امنیت غذایی، نیل به خودکفایی در محصولات اساسی و ارتقاء بهره‌وری آب و خاک کشاورزی، مورد تأکید قرار گرفته است (مجلس شورای، ۱۳۹۵). با این حال، باید توجه داشت که توسعه کشاورزی حفاظتی به‌عنوان مجموعه‌ای از فناوری‌ها به صورت تصادفی اتفاق نخواهد افتاد و افزایش سطح پذیرش آن نیازمند توجه به عوامل اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی و ترکیبی از نوآوری‌های فنی-نهادی است (لطیفی و همکاران ۱۳۹۶، امامی ۱۳۹۷). در این راستا، قبل از هر اقدامی شناسایی و تحلیل همه جانبه عوامل پیش‌برنده توسعه آن (منجمله عکس العمل علف‌های هرز) می‌تواند راهگشای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان این حوزه باشد.

- * کاهش عملیات خاک‌ورزی یا خاک‌ورزی کنترل شده به طوری که بیشتر از ۲۰ تا ۲۵ درصد از سطح خاک بهم نخورد
- * حفظ بخشی از بقایای گیاهی بر روی سطح خاک جهت بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و جلوگیری از فرسایش و عواقب ناشی از آن
- * رعایت تناوب زراعی جهت مدیریت علف‌های هرز و سایر آفات، مدیریت مقاومت به آفت‌کش‌ها، باروری بیشتر خاک و در نهایت ثبات در تولید محصولات زراعی
- * تضمین امنیت اقتصادی کشاورزان از طریق ارائه راهکارهای جدید و تامین نهاده‌ها به منظور تسهیل در مدیریت مزرعه و حفظ یا افزایش عملکرد
- * حفظ محیط زیست از طریق کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تخریب زمین

باید توجه داشت، علف‌های هرز به دلیل اینکه طول دوره تثیت نظام کشاورزی حفاظتی را تحت تاثیر قرار می‌دهند از جمله مهمترین محدودیت‌ها در این نظام هستند (Nichols *et al.* 2015) و به دلیل تاثیر منفی آنها بر عملکرد محصولات زراعی، عدم پذیرش برخی کشاورزان را به دنبال داشته است. این دستنامه با هدف شناخت عکس العمل‌های علف‌های هرز به تغییر نظام کشاورزی از رایج به حفاظتی، میزان خسارت آنها به محصولات زراعی و راهکارهای مدیریتی مناسب جهت کاهش جمعیت آنها به رشته تحریر درآمده است.

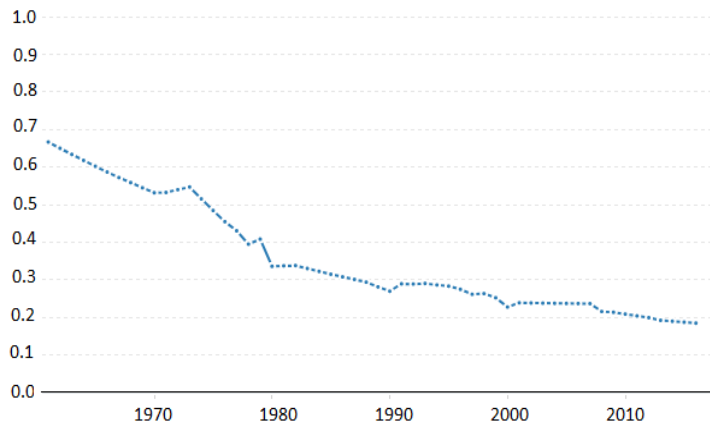


شکل ۲: مولفه‌های اصلی کشاورزی حفاظتی (منبع: Mitchell *et al.* 2019).

ضرورت‌ها، مزایا و محدودیت‌های توسعه کشاورزی حفاظتی

از دهه‌های پایانی قرن بیستم، نیاز به افزایش عملکرد محصولات کشاورزی، زمینه بهره‌برداری غیر اصولی از خاک را فراهم کرد. انجام عملیات شخم، سرعت فرسایش خاک را تا ۵ گیگا تن در سال افزایش داد که متعاقب آن، زمینه از بین رفتن حدود ۶۶ تا ۹۰ میلیارد تن کربن خاک و تخریب حدود ۳۵۰ میلیون هکتار از اراضی جهان فراهم شد (FAO and ITPS. 2015 و Mitchell *et al.* 2019). این

فرآیندها موجب شد تا میانگین سرانه اراضی قابل کشت جهان از ۰/۴۳ هکتار در سال ۱۹۶۰ به ۰/۱۹ هکتار در سال ۲۰۱۶ کاهش یابد. این میانگین برای ایران ۰/۶۶ و ۰/۱۸ هکتار (به ترتیب برای سال‌های ۱۹۶۰ و ۲۰۱۶) گزارش شده است (شکل ۳) (The World Bank Group, 2019).



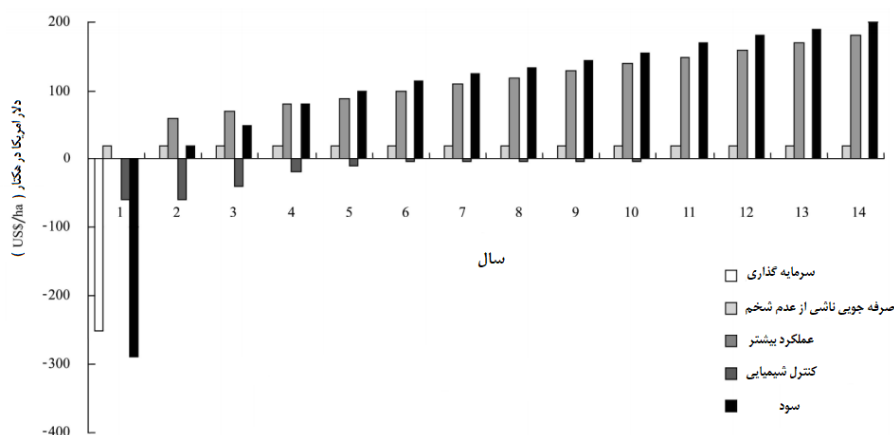
شکل ۳: روند کاهش سرانه اراضی قابل کشت در ایران طی سالهای ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۶ (منبع: The World Bank Group, 2019)

مهمترین دلیل این کاهش، فرسایش آبی و بادی خاک است که از بین رفتن خاک زراعی مرغوب و کاهش ماده آلی خاک را به دنبال دارد. این پدیده و کاربرد بی رویه آفت‌کش‌ها از مهمترین چالش‌های بخش کشاورزی می‌باشند. باید توجه داشت، برای شکل‌گیری مجدد ۲۵ سانتی‌متر خاک زراعی، حدود ۷۰۰ تا ۱۵۰۰ سال زمان نیاز است (Mitchell et al. 2019) و از این جهت، حفظ آن وظیفه‌ای همگانی است.

میزان ماده آلی خاک در اکثر نواحی ایران زیر یک درصد گزارش شده است (میرزاشاهی و بازرگان، ۱۳۹۴) و بقایای آفت‌کش‌ها در محیط و همچنین ظهور و گسترش پدیده مقاومت در آفات (شامل علف‌های هرز، حشرات و عوامل بیماری‌گر)، پیامدهای منفی فراوانی برای پایداری نظام‌های زراعی به دنبال داشته است (زند و همکاران، ۱۳۹۳). شخم مکرر توسط گاواهن برگردان‌دار و سوزاندن بقایای گیاهی نقش زیادی در تخریب خاک‌های زراعی داشته و بستری مناسب برای تهاجم گونه‌های گیاهی جدید فراهم کرده است (نجفی و همکاران، ۱۳۹۰). با تخریب خاک‌های زراعی، بستر خاک متراکم‌تر و در اثر کاهش مواد آلی، روان آب و فرسایش افزایش، آثار نامطلوب خشکی شدیدتر و واکنش گیاه به علف‌کش‌ها و سایر آفت‌کش‌های نباتی کاهش یافته است (زند و همکاران، ۱۳۹۳، آسودار و همکاران، ۱۳۹۶ و میرزاشاهی و بازرگان ۱۳۹۴).

در چنین شرایطی، ضرورت تغییر شیوه‌های مدیریتی اجتناب ناپذیر است و در بین راهکارهای ارائه شده توسط متخصصان، توسعه کشاورزی حفاظتی از درجه اهمیت بیشتری برخوردار و پذیرش جهانی را به دنبال داشته است (جدول ۱). توسعه نظام کشاورزی حفاظتی به دلیل کاهش عملیات خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، ضمن جلوگیری از فرسایش و تخریب خاک‌های مرغوب، موجب نفوذپذیری و ذخیره بیشتر آب در خاک و کاهش روان آب و شستشوی علف‌کش‌ها و کودها می‌شود. نظام کشاورزی حفاظتی، ضمن افزایش ذخیره انرژی و ازت معدنی در بوم نظام، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، افزایش فعالیت‌های بیولوژیک خاک، کاهش ۴۰ درصدی نیروی کارگری

و انرژی (سوخت) را به دنبال خواهد داشت و در دراز مدت، منجر به افزایش و پایداری عملکرد محصولات کشاورزی و کاهش هزینه‌های تولید خواهد شد (شکل ۴) (Derpsch et al. 2010). در بررسی انجام شده در شمال قزاقستان، نرخ برگشت سرمایه گذاری حاصل از تغییر نظام کشاورزی از رایج به حفاظتی ۲۸ درصد گزارش شد (شکل ۴). در پاراگوتنه نیز، افزایش عملکرد ناشی از کشاورزی حفاظتی ۵ تا ۱۵ درصد طی ۱۰ سال گزارش شده است (Derpsch et al. 2010).



شکل ۴: سودمندی اقتصادی حاصل از اجرای کشاورزی حفاظتی در زراعت گندم در شمال قزاقستان

برخی مزایای کشاورزی حفاظتی (مثل حفظ رطوبت و نفوذپذیری بیشتر آب در خاک) در همان سال اول حادث می‌شوند و برخی موارد دیگر (مثل افزایش ماده آلی و حاصلخیزی خاک)، در دوره‌های طولانی به نتیجه خواهند رسید (Kassam et al. 2018, Lee and Thierfelder 2017, Swanton et al. 1993, Vishwakarma et al. 2017). در هر حال، مطالعات مختلف (عمدتاً در آمریکا و اروپا) نشان داده است که مدت زمان لازم جهت تحقق و بهره‌مندی از مزایای تغییر نظام کشاورزی از رایج به حفاظتی، ۴ تا ۵ سال است (Lee and Thierfelder 2017) اما باید توجه داشت، طول این دوره بسته به شرایط اقلیمی و خاک منطقه متفاوت بوده و ممکن است در شرایط ایران و در مناطقی با اقلیم‌های گرم و خشک طولانی‌تر نیز باشد.

هرچند توسعه نظام کشاورزی حفاظتی مزایای مختلفی به همراه خواهد داشت اما در کنار آن، محدودیت‌هایی همچون افزایش جمعیت علف‌های هرز (به دلیل حذف عملیات شخم) و به تبع آن، افزایش مقدار مصرف علف‌کش‌ها جهت جبران تقاضا برای کنترل علف‌های هرز توسط کارگر و حفظ عملکرد در سالهای اول نیز قابل طرح است. بطور معمول، نیاز کارگر و همچنین زمان لازم برای حذف علف‌های هرز در سالهای اول تغییر نظام، به میزان ۵۰ درصد افزایش می‌یابد (Lee and Thierfelder 2017). با توجه به محدودیت کاربرد ادوات کشاورزی در این نظام، امکان کاربرد روش‌های مکانیکی کنترل علف‌های هرز از درجه اهمیت پایینی برخوردار است (Nichols et al. 2015). به همین دلیل، در صورت عدم معرفی و بکارگیری روش‌های جایگزین، زمینه‌ی افزایش جمعیت علف‌های هرز، کاهش محصول زراعی و عدم استقبال کشاورزان از توسعه نظام کشاورزی حفاظتی فراهم خواهد شد. برخی مطالعات نشان می‌دهند که ناکامی در کنترل علف‌های هرز در نظام‌های بدون شخم، ناشی از عدم اجرای صحیح عملیات در این روش است. در واقع، با توجه به اینکه بهم زدن خاک، سودمندی‌های کشاورزی حفاظتی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، با افزایش تعداد دفعات عملیات خاک‌ورزی، تحقق مزایای این نظام به تاخیر

خواهد افتاد. به عنوان مثال، کوچکترین بهم خوردگی خاک (حتی توسط بذرکار) می‌تواند بذر علف‌های هرز را در معرض نور و رطوبت قرار داده و زمینه جوانه‌زنی آنها را فراهم کند. این در حالی است که وجود بقایای گیاهی بر روی سطح خاک و عدم بهم خوردگی آن، شرایط لازم برای جوانه‌زنی را فراهم نکرده و این اتفاق رخ نخواهد داد (Lee and Thierfelder 2017). در این شرایط و در سالهای اول تغییر نظام، کاربرد علف‌کش‌ها مهمترین راهکار مدیریت علف‌های هرز خواهد بود. مزیت کنترل شیمیایی علف‌های هرز، کاهش ۹۰ درصدی نیاز کارگری است (تعداد کارگر مورد نیاز از ۷۰-۵۰ کارگر به ۲۰-۱۰ کارگر در هکتار در روز کاهش می‌یابد) (Lee and Thierfelder 2017). علاوه بر محدودیت‌های تکنولوژیکی، چالش‌های اجتماعی و سیاسی نیز از جمله مواردی هستند که بازدارنده توسعه این نظام در کشور به حساب می‌آیند. آشنایی با این چالش‌ها جهت برنامه‌ریزی مدیران مفید خواهد بود. طی یک بررسی مشخص شد که عدم هماهنگی کافی بین سازمانها، دانش اندک دست اندرکاران، نامناسب بودن سیاست‌های یارانه‌ای، وجود خاک‌های کمتر حاصلخیز و بازده کم اقتصادی محصول در سالهای اول شروع این نظام، مهمترین محدودیت‌های گسترش آن در کشور می‌باشند (لطیفی و همکاران ۱۳۹۵). فردریک و همکاران (Friedrich et al. 2009) نیز محدودیت‌های علمی، اجتماعی، مالی و حمایتی، زیربنایی و سیاسی را در توسعه کشاورزی حفاظتی موثر دانسته و لینگ و همکاران (Ling et al. 2011) نگرش سنتی در کشاورزان را مهمترین عامل بازدارنده در گسترش این نظام ذکر کرده است. بنابر این، در فرایند توسعه کشاورزی حفاظتی، نه تنها تغییر ذهنیت و ساختار فکری کشاورزان نسبت به عملیات خاک‌ورزی، بلکه تغییر ذهنیت و ساختار فکری سیاست‌گذاران، محققان، کارشناسان و مروجان نیز برای ایجاد تغییر در نگرش کشاورزان امری ضروری است (لطیفی و همکاران، ۱۳۹۶). برای تحقق این امر، برگزاری دوره‌های آموزشی مداوم برای ارتقای دانش آنها و آشنایی با اصول کشاورزی حفاظتی و ارائه خدمات و مشوق‌های لازم ضروری است.

توسعه کشاورزی حفاظتی در جهان و ایران

شکل‌گیری و اجرای کشاورزی حفاظتی در آمریکای جنوبی و از دهه ۷۰ میلادی شروع شد. توسعه سریع نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی از ۴۵ میلیون هکتار در سال ۱۹۹۹ تا ۱۸۰ میلیون هکتار در سال ۲۰۱۶ (۱۲/۵ درصد کل اراضی قابل کشت جهان) (جدول ۱) نشان دهنده پذیرش روز افزون این نظام در بین کشاورزان است. در طول این سالها، تعداد کشورهایی که از این نظام استقبال کردند از ۳۶ کشور در سال ۲۰۰۹ به ۷۹ کشور در سال ۲۰۱۶ افزایش یافته است (جدول ۱) (Kassam et al. 2018).

اجرای روش‌های کشاورزی حفاظتی در ایران از سال ۱۳۸۳ و در استانهای خوزستان و کرمانشاه آغاز گردید و سپس در منطقه دشت ناز مازندران، به دلیل وجود مشکلاتی در خاک ورزی مرسوم و محدودیت زمان برای آماده سازی زمین، استفاده از روش‌های کم خاک ورزی ادامه یافت. در سال ۱۳۸۶ اولین گام‌های اجرایی جهت توسعه کشاورزی حفاظتی در ۵ استان کشور (اصفهان، فارس، دزفول، قزوین و گلستان) و با ایجاد پایلوت‌هایی در سطح ۱۵۰۰ هکتار برداشته شد (بی‌نام، ۱۳۹۳). این سطح در سال ۸۷ در ۱۷ استان کشور و در سطح ۲۱۰۰۰ هکتار از مزارع آبی و دیم به اجرا درآمد (ساعی آهن و همکاران ۱۳۸۸ و امامی ۱۳۹۷) و به سرعت توسعه یافت بطوری که بر اساس آمارهای رسمی، سطح اختصاص یافته به خاک‌ورزی حفاظتی در ایران تا سال ۲۰۱۶ به حدود ۱۵۰ هزار هکتار رسید (جدول ۱) (Kassam et al. 2018).

جدول ۱: سطح اراضی اختصاص یافته به کشاورزی حفاظتی در کشورهای مختلف طی سالهای ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۶.

ردیف	کشور	سطح (هزار هکتار)		
		(۲۰۱۶)	(۲۰۱۴)	(۲۰۰۹)
۱	امریکا	۴۳۲۰۴	۳۵۶۱۳	۳۶۵۰۰
۲	برزیل	۳۲۰۰۰	۳۱۸۱۱	۳۵۵۰۲
۳	آرژانتین	۳۱۰۲۸	۳۹۱۸۱	۱۹۷۱۹
۴	کانادا	۱۹۹۳۶	۱۸۳۱۳	۱۳۴۸۱
۵	استرالیا	۲۲۳۹۹	۱۷۶۹۵	۱۲۰۰۰
۶	پاراگوئه	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۲۴۰۰
۷	قزاقستان	۲۵۰۰	۲۰۰۰	۱۳۰۰
۸	چین	۹۰۰۰	۶۶۷۰	۱۳۳۰
۹	بولیوی	۲۰۰۰	۷۰۶	۷۰۶
۱۰	اوروگوئه	۱۲۶۰	۱۰۷۲	۶۵۵/۱
۱۱	اسپانیا	۹۰۰	۷۹۲	۶۵۰
۱۲	آفریقای جنوبی	۴۳۹	۳۶۸	۳۶۸
۱۳	آلمان	۱۴۶	۲۰۰	۳۵۴
۱۴	ونزوئلا	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰
۱۵	فرانسه	۳۰۰	۲۰۰	۲۰۰
۱۶	فنلاند	۳۰۰	۲۰۰	۲۰۰
۱۷	شیلی	۱۸۰	۱۸۰	۱۸۰
۱۸	نیوزلند	۳۶۶	۱۶۲	۱۶۲
۱۹	کلمبیا	۱۳۷	۱۳۷	۱۰۲
۲۰	اوکراین	۷۰۰	۷۰۰	۱۰۰
۲۱	ایتالیا	۲۸۳/۹۲	۳۸۰	۸۰
۲۲	زامبیا	۳۱۶	۲۰۰	۴۰
۲۳	کنیا	۳۳/۱	۳۳/۱	۳۳/۱
۲۴	انگلستان	۳۶۲	۱۵۰	۲۴
۲۵	پرتغال	۳۲	۳۲	۲۵
۲۶	مکزیک	۴۱	۴۱	۲۲/۸
۲۷	زیمبابوه	۱۰۰	۹۰	۱۵
۲۸	اسلواکی	۳۵	۳۵	۱۰
۲۹	سودان	۱۰	۱۰	۱۰
۳۰	موزامبیک	۲۸۹	۱۵۲	۹
۳۱	سوئیس	۱۷	۱۷	۹
۳۲	مجارستان	۵	۵	۸
۳۳	تونس	۱۲	۸	۶
۳۴	مراکش	۱۰/۵	۴	۴
۳۵	لسوتو	۲	۲	-/۱۳
۳۶	ایرلند	-/۲	-/۲	-/۱۰
۳۷	روسیه	۵۰۰۰	۴۵۰۰	-
۳۸	هندوستان	۱۵۰۰	۱۵۰۰	-
۳۹	مالاوی	۲۱۱	۶۵	-
۴۰	ترکیه	۴۵	۴۵	-
۴۱	مولداوی	۶۰	۴۰	-
۴۲	غنا	۳۰	۳۰	-
۴۳	سوریه	۳۰	۳۰	-
۴۴	تانزانیا	۳۲	۲۵	-
۴۵	یونان	۲۴	۲۴	-
۴۶	کره شمالی	۲۳	۲۳	-
۴۷	عراق	۱۵	۱۵	-
۴۸	ماداگاسکار	۹	۶	-
۴۹	ازبکستان	۱۰	۲/۴۵	-
۵۰	آذربایجان	۱/۳	۱/۳	-
۵۱	لبنان	۱/۲	۱/۲	-
۵۲	قرقیزستان	۵۰	-/۷	-
۵۳	هلند	۷/۳۵	-/۵	-
۵۴	نامیبیا	-/۳۴	-/۳۴	-

۰/۰۰۰۱	۰/۲۷	۰/۲۷	-	بلیزیک	۵۵
۰/۳۳	۶۰۰	-	-	پاکستان	۵۶
۰/۳۳	۵۸۳/۸۲	-	-	رومانی	۵۷
۰/۲۳	۴۰۳/۱۸	-	-	لهستان	۵۸
۰/۰۸	۱۵۰	-	-	ایران	۵۹
۰/۰۲	۴۲/۱۴	-	-	استونی	۶۰
۰/۰۲	۴۰/۸۲	-	-	چک	۶۱
۰/۰۲	۲۸/۲۳	-	-	اتریش	۶۲
۰/۰۱	۱۹/۲۸	-	-	لیتوانی	۶۳
۰/۰۱	۱۸/۵۴	-	-	کرواسی	۶۴
۰/۰۱	۱۶/۵	-	-	بلغارستان	۶۵
۰/۰۱	۱۵/۸۲	-	-	سوئد	۶۶
۰/۰۱	۱۱/۳۴	-	-	لتونی	۶۷
۰/۰۰۴	۷/۸	-	-	اوگاندا	۶۸
۰/۰۰۳	۵/۶	-	-	الجزایر	۶۹
۰/۰۰۱	۲/۵	-	-	دانمارک	۷۰
۰/۰۰۱	۲/۴۸	-	-	اسلوانی	۷۱
۰/۰۰۰۸	۱/۵	-	-	بنگلادش	۷۲
۰/۰۰۰۷	۱/۳	-	-	اسواتینی	۷۳
۰/۰۰۰۷	۱/۲	-	-	تاجیکستان	۷۴
۰/۰۰۰۶	۱	-	-	ویتنام	۷۵
۰/۰۰۰۳	۰/۵	-	-	کامبوج	۷۶
۰/۰۰۰۳	۰/۵	-	-	لائوس	۷۷
۰/۰۰۰۲	۰/۴۴	-	-	لوکزامبورگ	۷۸
۰/۰۰۰۱	۰/۲۷	-	-	قبرس	۷۹
	۱۸۰۴۳۸/۶۴	۱۵۶۷۳۸/۹۶	۱۰۶۵۰۵/۲۳	کل	
	۶۹/۴۲٪ نسبت به ۲۰۰۹	۴۷/۱۷٪ نسبت به ۲۰۰۹		درصد تغییرات	
	۱۵/۱۲٪ نسبت به ۲۰۱۴				

منبع: Kassam et al. 2018

اطلاعات جدول ۱ حاکی از پذیرش جهانی کشاورزی حفاظتی و گسترش روز افزون آن است. بر اساس این اطلاعات، توسعه کشاورزی حفاظتی در جهان در سال ۲۰۱۶ نسبت به سال ۲۰۱۴ حدود ۱۵ درصد و در مقایسه با سال ۲۰۰۹ بیش از ۶۹ درصد بوده است و این روند همچنان ادامه دارد. در این بین، ۹۱/۷ درصد سطح اختصاص یافته به کشاورزی حفاظتی دنیا مربوط به ۱۰ کشور است و ایران با ۱۵۰ هزار هکتار، در رتبه ۵۹ قرار دارد. آمار ارائه شده در این جدول و همچنین سایر گزارش‌های موجود نشان می‌دهند که کشاورزی حفاظتی در گستره وسیعی از اراضی کشاورزی جهان، از مناطق استوایی (مثل کنیا و تانزانیا) تا بخش‌های شمالی قطب (مثل فنلاند) و تا ۵۰ درجه عرض جغرافیایی در جنوب (مثل جزایر فالکلند)، از سطح دریا در برخی کشورهای جهان تا ۳۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا (مثل بولیوی و کلمبیا) و از مناطقی با بارش‌های سنگین (مثل برزیل و شیلی به ترتیب با میانگین ۲ و ۳ هزار میلی‌متر در سال) تا مناطق خیلی خشک (مثل مراکش و غرب استرالیا با میانگین بارش ۲۵۰ میلی‌متر در سال) توسعه یافته است (Kassam et al., Derpsch and Friedrich 2015). این نظام در صورت وجود ماشین‌آلات مناسب، در خاک‌های مختلف، از ۹۰ درصد شن (مانند شمال آفریقا) تا ۸۰ درصد رس (مثل بخش‌هایی از برزیل) و بسیار چسبیده (مثل خاک‌های اروپا) قابل اجرا خواهد بود. خاک‌ورزی حفاظتی در هر سطحی از اراضی کشاورزی (از نیم هکتار در چین تا چندین هزار هکتار در آمریکا، استرالیا و برزیل) و برای هر گونه گیاه زراعی قابل اجرا است (Derpsch and Friedrich 2015, Kassam et al. 2018).

در هر حال، در کنار محدودیت‌های مختلف، وجود علف‌های هرز و مدیریت سخت این گیاهان در نظام‌های کشاورزی حفاظتی از درجه اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند. در این دستنامه سعی بر آن است تا با تشریح ابعاد مختلف، راهکارهای مناسب مدیریت علف‌های هرز در اختیار خواننده قرار گیرد.

تاثیر نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی بر علف‌های هرز

قرن‌هاست که عملیات خاک‌ورزی نقش قابل توجهی (مثبت و منفی) بر جمعیت علف‌های هرز داشته است. این عملیات توزیع بذر علف‌های هرز در خاک، جوانه‌زنی، قطع اندام‌های هوایی و یا ریشه‌کشی، اختلاط علف‌کش‌ها با خاک و یا ماندگاری باقی‌مانده علف‌کش‌ها در خاک را تحت تاثیر قرار داده و بنابراین، حذف شخم معمولاً تاثیر قابل توجهی بر پویایی جمعیت برخی علف‌های هرز دارد و ترکیب آنها را دستخوش تغییرات می‌کند (Lee and Thierfelder 2017, Swanton *et al.* 1993). از آنجا که یکی از دلایل زیر و رو کردن خاک کنترل علف‌های هرز است، واضح است که مشکلات علف‌های هرز (و بخصوص گونه‌های چندساله) در شرایط شخم کنترل شده بیشتر خواهد شد. کشاورزان در نظام‌های کشاورزی رایج محدودیتی برای اجرای عملیات خاک‌ورزی و استفاده از ابزارهای کنترل مکانیکی علف‌های هرز ندارند و به همین دلیل، گونه‌های یک‌ساله و چندساله به خوبی کنترل خواهند شد. این در حالی است که محدودیت‌های موجود در نظام کشاورزی حفاظتی، زمینه‌ی افزایش جمعیت برخی گونه‌های چندساله را فراهم آورده که این امر، یکی از مهمترین دلایل عدم پذیرش همگانی نظام‌های کم خاک‌ورزی در دنیا می‌باشد (Sims *et al.* 2018). البته، باید توجه داشت که مشکل علف‌های هرز در سال‌های اول اجرای نظام خاک‌ورزی حفاظتی بیشتر خواهد بود. در سال‌های اول اجرای این نظام و به دلیل عدم آماده بودن زمین، جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه زراعی آهسته و غیر یکنواخت می‌باشد. این موضوع، پوشش سریع زمین توسط گیاه زراعی و سایه اندازی آن بر روی علف‌های هرز را مختل و به دلیل وجود فضاهای خالی بیشتر در سطح مزرعه (به دلیل تراکم کم گیاه زراعی) و یا رشد کم بوته‌های سبز شده، دستیابی به پتانسیل رقابتی این گونه‌ها تامین نخواهد شد. با توجه به اینکه اغلب علف‌های هرز (در مقایسه با گیاهان زراعی) توانایی لازم برای رشد در شرایط نامناسب را دارند، در طول سال‌های اولیه تغییر نظام، زمینه لازم برای تثبیت سریعتر علف‌های هرز در مزرعه و غلبه آنها بر گیاه زراعی فراهم خواهد شد و به همین دلیل، مراقبت از مزرعه و مدیریت یا کنترل گونه‌های ناخواسته بسیار ضروری است. این در حالی است که با گذشت زمان و شکل‌گیری ساختار خاک، وضعیت جوانه‌زنی، توسعه ریشه و رشد گیاه زراعی بهبود می‌یابد و ضمن بروز قابلیت‌های رقابتی آنها، سطح مزرعه سریعتر پوشش یافته و امکان مقابله با علف‌های هرز برای آنها فراهم خواهد شد.

تاثیر خاک‌ورزی بر بانک بذر و جوانه‌زنی علف‌های هرز

خاک‌ورزی و عملیات شخم به طرق مختلف بر بانک بذر علف‌های هرز تاثیر می‌گذارد. نتایج مطالعات مختلف در خصوص تاثیر شخم بر بانک بذر متناقض است، بطوری که در برخی موارد عملیات شخم موجب افزایش و در برخی موارد موجب کاهش ذخیره بذر علف‌های هرز در خاک شده است. عملیات شخم موجب انتقال و دفن بذر علف‌های هرز به عمق و یا جابجایی آنها از عمق به سطح خاک می‌شود و با محدود کردن و یا تأمین شرایط محیطی لازم (مثل نور و رطوبت)، زمینه جوانه‌زنی و یا توقف آنها را فراهم می‌کند. در هر حال، تاثیر عملیات خاک‌ورزی بر بذر و بسته به نوع گونه علف هرز و درشتی و یا ریزی بذر و همچنین اندام‌های رویشی تکثیری آنها و همچنین

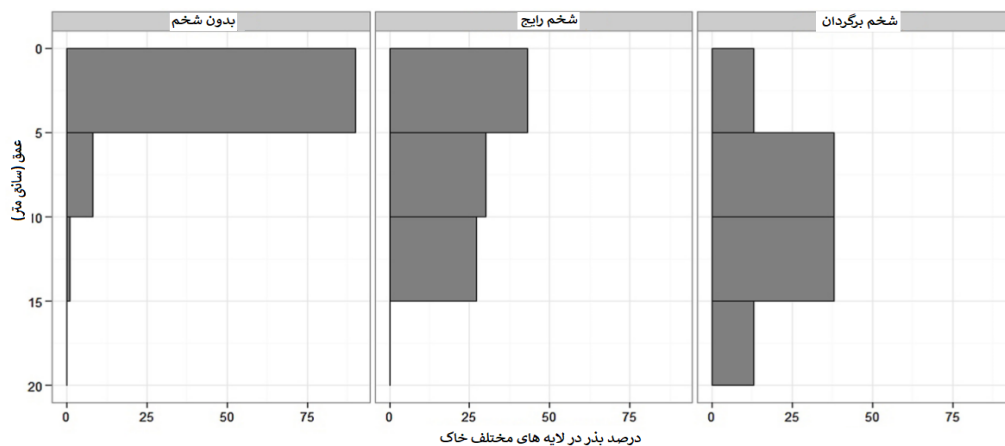
سوابق قبلی مدیریت مزرعه متفاوت می‌باشد (Nichols et al. 2015، Lee and Thierfelder 2017). در مجموع، بررسی مطالعات مختلف نشان می‌دهد که واکنش بانک بذر علف‌های هرز به خاک‌ورزی مبهم است و بیان دقیق اتفاقات رخ داده در خصوص تغییرات بانک بذر زمانی میسر خواهد شد که کشاورزان و یا کارشناسان گونه خاصی از علف‌های هرز را مد نظر قرار داده و ذخیره بذر آن در خاک را در طول یک دوره مشخص بررسی نمایند. با توجه به اینکه واکنش بذر علف‌های هرز به خاک‌ورزی بسته به گونه گیاهی متفاوت است، در ادامه به نتایج برخی مطالعات در خصوص بذر گونه‌های مختلف علف‌های هرز پرداخته شده است.

علف‌های هرز بذر ریز: معمولاً، علف‌های هرز یک‌ساله بذر ریز که برای شکست خواب و جوانه‌زنی نیاز به نور دارند، در سال اول استقرار نظام‌های شخم حداقل و یا بدون شخم، غالب خواهند شد (Lee and Thierfelder 2017، Sims et al. 2018). بذر برخی علف‌های هرز برای جوانه‌زنی و سبز شدن نیاز به خراش و تخریب پوسته دارند. این نیاز در نظام کشاورزی رایج و به دنبال استفاده از ابزار و ادوات کشاورزی تامین می‌شود و زمینه جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز فوق فراهم می‌گردد. این در حالی است که جمعیت این گونه‌ها در نظام کشاورزی حفاظتی و به دلیل کاهش عملیات خاک‌ورزی کاهش خواهد داشت. در بررسی‌های جمالی نیز مشخص شد که تعداد بذر علف‌های هرز بذر ریز (مثل سلمه‌تره، کاهوک، خاکشیر، خرفه و بی‌تی‌راخ) در نظام خاک‌ورزی کامل کمتر از تیمار بی‌خاک‌ورزی است (جمالی ۱۳۹۷). زمان جوانه‌زنی علف‌های هرز نیز معمولاً در دو نظام زراعی رایج و حفاظتی متفاوت است. به عنوان مثال، سلمه‌تره (*Chenopodium album*)، دم‌روباهی، هفت بند و یولاف وحشی (*Avena fatua*) در نظام کشاورزی حفاظتی زودتر جوانه می‌زنند و این در حالی است که خردل وحشی و تاج خروس (*A. retroflexus*) در نظام رایج زودتر از حفاظتی جوانه خواهند زد (Farooq and Siddique 2015).

علف‌های هرز بذر درشت: جابجایی بذر علف‌های هرز بذر درشت در پروفیل خاک متفاوت از گونه‌هایی است که بذر ریز دارند. نتیجه یک بررسی نشان داد که عملیات شخم به دلیل انتقال بذر یولاف وحشی (*A. fatua*) به عمق خاک، عدم دریافت علف‌کش و جوانه‌زنی بذور بزرگتر و احتمالاً دوره خواب بذر، موجب افزایش جمعیت و فشار این علف هرز شد و به دلایل فوق، تاثیر مثبت دفن بذور از طریق شخم نفی شد (Lee and Thierfelder 2017, Mangin et al. 2016). با این حال، مطالعات جمالی مشخص کرد که تعداد بذور یولاف (*A. fatua*) و جودره در نظام بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی کامل کاهش می‌یابد (جمالی و احمدوند، ۱۳۹۴ و جمالی ۱۳۹۷). مهاجری (۱۳۸۹) نیز گزارش کرد که گاواهن برگردان‌دار نسبت به قلمی (شخم حداقل)، تاثیر معنی‌داری در روند افزایش تراکم و به ویژه وزن خشک یولاف (*A. fatua*) دارد. در این بررسی مشخص شد که گاواهن برگردان‌دار موجب دفن بذور درشت و افزایش دوام دراز مدت آنها در لایه‌های خاک می‌گردد (برداشت از منبع جمالی، ۱۳۹۷). در بررسی‌های بازوبندی (۱۳۹۶) نیز مشخص شد که تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در نظام بدون خاک‌ورزی بیشتر از نظام کم خاک‌ورزی و شخم معمول است. نظر به اینکه در این بررسی عملکرد محصول در دو تیمار شخم حداقل و خاک‌ورزی معمول تفاوت آماری نشان نداد، به نظر می‌رسد جهت کنترل علف‌های هرز نیاز به بهم زدن بیش از حد خاک نیست و سطح حداقلی از خاک‌ورزی می‌تواند خسارت علف‌های هرز را به زیر سطح آستانه اقتصادی پایین بیاورد.

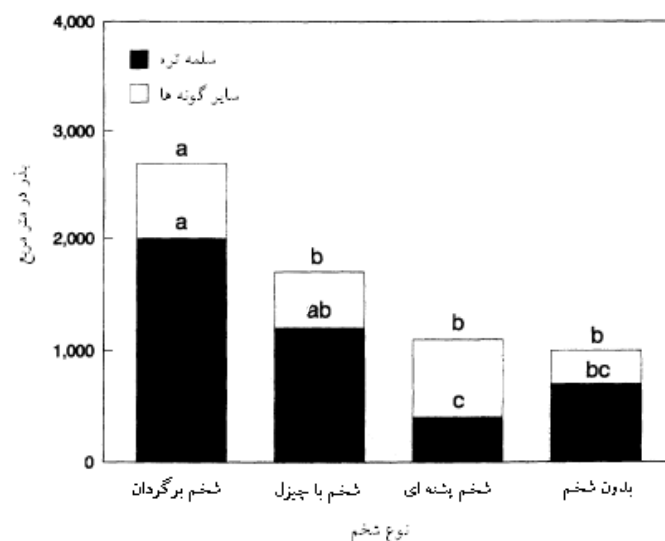
اندام‌های رویشی تکثیر شونده: تاثیر نظام خاک‌ورزی بر تکثیر و پراکنش اندام‌های رویشی علف‌های هرز چندساله کمتر مورد مطالعه محققان قرار گرفته است. این گونه‌ها هم از طریق بذر و هم از طریق اندام‌های رویشی تکثیر می‌یابند و طبیعتاً حذف شخم می‌تواند تاثیر مثبت و یا منفی متعددی بر گسترش آنها داشته باشد. آنچه مسلم است، در نظام کشاورزی حفاظتی و به دلیل حذف و یا کاهش عملیات خاک‌ورزی، اندام‌های هوایی گونه‌های چندساله قطع نشده و زمینه گسترش و توسعه اندام‌های تکثیری رو زمینی و یا زیرزمینی (مثل ریزوم، استولون و غده) فراهم و تراکم آنها در واحد سطح افزایش خواهد یافت. در یک بررسی مشخص شد که غده‌های اویارسلام (*Cyperus rotundus L.*) قادرند از عمق ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر جوانه بزنند. هرچند قابلیت فوق در اویارسلام و امکان جوانه‌زنی غده‌های آن از عمق خاک، اثر مثبت شخم بر کنترل علف‌های هرز را رد می‌کند (روزخوش و همکاران ۲۰۱۷) اما در حالت عکس، با انجام عملیات شخم، غده‌های مستقر در عمق خاک بیرون آورده شده که در صورت جمع آوری و سوزاندن آنها، از جمعیت این علف هرز کاسته خواهد شد. بررسی‌های جمالی (۱۳۹۵) نیز مشخص کرد که در نظام خاک‌ورزی حفاظتی، ضمن تقویت بانک بذر قیاق و پیچک، تراکم این گونه‌ها در مقایسه با تیمار خاک‌ورزی رایج افزایش قابل توجهی می‌یابند.

توزیع عمودی بذر علف‌های هرز در خاک: توزیع عمودی بذر علف‌های هرز از جمله مواردی است که تحت تاثیر عملیات شخم بوده و تعیین کننده نوع گونه‌های علف‌های هرزی است که در جریان رقابت قرار خواهند گرفت. بررسی‌های کوهان و همکاران (Chauhan et al. 2014) نشان داد که کاهش عملیات خاک‌ورزی و بهم زدن خاک (کاربرد یک بار دیسک سطحی) موجب می‌گردد تا ۷۵ درصد بذر علف‌های هرز در لایه ۱ سانتی‌متری سطح خاک قرار گیرند و این در حالی بود که شخم کامل موجب انتقال ۷۵ درصد بذور به لایه ۵-۱ سانتی‌متری شد. بر اساس نتایج مطالعات مختلف، نظام‌های بدون شخم از طریق فرآیندهای تدریجی تخریب بذر، چرخه یخ زدگی-خشکی و موجودات خاک، توزیع عمودی بذر علف‌های هرز در خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهند. نظام‌های بدون شخم، موجب تمرکز حدود ۶۰ تا ۹۰ درصد بذر علف‌های هرز در لایه صفر تا ۵ سانتی‌متری سطح خاک (در نظام بدون شخم بیشتر در لایه صفر تا ۲ سانتی‌متری و در نظام شخم حداقل بیشتر در لایه ۲ تا ۵ سانتی‌متری) می‌شوند و بذور جدید به محدوده و لایه زیر ۵ سانتی‌متر وارد نمی‌شوند (شکل ۵) (کوچکی و برومندرضازاده ۱۳۸۸، جمالی و احمدوند ۱۳۹۴، Swanton et al. 1993، Macchia et al. 1996، Clements et al. 1996، Swanton, Farooq and Siddique 2015, Nichols et al. 2015, Gillespie 2006, Nalewaja, 2001 et al. 2000).



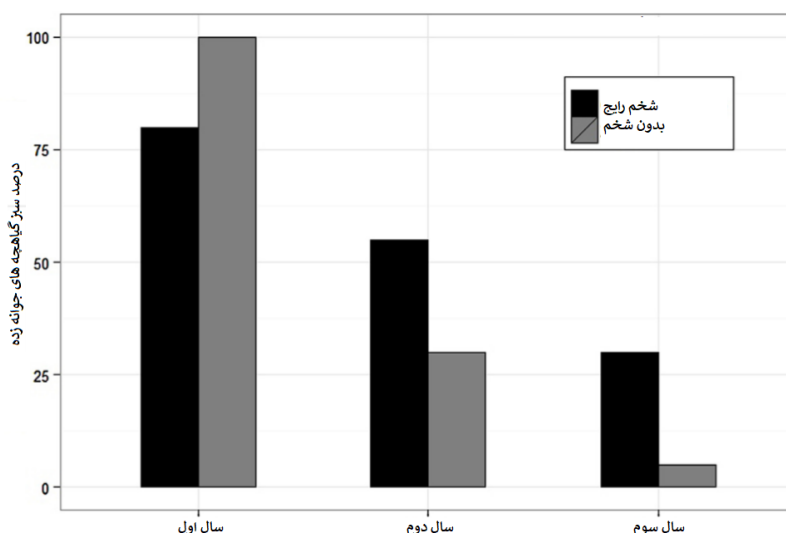
شکل ۵: توزیع عمودی بذر علف‌های هرز در خاک تحت تاثیر نظام‌های مختلف خاک‌ورزی (Nichols *et al.* 2015).

بنابراین، در نظام‌های بدون شخم، درصد بیشتری از بذر علف‌های هرز در لایه‌های سطحی خاک قرار می‌گیرند که در این شرایط، علاوه بر امکان جوانه‌زنی بیشتر (به دلیل شکسته شدن خواب بذر و رطوبت، دما، نور و تهویه بیشتر)، بذرها در معرض حمله موجودات (مورچه‌ها، موش، پرندگان و سایر شکارگرهای بذر) و عوامل بیمارگر و همچنین شرایط نامساعد محیطی قرار گرفته و از بین خواهند رفت. حضور بذور در سطح خاک در برابر عوامل محیطی و جوی از جمله آفتاب و باد، شکارگرها مانند قارچ‌ها، باکتری‌ها، پرندگان، کرم‌های خاکی، حشرات (به‌ویژه مورچه‌ها) موجب پوسیدگی، مرگ و کاهش تراکم آنها می‌گردد (جمالی ۱۳۹۷). این بذور در حضور رطوبت و نور جوانه می‌زنند اما قبل از ظهور ریشه‌چه در بستر نامناسب، قادر به ادامه حیات نیستند. نقش شکارگرها در کاهش بذر علف‌های هرز مهم است، بطوری که بر اساس نتایج یک بررسی، تعداد بذر سوروف (*Echinochloa crus-galli*) در اثر شکار آنها توسط موجودات، از ۲۰۰۰ به ۳۶۰ بذر در متر مربع کاهش یافت (Farooq and Siddique 2015). مجموعه این عوامل، زمینه تخلیه بانک بذر علف‌های هرز در دراز مدت را فراهم کرده و در صورتی که اجازه تولید بذر جدید به علف‌های هرز موجود در مزرعه داده نشود، شاهد کاهش ذخیره بذر علف‌های هرز در نظام‌های بدون شخم خواهیم بود (Nichols *et al.* 2015, Swanton *et al.* 1993, Clements *et al.* 1996) (شکل ۶).



شکل ۶: ذخیره بانک بذر علف‌های هرز در نظام‌های مختلف خاک‌ورزی (منبع: Clements *et al.* 1996)

در شرایطی که خاک بهم می‌خورد، ضمن مساعد شدن بستر آن جهت نفوذ و توسعه ریشه، متغیرهای محیطی افزایش خواهند یافت و در صورت مساعد بودن آنها، تعداد بذر بیشتری از علف‌های هرز جوانه زده و در مزرعه مستقر خواهند شد (Clements *et al.* 1996 و Nichols *et al.* 2015). بطور معمول، در سال اول اجرای شخم حفاظتی، به دلیل ریزش و استقرار بذر علف‌های هرز در سطح خاک، شرایط جوانه‌زنی مهیاتر است اما در سالهای بعد و در صورت جلوگیری از ریزش بذرهای جدید بر سطح خاک، جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه علف‌های هرز در نظام حفاظتی و در مقایسه با شخم رایج کمتر خواهد شد (شکل ۷) (Nichols *et al.* 2015). در سالهای دوم به بعد از اجرای نظام بدون شخم و به دلیل مقاومت بیشتر خاک، درصد کمتری از بذور جوانه زده سبز خواهند شد و علاوه بر این، امکان جوانه‌زنی بذرهای مستقر در لایه‌های عمیق‌تر خاک نیز فراهم نمی‌شود. علاوه بر این، حتی در صورت جوانه‌زنی بذوری که در سطح خاک قرار گرفته‌اند، گیاهچه به دلیل مقاومت خاک، قادر به نفوذ ریشه خود به داخل نبوده و از این جهت، مستقر نمی‌شود و از بین خواهد رفت (Nichols *et al.* 2015). در این شرایط و در صورت اعمال برنامه‌های مدیریتی دیگر، بانک بذر علف‌های هرز تقویت نمی‌شود و به تدریج در طول چندین سال، جمعیت علف‌های هرز کاهش خواهد یافت.



شکل ۷: تاثیر شخم بر جوانه‌زنی و سبز بذر علف‌های هرز (Nichols *et al.* 2015)

بقای بذر از جمله نکات دیگری است که تحت تاثیر نظام خاک‌ورزی قرار می‌گیرد. بسیاری از بذور علف‌های هرز در صورت قرار گرفتن در عمق خاک، سالها زنده خواهند ماند و در صورت انتقال به سطح خاک، جوانه زده و تکثیر می‌شوند. این در حالی است که بررسی‌های میلر و نالوواجا (Miler and Nalewaja 1990) نشان داد که طول عمر بذور مستقر در لایه ۴ سانتی‌متری سطح خاک، نصف بذوری است که در لایه ۲۸ سانتی‌متری مستقر شده بودند (جدول ۲). بنابراین، با توجه به اینکه در نظام‌های کم خاک‌ورزی و یا بدون خاک‌ورزی بذور علف‌های هرز در سطح خاک مستقر می‌شوند، معمولاً طول عمر آنها کاهش می‌یابد و در صورتی که عملیات کنترلی به درستی انجام شود و از تولید و ریزش بذرهای جدید جلوگیری و یا از انتقال بذرهای قدیمی به سطح خاک ممانعت گردد، به تدریج و در دراز مدت جمعیت علف‌های هرز کاهش خواهد یافت.

جدول ۲: تاثیر عمق استقرار بذر در خاک و طول مدت زمان آن بر قوه نامیه بذر یولاف وحشی (*A. fatua*)

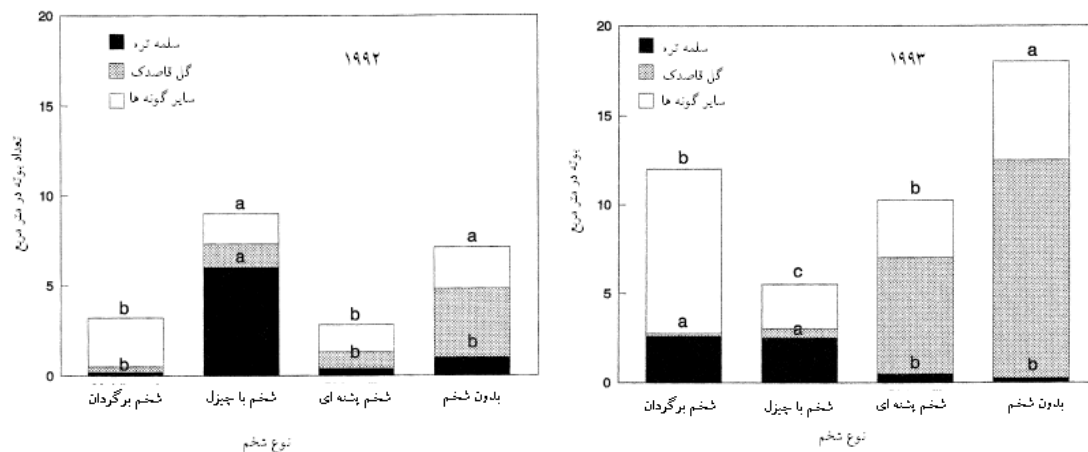
زمان (ماه)				عمق
۱۶۸	۶۰	۳۳	۷	(سانتی متر)
۰	۲	۶	۱۵	۴-۰
۰	۹	۱۵	۲۵	۱۶-۱۲
۱	۱۵	۲۳	۲۹	۲۸-۲۶

(منبع: Miler and Nalewaja 1990)

تاثیر خاک‌ورزی بر ترکیب و تراکم علف‌های هرز

مدیریت مزرعه تاثیرات متعددی بر جمعیت علف‌های هرز دارد و انتظار می‌رود تغییر در عملیات خاک‌ورزی نیز ترکیب علف‌های هرز موجود در مزرعه را تحت تاثیر قرار دهد. با تغییر رژیم خاک‌ورزی، فرآیند بهم خوردگی خاک دگرگون می‌شود که متعاقب آن، ترکیب گونه‌ای علف‌های هرز دستخوش تغییر خواهد شد. معمولاً، در مقایسه با خاک‌های شخم خورده، در نظام‌های بدون شخم تنوع گونه‌ای علف‌های هرز در بانک بذر، بوته‌های جوانه‌زده و یا هر دو آنها بیشتر خواهد شد (Nichols *et al.* 2015). این تفاوت در سالهای اول تغییر نظام از رایج به حفاظتی بیشتر است، بطوری که بررسی‌های بلاکشا و همکاران (Blackshaw *et al.* 2015) نشان داد که در سه سال اول یک دوره دوازده ساله از تناوب زراعی، تراکم علف‌های هرز در نظام بدون شخم بیشتر از نظام رایج است و در سالهای بعد، این تفاوت به حداقل می‌رسد. تغییر در توزیع عمودی بذر در خاک و گسترش مقاومت به علف‌کش‌ها از جمله مهمترین عوامل موثر در تغییر ترکیب علف‌های هرز منطقه می‌باشند (Tow *et al.* 2011). به طور معمول و بدون در نظر گرفتن تاثیر تناوب زراعی و شرایط آب و هوایی، تنوع گونه‌ای علف‌های هرز، جمعیت علف‌های هرز چندساله و همچنین علف‌های هرزی که امکان جوانه‌زنی بذر آنها از سطح خاک فراهم است (مثل: گونه‌های باریک برگ) در نظام‌های شخم حفاظتی رو به افزایش خواهد گذاشت. این در حالی است که در نظام‌های رایج، معمولاً جمعیت علف‌های هرز یک ساله پهن برگ بیشتر است (شکل ۸) (کوچکی و همکاران ۱۳۸۴، کوچکی و برومندرازاده ۱۳۸۸، Swanton *et al.* 1993، 1996، Clements *et al.* 2001، Childs 2001، Nalewaja 2001، Farooq and Siddique 2015، Nichols *et al.* 2015). بر اساس گزارش فاروق و صدیق (Farooq and Siddique 2015)، جوانه‌زنی علف‌های هرز سوروف (*Echinochloa colona* L.) و اوبارسلام (*Cyperus iria* L.) در نظام رایج و به دلیل کوچکی بذر و انتقال آنها به عمق خاک توسط شخم، کمتر است. در هر حال، ممکن است بذور ریز علف‌های هرز (مثل علف قناری) نیز در نظام حفاظتی و به دلیل فشردگی بیشتر خاک، نوسانات کمتر دمایی، دریافت کمتر نور، سطوح پایین معدنی شدن نیتروژن و تبادلات کمتر گازی کاهش یابد (Farooq and Siddique 2015). در بررسی‌های جمالی (۱۳۹۷) نیز مشخص شد که تیمارهای خاک‌ورزی موجب تغییر ترکیب علف‌های هرز مزرعه می‌شود، به طوری که در شرایط بی‌خاک‌ورزی، علف‌های هرز دائمی شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra*)، قیاق (*Sorghum halepense*)، پیچک (*Convolvulus arvensis*)، پنیرک (*Malva neglecta*)، گل گندم زرد (*Centurea solstitialis*) و همچنین علف‌هرز یک‌ساله بی‌تی‌راخ (*Galium aparine*) غالب شدند اما جمعیت یولاف وحشی (*Avena ludoviciana*) به شدت کاهش یافت.

افزایش جمعیت علف‌های هرز چندساله در نظام‌های شخم حفاظتی به عدم انتقال اندام‌های رویشی تکثیری به عمق و در مکانی که شرایط برای جوانه‌زنی مناسب نمی‌باشد، ربط داده شده است. از طرفی در این نظام، گیاه از ریشه در آورده نشده و زمینه‌ی مرگ آنها فراهم نمی‌شود (Shrestha *et al.* 2006). بر اساس گزارش‌های موجود، علف‌های هرز چندساله تک لپه در نظام حفاظتی تهدید بیشتری نسبت به دوپله‌ای‌ها هستند (Farooq and Siddique 2015). با این حال، گزارش‌های موجود در خصوص تغییر ترکیب علف‌های هرز در نظام‌های کم خاک‌ورزی همراه با تناقض است. به عنوان مثال، در حالی که روک و آرنولد (Wrucke and Arnold 1985) و درکسن و همکاران (Derksen *et al.* 1993) الگوی پراکنش یکسانی را برای علف‌های هرز پهن‌برگ در دو نظام رایج و حفاظتی گزارش کردند، سوآنتون و همکاران (Swanton *et al.* 1999) ترکیب علف‌های هرز را تحت تاثیر نوع عملیات شخم دانستند.



شکل ۸: تغییر تراکم جمعیت علف‌های هرز در نظام بدون خاک‌ورزی به دلیل افزایش جمعیت علف‌های هرز چندساله (Clements *et al.* 1996).






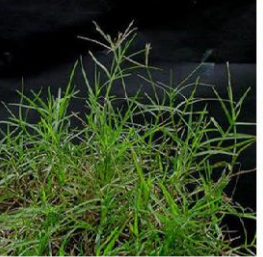






علف‌های هرز مشکل ساز در نظام‌های کشاورزی حفاظتی ایران

همانطور که قبلاً بیان شد، جمعیت علف‌های هرز در طول سالهای تغییر نظام کشاورزی از رایج به حفاظتی تغییر خواهد کرد. در سالهای اول، عمدتاً علف‌های هرز یک‌ساله مشکل ساز هستند و با گذشت زمان و بهبود شرایط خاک برای استقرار بهتر و افزایش توان رقابت گیاه زراعی، و همچنین شکار تدریجی بذر علف‌های هرز توسط موجودات (مورچه‌ها و پرندگان) و جوانه‌زنی تعدادی دیگر از آنها، از جمعیت علف‌های هرز یک‌ساله کاسته شده و چندساله‌ها مستقر خواهند شد.








در ایران مطالعات طولانی مدت برای بررسی پویایی و تغییر جمعیت علف‌های هرز در نظام‌های کشاورزی حفاظتی صورت نگرفته است. با این حال، در اندک مطالعات انجام شده، گزارش‌هایی از تثبیت برخی گونه‌های علف هرز ارائه شده است که در شکل ۹ به مهمترین آنها اشاره شده است.

شکل ۹: مهمترین علف‌های هرز مشکل ساز در استان‌های مختلف کشور





خانواده های گندمیان و جگن ها

<i>Secal cereal</i> : جاودار:	<i>Phalaris minor</i> : خونی واش:	<i>Avena fatua</i> : یولاف وحشی:	<i>Lolium rigidum</i> : ججم:
			
<i>Bromus tectorum</i> : علف بشمی:	<i>Cynodon dactylon</i> : بنجه مرغی:	<i>Agropyrum repens</i> : مرغ:	<i>Sorghum halepense</i> : قیاق:
			
<i>Cyperus rotundus</i> : اویارسلام:	<i>Setaria viridis</i> : دم روپاهی:	<i>Echinochloa crus-galli</i> : سوروف:	<i>Hordeum spontaneum</i> : جودره:
			





خانواده کاسنی

<i>Lactuca serriola</i> : کاهو وحشی:	<i>Xanthium spinosum</i> : توف خاردار:	<i>Carduus oxyacanthus</i> : گرزگ وحشی:	<i>Cirsium arvensis</i> : خارلنه:
			
<i>Sonchus asper</i> : شیرتیغک:	<i>Conyza canadensis</i> : علف اسپ:	<i>Carduus spp.</i> : تاتاری	<i>Senecio vulgaris</i> : زلف پیر:
			









خانواده شب بو

<i>Raphanus raphanistrum</i> : منداب	<i>Cardaria draba</i> : ازمک	<i>Sinapis arvensis</i> : خردل وحشی	<i>Descurainia sophia</i> : خاکشیر تلخ
			

خانواده نخود

<i>Melilotus officinalis</i> : شاه افسر	<i>Sophora alopecuroides</i> : تلخ بیان	<i>Glycyrrhiza glabra</i> : شیرین بیان	<i>Alhagi camelorum</i> : خارشتر
			

سایر خانواده ها

<i>Amaranthus retroflexus</i> : تاج خروس	<i>Polygonum aviculare</i> : هفت بند	<i>Salsola kali</i> : علف شور	<i>Chenopodium album</i> : سلمه تره
			
<i>Malva neglecta</i> : پنیرک	<i>Lepydiclis holosteoides</i> : ارشه خطای	<i>Convolvulus arvensis</i> : پیچک	<i>Datura stramonium</i> : تاتوره
			

بقایای گیاه زراعی

بقایای گیاهی از طریق تغییر شرایط رطوبتی و دمایی خاک، تولید ترکیبات دگرآسیب^۱، سایه اندازی بر سطح زمین و ایجاد مانع فیزیکی برای سبز شدن و رشد علف‌های هرز، جمعیت این گونه‌ها را تحت تاثیر قرار خواهد داد. طبق تعاریف ارائه شده، در نظام‌های حفاظتی باید بعد از عملیات کاشت حداقل ۳۰ درصد سطح زمین توسط بقایای گیاهی پوشیده شود. مقدار وزنی بقایا جهت تحقق این سطح، برای گونه‌های گیاهی و در اقلیم‌ها و انواع مختلف خاک‌ها بین ۳ تا ۲۰ تن در هکتار متفاوت (Lee and Thierfelder 2017) و در برخی مناطق حتی کمتر است. به عنوان مثال، در یک بررسی مقدار مناسب بقایا برای گیاهان زراعی ریز دانه ۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار توصیه شده است (آسودار و همکاران ۱۳۹۶) (جدول ۳). این مقدار به شرایط خاک نیز وابسته و به صورت زیر (کادر ۲) قابل توصیه است (Corsi and Muminjanov 2019):

کادر ۲: مقدار بقایای مورد نیاز در خاک‌های مختلف

- ۱- برای خاک‌های نسبتاً سنگین ۱ تن در هکتار
- ۲- برای خاک‌هایی با ساختمان متوسط، ۱/۵ تن در هکتار
- ۳- برای خاک‌هایی با بافت شنی ۲/۵ تن در هکتار

بر این اساس، ممکن است مدیریت علف‌های هرز از طریق تولید و حفظ بقایا در زراعت‌های خرده مالکی که مقدار بقایای زیادی در طول دوره رشد گیاه تولید نمی‌شود، مشکل ساز شود. در این شرایط بهتر است گونه‌هایی از گیاهان زراعی در تناوب قرار گیرند (مثل غلات در مقایسه با دانه‌های روغنی) که مقدار بقایای زیادی تولید می‌کنند. به عنوان مثال، هر یک تن گندم حدود ۷۰۰ کیلوگرم بقایا تولید می‌کند که این مقدار، به رقم گیاه زراعی، شرایط آب و هوایی و خسارت آفات و عوامل بیمارگر بستگی دارد. بنابراین، در صورتی که مقدار محصول گندم و جو ۲ تا ۳ تن در هکتار باشد، مقدار کاه تولیدی برای چرای دام و همچنین پوشش سطح خاک کافی خواهد بود. این در حالی است که گیاهان زراعی نخود و عدس قادر به تولید این مقدار کاه و به تبع، پوشش سطح زمین نخواهند بود (Corsi and Muminjanov 2019).

بقایای گیاهی ممکن است در نظام خاک‌ورزی رایج نیز در مزرعه باقی بمانند اما در این نظام، بقایا با خاک مخلوط می‌شوند ولی در نظام خاک‌ورزی حفاظتی، اندام‌های گیاهی به صورت خوابیده و یا ایستاده در سطح خاک باقی خواهند ماند (شکل ۱۰) و از طریق تاثیر بر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک (حفاظت فیزیکی خاک و متعاقب آن کاهش نوسانات دمایی، حفظ رطوبت و کاهش نور)، جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز را تحت تاثیر قرار خواهند داد (Farooq and Siddique 2015 و Nichols et al. 2015). البته، معمولاً نور موجود در سطح مزرعه جهت جوانه‌زنی اغلب بذوری که در لایه‌های فوقانی خاک قرار دارند کافی است و از این جهت، نقش کاهش نور توسط بقایا در جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز قابل توجه نمی‌باشد (Nichols et al. 2015). وجود بقایای گیاهی در سطح خاک، دمای آنرا تحت تاثیر قرار

¹ - Allelopathy

می‌دهد و این تاثیر، عمدتاً بر حداکثر دمای روزانه خاک است نه حداقل آن. این امر میانگین دمای خاک (سردتر بودن آن) را پایین آورده و نوسانات شدید دمایی را کم خواهد کرد. باید توجه داشت، برخی علف‌های هرز جهت جوانه‌زنی نیازمند دریافت نوسانات دمایی هستند (نجفی و همکاران ۱۳۸۵) و از این جهت، وجود بقایا سرعت جوانه‌زنی را کاهش و زمان آن را به تاخیر خواهد انداخت (Nichols *et al.* 2015). در این ارتباط، نوع بقایای گیاهی مهم است. علاوه بر این، حفظ بقایا در سطح خاک موجب تاخیر در تغییر دمای خاک بعد از سپری شدن دوره سرما در زمستان می‌شود و ضمن آزادسازی مواد شیمیایی دگرآسیب، کاهش کارایی علف‌کش‌های خاک مصرف را نیز به دنبال خواهد داشت (کارتز ۱۹۹۴ در منبع کوچکی و همکاران ۱۳۸۴).

جدول ۳: مقدار بقایای گیاهی تولیدی توسط محصولات زراعی در اقلیم‌های خشک، نیمه خشک و معتدل کشور

مقدار تقریبی بقایا (تن در هکتار)	محصول	اقلیم/میزان بارندگی
۲-۷	گندم-جو	خشک (زیر ۲۰۰ میلی‌متر)
۸-۱۲	ذرت دانه‌ای	
۱-۲	ذرت علوفه‌ای	
۳-۴	گندم	نیمه خشک (۲۰۰-۴۰۰ میلی‌متر)
۱۰-۱۲	ذرت دانه‌ای	
۳-۵	ذرت علوفه‌ای	
۲	سیب زمینی	
۱/۵	چغندر قند	
۳-۶	سویا	معتدل (بیشتر از ۴۰۰ میلی‌متر)
۲-۵	گندم	
۲	سیب زمینی	
۱/۵	چغندر قند	

منبع: وزارت جهاد کشاورزی، معاونت زراعت (امامی، ۱۳۹۳)



شکل ۱۰: کاشت لوبیا در بقایای گندم در استان زنجان

وجود بقایای گیاهی ذخیره رطوبتی خاک را نیز افزایش می‌دهد. هر دو عامل ذخیره رطوبتی و دمای خاک، بقاء بذرهای ریز علف‌های هرز در نظام شخم حفاظتی و در مقایسه با زراعت مرسوم را بیشتر خواهد کرد (Nalewaja 2001). بدین ترتیب، در شرایط رطوبتی کم (به عنوان مثال در مناطق خشک)، تاثیر بقایا بر جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز مثبت خواهد بود اما در شرایطی که رطوبت خاک کافی است، این تاثیر قابل توجه نمی‌باشد. این موضوع دلیلی است برای گزارشاتی که نقش بقایا بر کاهش جمعیت علف‌های هرز در آنها نقض شده است (Nichols et al. 2015).

با توجه به تاثیر بیشتر بقایای گیاهی بر گونه‌های پهن برگ (جدول ۴)، انتظار کاهش جمعیت این گونه‌ها در دراز مدت طبیعی است. در هر حال، ضمن آنکه در کاربرد بقایای گیاهی باید توان دگرآسیبی آنها نیز مد نظر قرار گیرد، باید توجه داشت، تاثیر بقایای گیاهی بسته به نوع گیاه زراعی و عملیات خاک‌ورزی متفاوت خواهد بود (جدول ۴) (نجفی و زند ۱۳۹۰). در بین گیاهان مختلف، بقایای چاودار، گندم، برنج، جو، یونجه، آفتابگردان، سورگوم، یولاف (*A. fatua*) و برخی گونه‌های شبدر توان دگرآسیبی دارند و بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه علف‌های هرز تاثیر منفی خواهند داشت (Nichols et al. 2015). در برزیل، سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) به عنوان گیاه پوششی و یا کود سبز در نظام کشاورزی حفاظتی و عمدتاً به دلیل توان دگرآسیبی آن و توقف جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز، کشت می‌شود (Lee and Thierfelder 2017).

جدول ۴: تاثیر بقایای گیاهی و شخم بر جمعیت علف‌های هرز

درصد کنترل علف هرز		تیمار بقایا و شخم
مزرعه چاودار	مزرعه گندم	
۳۰	۹	حذف بقایا + شخم
۵۰	۴۳	حذف بقایا + بدون شخم
۶۰	۶۰	حذف بقایا + شخم + جایگزینی بقایا
۸۱	۷۶	حفظ بقایا + بدون شخم

درصد کنترل علف هرز		تیمار نوع بقایا
باریک برگ	پهن برگ	
۷۰	۸۵	چاودار
۶۱	۷۴	گندم
۵۴	۷۵	جو
۶۴	۸۰	یولاف
۴۱	۶۳	بدون مالچ

(منبع: Worsham, 1989)

از دیگر اثرات بقایای گیاهی می‌توان به نقش آنها در تامین غذا و فراهم آوردن زیستگاه مناسب برای جانوران شکارچی بذر در خاک (مثل مورچه‌ها) اشاره کرد. افزایش جمعیت این موجودات در مزرعه موجب شکار بیشتر بذر علف‌های هرز و کاهش تعداد آنها در مزرعه خواهد شد

(Nichols *et al.* 2015). علاوه بر این، رطوبت بیشتر در خاکهایی که سطح آنها توسط بقایا پوشیده شده است، زمینه تخریب و فساد بیشتر بذر را فراهم خواهد کرد و از این طریق نیز جمعیت آنها کاهش خواهد یافت.

تاثیر بقایای گیاهی بر رشد و استقرار بذور جوانه زده

پوشش فیزیکی سطح زمین توسط بقایای گیاهی، نفوذ نور به داخل خاک را کاهش داده و از سبز شدن گیاهچه جلوگیری خواهد کرد. گیاهچه‌های جوانه زده در خاک، در جستجوی نور به جهات مختلف حرکت می‌کنند و ضمن تخلیه ذخیره انرژی، اتیوله و ضعیف شده و مستعد خسارت توسط علف‌کش‌ها می‌شوند. مقدار بقایای لازم جهت جلوگیری از خروج گیاهچه علف‌های هرز از خاک بسته به نوع گیاه زراعی، نوع علف‌هرز، خاک و شرایط زراعی-اکولوژیکی منطقه متفاوت و بین ۲ تا ۲۰ تن در هکتار گزارش شده است (Nichols *et al.* 2015 و Lee and Thierfelder 2017). این مقدار برای گیاهان زراعی دانه ریز (مثل گندم و جو) ۲ تا ۸ و برای گونه‌های دانه درشت (مثل ذرت) ۶ تا ۱۷ تن در هکتار است (Nichols *et al.* 2015). لزوم افزایش درصد بقایای چاودار و ماشک جهت کاهش جمعیت علف‌های هرز نیز ضروری ذکر شده است (Lee and Thierfelder 2017). در تناوب‌های گندم-ذرت و گندم-چغندر قند نیز به ترتیب حداقل ۳/۴ و ۳ تن در هکتار بقایای گندم لازم است تا کاهشی قابل توجه در زیست توده علف‌های هرز ایجاد کند، در حالی که این مقدار برای کشت ممتد ذرت، ۶ تن در هکتار گزارش شده است (نجفی ۱۳۹۰، Ngwira *et al.* 2014). کارایی بقایای گیاهی در کاهش جوانه‌زنی بذر به گونه علف هرز نیز بستگی دارد، بطوری که مقدار ۶ تن در هکتار از بقایای گیاهی قادر به کاهش ۸۰ تا ۹۵ درصدی جوانه‌زنی علف‌های هرز *Echinochloa colona*، *Cyperus iria*، *Dactyloctenium aegyptium*، *Echinochloa crus-galli* شده است اما تنها ۳۵ درصد از جوانه‌زنی *Echinochloa crus-galli* است (Farooq and Siddique 2015).

همانطور که قبلاً اشاره شد، در نظام کشاورزی حفاظتی، باید حداقل ۳۰ درصد سطح زمین توسط بقایای گیاهی پوشیده شود. هر چند این مقدار جهت بهبود کیفیت خاک کافی است اما ممکن است برای جلوگیری از سبز شدن گیاهچه علف‌های هرز کفایت نکند. حتی تامین این مقدار بقایا به خصوص در اراضی کوچک و در مناطق نیمه خشک مشکل خواهد بود و از این جهت، باید گیاهانی در برنامه تناوب قرار گیرند که مقدار بقایای بیشتری تولید می‌کنند (به عنوان مثال غلات در مقایسه با گیاهان روغنی و یا لگوم‌ها) (Lee and Thierfelder 2017). کاشت گیاه پوششی در مناطق خشک در صورت تولید مقدار کافی بقایا از درجه اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود. در این ارتباط، انتخاب گیاه پوششی مهم است. مقاومت گیاه به خشکی، رشد سریع و تولید مقدار زیاد بقایا توسط گیاه پوششی جهت مدیریت علف‌های هرز در نظام کشاورزی حفاظتی از درجه اهمیت بالایی برخوردار است. از جمله گونه‌هایی که از خصوصیات فوق برخوردار بوده و در استرالیا مورد استفاده قرار می‌گیرند *Avena strigosa* Schreb.، *Lablab purpureus* L. و *Mucuna pruriens* L. هستند (Lee and Thierfelder 2017).

در هر حال باید توجه داشت، در برخی شرایط، بقایای گیاهی بجای بازدارندگی، موجب تقویت رشد علف‌های هرز می‌شود و گاهی نیز بجای کمک به استقرار و تقویت رشد گونه‌های زراعی، از رشد آنها جلوگیری به عمل می‌آورد. به عنوان مثال، در شرایطی که مقدار بقایا کم باشد، ذخیره رطوبتی ناشی از وجود بقایا، شرایط را به نفع برخی علف‌های هرز تغییر داده و جوانه‌زنی و رشد آنها را تسریع می‌کند. به همین دلیل

برای کنترل این گونه‌ها، بجای گذاشتن مقادیر بالایی از بقایای گیاهی بر روی سطح خاک ضروری است (Lee and Thierfelder 2017). علاوه بر این، ممکن است به منظور تهیه‌ی مقدار کافی بقایا و همچنین تأثیر بهتر آنها بر علف‌های هرز، وارد کردن تعداد بیشتری از گونه‌های زراعی در تناوب ضروری باشد (نجفی و همکاران، ۱۳۸۵). علاوه بر مقدار بقایا، مرفولوژی اندام گیاهی نیز بر کارایی آن تأثیر دارد. به عنوان مثال، ساقه‌های ذرت در مقایسه با برگ‌های آن از کارایی کمتری در کنترل علف‌های هرز برخوردارند (Lee and Thierfelder 2017).

در کنار مزایای متعددی که برای پوشش زمین توسط بقایا به آن اشاره شد، اثرات منفی متعددی نیز برای آن ذکر شده است. کاهش کارایی علف‌کش‌ها، بذرها و کولتیواتورها و همچنین اثرات دگرآسیبی، حفظ رطوبت در خاک و جوانه‌زنی بیشتر علف‌های هرز و زیستگاهی برای آفات و عوامل بیمارگر از جمله نکات منفی است که برای بقایای گیاهی ذکر شده است. برخی معتقدند که وجود بقایا در سطح خاک، به دلیل ممانعت از دریافت سم توسط علف‌های هرز، موجب کاهش اثر علف‌کش‌ها می‌شود. این در حالی است که برخی دیگر، غیرفعال شدن علف‌کش‌ها در اثر بقایای گیاهی را موقتی دانسته و معتقدند که این سموم به دنبال ریزش باران آزاد و وارد خاک می‌شوند (Derksen *et al.* 1996، Ngwira *et al.* 2014) و از این جهت، نیازی به کاربرد مقادیر بیشتر علف‌کش نخواهد بود (Nichols *et al.* 2015).

مدیریت علف‌های هرز در نظام‌های کشاورزی حفاظتی

مدیریت علف‌های هرز در نظام‌های کشاورزی حفاظتی با آنچه در نظام‌های رایج توصیه می‌شوند، متفاوت و حتی به واسطه عدم دفن بذر علف‌های هرز در خاک و کاهش کارایی علف‌کش‌های خاک مصرف (به دلیل عدم امکان اختلاط مکانیکی آنها با خاک) سخت‌تر است (Lee and Thierfelder 2017). همانگونه که قبلاً بیان شد، بذر علف‌های هرز در نظام‌های بدون شخم و یا شخم حداقل، در لایه‌های صفر تا ۵ سانتی‌متری خاک مستقر می‌شوند. در این لایه، شرایط برای جوانه‌زنی مناسب و به همین جهت، تراکم علف‌های هرز در مزرعه و بخصوص در سالهای اول تغییر نظام، بیشتر خواهد بود (Chauhan *et al.* 2012). در هر حال، چنانچه در سالهای اولیه شروع کشاورزی حفاظتی، روش‌های صحیح مدیریت بکارگرفته شوند، جمعیت علف‌های هرز به تدریج کاهش خواهد یافت.

مدیریت علف‌های هرز در نظام کشاورزی حفاظتی نیازمند سه مولفه‌ی: دسترسی به کارگر، علف‌کش و ماشین آلات مناسب (سطح مکانیزاسیون) است. با توجه به اینکه دسترسی به منابع و نهاده‌ها در نقاط مختلف کشور یکسان نیست، ممکن است روش‌های کارآمد برای یک منطقه، در مناطق دیگر قابل توصیه نباشند. از این جهت، باید راهبردهای مدیریتی در مناطق مختلف، متناسب با امکانات موجود در منطقه طراحی و ترویج شوند. در این نظام، از یک طرف کاهش عملیات خاک‌ورزی امکان اجرای روش‌های معمول کنترل مکانیکی علف‌های هرز را فراهم نمی‌کند و نیازمند ابزار و ادوات تخصصی است و از طرفی، ممکن است علف‌کش‌های مورد نیاز در دسترس نبوده و یا به دلیل قیمت بالا و دانش اندک کشاورزان قابل استفاده نباشند. علاوه بر این، حتی در صورت وجود علف‌کش‌ها و سهولت دسترسی کشاورزان به آنها، افزایش کاربرد علف‌کش‌ها در سال‌های اول (که از مشخصه‌های کشاورزی حفاظتی می‌باشد) خطرات زیست محیطی و همچنین ظهور پدیده مقاومت در علف‌های هرز را به دنبال خواهد داشت (Clements *et al.* 1996). باید توجه داشت، در کشاورزی حفاظتی و به دلیل محدودیت کاربرد سایر روش‌های کنترلی، کاربرد علف‌کش‌ها افزایش می‌یابد و این افزایش عمدتاً در اثر تکرار سمپاشی و کاربرد

متوالی علف‌کش‌های مشابه و یا مختلف در یک دوره است. در این شرایط، چنانچه تنوع علف‌کش‌های موجود در کشور کم و یا مکانیزم عمل آنها یکسان باشد، ظهور پدید مقاومت به دلیل افزایش تعداد دفعات سمپاشی با علف‌کش‌هایی با مکانیزم عمل مشابه در یک دوره زراعی و در سالهای متوالی، قابل پیش بینی است و باید مورد توجه برنامه‌ریزان قرار گیرد. بدین ترتیب، مدیریت علف‌های هرز در این نظام تنها در صورت بکارگیری راهکارهای جایگزین (کادر ۳) و تلفیقی از روش‌های مختلف موفقیت آمیز خواهد بود.

کادر ۳: راهکارهای کلی مدیریت علف‌های هرز در نظام کشاورزی حفاظتی

- پیش‌گیری از آلودگی مزرعه
- حذف فیزیکی و وجین دستی علف‌های هرز
- جلوگیری از تولید بذر توسط علف‌های هرز جهت تخلیه بانک بذر آنها در خاک
- اجرای تناوب زراعی کارآمد برای سرکوب علف‌های هرز
- کاشت گیاه پوششی مناسب جهت خفه کردن علف‌های هرز
- پوشش زمین توسط بقایای گیاهی جهت ممانعت از جوانه‌زنی و رشد گیاهچه
- کاربرد علف‌کش‌ها

در ادامه، کاربردی‌ترین روش‌های کنترل علف‌های هرز در نظام‌های زراعی حفاظتی مورد بررسی قرار گرفته است. در بین روش‌های مختلف، پیش‌گیری از آلودگی مزرعه به علف‌های هرز و جلوگیری از پیش‌روی آنها در مزرعه اقتصادی‌ترین روش مدیریت علف‌های هرز است. در روش‌های پیش‌گیرانه، استفاده از بذر عاری از علف‌های هرز و جلوگیری از تولید بذر و یا ریزش بذر علف‌های هرز در مزرعه بسیار با اهمیت است (Chauhan et al. 2012). توصیه می‌گردد، کشاورزان با توجه به امکانات موجود در منطقه و توان مالی خود، یک یا چند روش را انتخاب و ضمن مشورت با کارشناسان، نسبت به اجرای آنها اقدام نمایند. در اغلب موارد، انتخاب صحیح و تلفیق روش‌های مختلف در مدت زمان ۳ سال، منجر به کاهش جمعیت علف‌های هرز شده است.

مدیریت غیرشیمیایی علف‌های هرز

لازمه موفقیت در مدیریت علف‌های هرز، شناخت خصوصیات و رفتارهای بیواکولوژیکی آنها در نظام‌های زراعی-باغی است. شناخت این خصوصیات به کشاورزان کمک خواهد کرد تا با انتخاب بهترین روش مدیریتی، کم‌هزینه‌ترین و کارآمدترین روش مدیریتی را بکارگیرند. در کنار روش‌های پیش‌گیرانه (کادر ۴) و بر اساس گونه علف‌های هرز و گیاه زراعی، روش‌های فیزیکی و زراعی مختلفی در دنیا تجربه شده که بسته به امکانات و دانش کارشناسان و کشاورزان کشور، برای کنترل علف‌های هرز قابل توصیه هستند. وجین دستی، استفاده از کج بیل، پوشش بذر با علف‌کش، رقابت (استفاده از ارقام مناسب)، آفتاب‌دهی، کنترل حرارتی، استفاده از شعله افکن، کود سبز، پوشش زمین توسط بقایای گیاهی، کشت مخلوط، تناوب زراعی و جمع‌آوری بذر علف‌های هرز از جمله مهم‌ترین راهکارهای مدیریت غیرشیمیایی می‌باشند که همانند کشاورزی رایج، در نظام‌های کشاورزی حفاظتی نیز قابل توصیه هستند (Lee and Thierfelder 2017). برخی از این

روش‌ها (مانند آفتابدهی، کنترل حرارتی، استفاده از شعله افکن) نیاز به امکانات، توان مالی و دانش خاص دارند که به دلیل شرایط کشاورزی ایران، در حال حاضر قابل توصیه نمی‌باشد. ذکر آنها در این دست‌نامه، اطلاع‌رسانی تجربیاتی است که در کشورهای پیشرو به دست آمده تا در صورت توسعه دانش و فراهم آمدن امکانات آنها در کشور، مورد استفاده قرار گیرند. در کادر ۴، مهمترین روش‌های پیش‌گیرانه مدیریت علف‌های هرز در نظام کشاورزی حفاظتی ذکر شده است.

کادر ۴: روش‌های پیش‌گیری از آلودگی مزارع به علف‌های هرز

- استفاده از بذر محصولات زراعی عاری از بذر علف‌های هرز
- تمیز کردن کانالهای آبرسانی، حاشیه جاده‌ها و فنس‌ها
- تمیز کردن ماشین‌آلات قبل از ورود به مزرعه
- جلوگیری از انتقال بذر یا اندام‌های علف‌های هرز از یک منطقه به منطقه دیگر
- استفاده از کودهای دامی پوسیده و عاری از بذر علف هرز
- حذف فیزیکی علف‌های هرز و ممانعت از تولید بذر در آنها
- نظارت مستمر بر رعایت توصیه‌های کارشناسان

بیولوژی و اکولوژی علف‌های هرز

شناخت بیولوژی و اکولوژی علف‌های هرز غالب مزرعه از جمله راهکارهای مهمی است که ضمن کاهش مصرف علف‌کش‌ها، نقش قابل توجهی در کاهش جمعیت علف‌های هرز خواهد داشت. چرخه زندگی گیاه، نحوه تکثیر علف‌هرز، خواب بذر، نحوه پراکنش بذر یا اندام‌های رویشی، توان تولید ترکیبات دگرآسیب، ساختار تاج پوش و توان رقابت گیاه از جمله خصوصیات هستند که شناخت آنها می‌تواند در موفقیت مدیریت علف‌های هرز موثر باشد.

در برنامه‌های مدیریت علف‌های هرز، تعیین ترکیب علف‌های هرز موجود در مزرعه و راهبردهای تکثیر آنها از درجه اهمیت بالایی برخوردار است. معمولاً گونه‌هایی که در نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی مشاهده می‌شوند، دارای چند راهبرد تکثیر می‌باشند. در این ارتباط، می‌توان به خارلته (*Cirsium arvense*) (دارای راهبردهای پراکنش بذر توسط باد، بانک غنی بذر و تکثیر رویشی) و قاصدک (*Taraxacum officinale*) (دارای راهبردهای تکثیر رویشی و پراکنش بذر توسط باد اشاره کرد (Swanton et al. 1993)). شناخت راهبردهای فوق و جلوگیری از شکل‌گیری آنها نقش قابل توجهی در کاهش جمعیت این گیاهان خواهد داشت. چنانچه تولید بذر در علف‌های هرز تحت کنترل و همراه با پوشش زمین توسط بقایای گیاهی، رعایت تناوب زراعی، کاشت گونه‌های پوششی و یا هر نوع دیگری از مالچ‌ها باشد، به تدریج و طی سالیان متمادی ذخیره بذر علف‌های هرز در خاک کاهش می‌یابد (Nalewaja 2001).

تناوب زراعی

بطور معمول، عملکرد محصولات زراعی در صورت رعایت تناوب زراعی بیشتر و پایدارتر است. این امر به دلیل بهبود شرایط خاک و کاهش مشکلات ناشی از آفات نباتی است (Chauhan *et al.* 2012). سودمندیهایی ناشی از تناوب زراعی بستگی به گیاهان انتخاب شده برای تناوب و نحوه چینش آنها در سالهای مختلف دارد. کشت ممتد یک گیاه در مزرعه و یا کاشت گونه‌های گیاهی که عملیات زراعی مشابه دارند، شرایط را برای غالبیت برخی علف‌های هرز فراهم کرده و با گذشت زمان، کنترل این گونه‌ها مشکل خواهد شد. به عنوان مثال، در مناطق گرم و در کشت ممتد غلات، شرایط برای غالبیت بروموس (*Bromus spp.*) فراهم خواهد شد و از این جهت، قرار گرفتن غلات در تناوب با محصولاتی که دوره رشد متفاوت دارند، بسیار با اهمیت است (Chauhan *et al.* 2012). در نظام‌های کشاورزی حفاظتی، تناوب زراعی از درجه اهمیت بسیار بالا برخوردار است. رعایت تناوب در این نظام، از طریق تاثیر بر علف‌های هرز، بیماری‌های گیاهی، توزیع ریشه، قابلیت دسترسی بیشتر به منابع غذایی و آب، زمینه‌ی افزایش پتانسیل عملکرد محصولات زراعی را فراهم می‌کند (Chauhan *et al.* 2014). بر این اساس، تناوب زراعی از مهمترین مولفه‌های مدیریت علف‌های هرز در نظام‌های زراعی و به خصوص نظام‌های حفاظتی است. تناوب مطلوب از طریق تغییر در روش مدیریت گیاه هرز، بهم زدن چرخه زندگی آن، تغییر در الگوی رقابت گیاه برای جذب منابع و تولید ترکیبات دگرآسیب از فشار انتخابی علف‌های هرز می‌کاهد و از تکرار چیرگی آنها بر گیاه زراعی و متعاقب آن، استقرار این گیاهان در منطقه جلوگیری خواهد کرد (Nichols *et al.* 2015، Vishwakarma *et al.* 2017). در واقع، تناوب زراعی نقش یک آفت‌کش طبیعی را بازی می‌کند و تضمینی برای درآمد کشاورزان خواهد بود. از دیدگاه مدیریت علف‌های هرز، تناوب زراعی مطلوب تناوبی است که:

- حجم بقایای گیاهی تولید شده در هر دوره، امکان توقف یا بازدارندگی جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز را فراهم آورد،
- مدیریت مقاومت به علف‌کش‌ها را تسهیل کند،
- امکان مدیریت برخی علف‌های هرز خاص در محصولاتی که با محدودیت علف‌کش انتخابی مواجه هستند (مثل خردل وحشی در کلزا) را فراهم آورد.

در نظام‌های تک کشتی و یا در تناوب‌های کوتاه مدت، زمینه افزایش جمعیت علف‌های هرزی که چرخه زندگی مشابه با گیاه زراعی دارند، فراهم خواهد شد (Clements *et al.* 1996) و در صورت انتخاب گونه‌های زراعی مناسب در تناوب، ضمن پایداری در تولید محصولات زراعی، جمعیت علف‌های هرز کاهش و مقدار مصرف علف‌کش‌ها و آلودگی‌های زیست محیطی به حداقل خواهد رسید (نجفی و همکاران ۱۳۸۵، Clements *et al.* 1996). بررسی‌های مختلف نشان داده است که امکان مدیریت موفق گیاهان پایا در نظام‌های تناوبی که شامل ۲ (یا بیشتر) گیاه زراعی باشند، بیشتر است (Nichols *et al.* 2015). سرعت رشد برخی گیاهان زراعی نسبت به گونه‌های دیگر بیشتر و پوشش زمین توسط آنها سریعتر خواهد بود. در صورت وجود این گیاهان در برنامه تناوب، ضمن تاثیرات مثبت فراوان بر خاک، زمینه کاهش جمعیت علف‌های هرز فراهم خواهد شد (Clements *et al.* 1996، Vishwakarma *et al.* 2017).

تناوب زراعی بانک بذر علف‌های هرز در خاک را به دلیل تغییر در زمان انجام و همچنین نوع عملیات زراعی، تغییر خواهد داد. چنانچه تاریخ کاشت گیاهان تناوبی متفاوت باشد، بانک بذر تخلیه و در صورت تشابه در تاریخ کاشت، ذخیره بذر علف‌های هرز در خاک تقویت

خواهد شد (Nichols *et al.* 2015). در صورت رعایت تناوب زراعی، دسترسی زمانی و مکانی به منابع جهت جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز تغییر خواهد کرد و به عنوان مثال، در شرایطی که منطقه با محدودیت آب مواجه باشد، در صورت تداوم کشت‌های آبی بهاره جمعیت علف‌های هرز بهاره افزایش خواهد یافت و در صورت تداوم کشت‌های پاییزه، جوانه‌زنی علف‌های هرز پاییزه بیشتر خواهد بود. رعایت تناوب زراعی، چرخه جوانه‌زنی را بهم زده و جمعیت علف‌های هرز متعادل خواهد شد.

گیاه پوششی در کشت‌های حفاظتی

در نظام کشاورزی حفاظتی، وجود یک گیاه پوششی در برنامه تناوب زراعی، ضمن تاثیر مطلوب بر خاک، اثراتی قابل توجه بر کاهش جمعیت علف‌های هرز خواهد داشت. گیاه پوششی می‌تواند به عنوان مالچ زنده و یا مرده (بقایای گیاهی)، عاملی بازدارنده برای جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز در حدواسط زمانی بین کاشت دو گیاه زراعی اصلی محسوب شود. این گیاهان بخوبی قادرند علف‌های هرز یک‌ساله را کنترل کرده و در صورت کاشت متراکم آنها و انتخاب گونه مناسب، علف‌های هرز چند ساله نیز کنترل خواهند شد. نتیجه یک بررسی نشان داد که تراکم علف هرز چچم یک ساله در مزرعه گندم و به دنبال کاشت کود سبز لوپن تا یک سوم کاهش یافت. این در حالی بوده که جمعیت این علف هرز بعد از کاشت کود سبز یولاف کمتر از ۲۰ درصد کاهش داشت (Farooq and Siddique 2015). تجربیات به دست آمده در هندوستان نشان می‌دهد که کاشت گیاه *Sesbania* (به عنوان گیاه پوششی) می‌تواند در عرض ۶۰ روز حدود ۳۰ تن در هکتار زیست توده تولید کند. در این شرایط، اغلب علف‌های هرز نیز کنترل شدند (Mahapatra *et al.* 2004). در بررسی‌های لارنی و همکاران (Larney *et al.* 2016) نیز اثر مطلوب گیاه پوششی بر علف‌های هرز موجود در کشت حفاظتی چغندر قند ثابت شد. در این بررسی که ۱۲ سال به طول انجامید، یولاف و چاودار زمستانه به عنوان گیاه پوششی در حدواسط زمان کاشت گیاهان زراعی اصلی کشت شدند. تاثیر مطلوب کاشت گیاه پوششی تریتیکاله (*Triticosecale wittmack*) در حدواسط بین ردیف‌های کاشت چغندر قند توسط نجفی (۱۳۹۱) و (۱۳۹۳) نیز به اثبات رسید. بر اساس نتایج این بررسی‌ها، می‌توان تریتیکاله را در پاییز کاشت و در بهار آنرا حذف کرد. در طول پاییز و زمستان، گیاه پوششی سبز و سطح زمین را پوشش خواهد داد. این گیاه را می‌توان در بهار و تا مراحل قبل یا همزمان با کاشت و یا حتی تا مرحله ۴ برگی چغندر قند حفظ و سپس نسبت به حذف آن اقدام کرد. جهت حذف تریتیکاله در قبل یا همزمان کاشت چغندر قند، می‌توان از علف‌کش راندآپ (و یا پاراکوات) و در مرحله ۴ برگی چغندر قند، صرفاً از علف‌کش گالانت سوپر (و یا دیگر باریک برگ‌کش‌های انتخابی چغندر قند) استفاده کرد. از این طریق، چغندر قند در بستری عاری از علف‌های هرز رشد و بخوبی مستقر خواهد شد.

توصیه‌های کاربردی جهت مدیریت علف‌های هرز از طریق تناوب زراعی

تناوب‌های زراعی قابل توصیه برای هر منطقه متفاوت و بسته به شرایط اقلیم، امکانات موجود در منطقه، دانش کشاورزان، مسائل اقتصادی و سنت‌های رایج در منطقه متفاوت می‌باشند. با این حال، تغییر شرایط اقلیمی و جمعیت علف‌های هرز منطقه دو عامل مهم هستند که ممکن است ضرورت تغییر در تناوب‌های رایج منطقه را توجیه کنند.

با توجه به تغییر شرایط اقلیمی در دهه‌های اخیر و همچنین ظهور پدیده مقاومت به علف‌کش‌ها در بسیاری از نقاط جهان (منجمله ایران)، کشاورزان با گونه‌هایی از علف‌های هرز در محصولات خود مواجه شده‌اند که با علف‌کش‌های توصیه شده برای آن محصول به سختی

کنترل شده و یا اصلاً کنترل نمی‌شوند. از جمله این علف‌های هرز می‌توان به ارشته خطایی، چچم، یولاف وحشی (*A. fatua*)، خونی واش و چاودار در گندم، خردل وحشی در کلزا، گل جالیز در کلزا و گوجه فرنگی، پنی‌رک در چغندر قند و برخی گونه‌های مهاجم (مثل خربزه وحشی در سویا) اشاره کرد. بهترین راه مبارزه با این علف‌های هرز تناوب زراعی است. نظر به اینکه با تغییر الگوی کاشت، عملیات زراعی و همچنین نوع علف‌کش مصرفی در مزرعه تغییر می‌کند، کنترل علف‌های هرز نیز با هزینه و همچنین خطرات کمتری همراه خواهد بود. تناوب‌های زراعی در حال توصیه در نظام کشاورزی حفاظتی در ایران و برای مناطق مختلف و کشت‌های آبی و دیم متفاوت و عمدتاً شامل گیاهان زراعی گندم، کلزا، سویا، نخود، چغندر قند، گلرنگ، گیاهان علوفه‌ای (مثل یونجه، شبدر و ماشک)، ذرت (دانه‌ای و علوفه‌ای)، پنبه، عدس و ماش می‌باشند. با این حال، نظر به اینکه مدیریت علف‌های هرز در این نظام طی یک دوره ۳ تا ۵ ساله امکان‌پذیر خواهد بود، انتخاب بهترین تناوب و راهکار مدیریتی (مثل کاربرد علف‌کش) برای کنترل علف‌های هرز در هر محصول زراعی و همچنین در دوره آیش یا در حواسط کاشت دو گیاه زراعی بسیار مهم می‌باشد.

مدیریت علف‌های هرز در تناوب‌های زراعی رایج در شرایط دیم

بیش از ۹۶ درصد اراضی اختصاص یافته به نظام کشاورزی حفاظتی در دنیا جزء اراضی دیم می‌باشند. بنابراین، اساس کشاورزی حفاظتی بر دیم‌کاری استوار است (Regehr 2000) و از این جهت، باید در ایران نیز برنامه‌های خاصی جهت رفع محدودیت‌های تولید در شرایط دیم (مثل علف‌های هرز) و ارتقای دانش کشاورزان طراحی و به اجرا گذاشته شوند.

در سالهای اخیر نخود، عدس، گلرنگ و علوفه از جمله گونه‌هایی هستند که در نظام کشاورزی حفاظتی و شرایط دیم در تناوب با غلات کشت و توصیه می‌شوند (بی نام، ۱۳۹۳ (ب)). هر چند کشت این گیاهان در اقلیم‌های سرد و معتدل کشور و در تناوب با غلات به منظور پایداری عملکرد و درآمد کشاورزان می‌باشد، اما عدم وجود تعداد کافی علف‌کش ثبت شده در کشور برای هر یک از محصولات فوق امکان مدیریت علف‌های هرز و موفقیت نظام کشاورزی در شرایط دیم را مشکل ساخته است. به همین دلیل، مدیریت علف‌های هرز (و بخصوص چندساله‌ها) در دوره آیش از درجه اهمیت بالایی برخوردار است.

تناوب غلات- آیش: در نظام‌های کم خاک‌ورزی (شخم حداقل)، انجام عملیات شخم با گاو آهن پنجه‌غازی در عمق ۱۰ سانتی‌متر جهت کنترل علف‌های هرزی که زمان رویش آنها در بهار است، بسیار کارساز خواهد بود. علاوه بر این، کاربرد گاو آهن قلمی (چیزل) در پاییز به عمق ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر بعد از برداشت غلات و قبل از بارندگی (بی نام، ۱۳۹۳ (ب))، بخشی دیگر از علف‌های هرز آخر فصل را از بین خواهد برد. پس از بارندگی اولیه در پاییز و سبز شدن برخی علف‌های هرز (از جمله جودره (*Hordeum spontaneum*)) نیز می‌توان از چیزل یا علف‌کش‌های عمومی جهت کنترل بوته‌های سبز شده استفاده کرد. در کنار روش‌های مکانیکی، کنترل شیمیایی علف‌های هرز در دوره آیش نیز توصیه می‌شود. علف‌های هرز چندساله را می‌توان در دوره آیش و عمدتاً توسط علف‌کش‌های گلیفوسیت و پاراکوات با رفتار لکه‌ای و یا سرتاسری کنترل کرد (جدول ۵). برای کسب نتیجه بهتر، کاربرد علف‌کش گلیفوسیت بیشتر توصیه می‌شود. این علف‌کش سیستمیک است و در داخل گیاه حرکت و اندام‌های مختلف (منجمله اندام‌های زیرزمینی) را از بین می‌برد. کارایی این علف‌کش به همراه سولفات آمونیوم بیشتر و بهترین زمان کاربرد آن، مرحله شروع گلدهی علف‌های هرز و هنگامی است که شیره پرورده گیاه در حال حرکت

به سمت اندام‌های زیرزمینی می‌باشد. با تکرار عملیات سمپاشی توسط این علف‌کش و در دوره‌های متناوب، اندام‌های زیرزمینی این گیاهان ضعیف و برنامه‌های کنترلی آنها با موفقیت بیشتری همراه خواهد بود. در برخی مناطق، کنترل علف‌های هرز چندساله (مثل شیرین بیان) توسط علف‌کش توفوردی+ام سی پی آن نیز خوب ارزیابی شده است. در این ارتباط، ویسی (۱۳۸۸) گزارش کرد که کاربرد ۲ لیتر در هکتار از این علف‌کش منجر به کاهش ۸۰ درصدی زیست توده تولیدی توسط شیرین بیان و پس از یک دوره سه ساله شد.

جدول ۵: مدیریت شیمیایی علف‌های هرز در دوره آیش

علف‌کش	مقدار مصرف (لیتر در هکتار)	زمان کاربرد	توضیحات
گلیفوسیت	۳-۴	در مرحله ۲ تا ۴ برگی و تکرار سمپاشی در زمان شروع گلدهی گیاه	- کارایی این علف‌کش در صورت استفاده با سولفات آمونیوم افزایش می‌یابد - این علف‌کش سیستمیک است و برای کنترل علف‌های هرز چندساله کارایی بالاتر دارد
پاراکوآت	۳-۵	در زمان ۱۵-۱۰ سانتی متری علف‌های هرز	این علف‌کش تماسی است و صرفاً اندام‌های آغشته به سم را از بین می‌برد

- اطلاعات تکمیلی علف‌کش‌ها در پیوست ارائه شده است.

همانگونه که قبلاً ذکر شد، گندم، نخود، گلرنگ، عدس و علوفه از جمله گونه‌هایی هستند که برای تناوب‌های رایج در نظام‌های زراعی دیم (از جمله کم خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی) توصیه و کشت می‌شوند. بر اساس مطالعات مختلف صورت گرفته در سالهای اخیر، مهمترین توصیه های علف‌کشی برای کنترل علف‌های هرز در این محصولات، مطابق اطلاعات ارائه شده در جدول ۶ است.

جدول ۶: کنترل شیمیایی علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ در محصولات زراعی مختلف

گیاه زراعی	تیمار علف‌کش / دوز مصرف	زمان مصرف
گندم	بروموکسینیل + ام سی پی آ (برومایسید ام آ ۴۰٪ EC) به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار جهت کنترل علف‌های هرز پهن برگ	ابتدا تا انتهای پنجه زنی گندم
	توفوردی + ام سی پی آ (یو ۴۶، ۶۷٪ SL) به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار جهت کنترل علف‌های هرز پهن برگ	پنجه زنی تا تشکیل ساقه گندم
	تری بنورون متیل (گرانستار ۷۵٪ DF) به میزان ۲۰ گرم در هکتار جهت کنترل علف‌های هرز پهن برگ	ابتدا تا انتهای پنجه زنی گندم
	کلودینافوپ پروپازریل (تاپیک ۸۰٪ EC) به میزان ۰٫۸ لیتر در هکتار جهت کنترل علف‌های هرز باریک برگ	از اول تا پایان پنجه زنی گندم
جو	بروموکسینیل + ام سی پی آ (برومایسید ام آ ۴۰٪ EC) به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار جهت کنترل علف‌های هرز پهن برگ	ابتدا تا انتهای پنجه زنی جو
	توفوردی + ام سی پی آ (یو ۴۶، ۶۷٪ SL) به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار جهت کنترل علف‌های هرز پهن برگ	پنجه زنی تا تشکیل ساقه جو
	تری بنورون متیل (گرانستار ۷۵٪ DF) به میزان ۲۰ گرم در هکتار جهت کنترل علف‌های هرز پهن برگ	ابتدا تا انتهای پنجه زنی جو

از اول تا پایان پنجه زنی جو	پینوکسادن (آکسیال ۵٪ EC) به میزان ۱/۲ لیتر در هکتار جهت کنترل علف‌های هرز باریک برگ	
از اول تا پایان پنجه زنی جو و ۲ تا ۴ برگی علف‌های هرز باریک برگ	دیکلوفوپ متیل (ایلوکسان ۳۶٪ EC) به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار جهت کنترل علف‌های هرز باریک برگ	
پس رویش و در مرحله رویشی ۲ تا ۴ برگی علف‌های هرز استفاده شود	پیریدیت (لنتاگران ۶۰٪ EC) به میزان ۲ لیتر در هکتار	نخود
۳ برگی تا ساقه‌دهی باریک برگ‌ها	هالوکسی فوپ آر متیل استر (گالانت سوپر ۱۰/۸٪ EC) به میزان ۱ لیتر در هکتار، جهت کنترل علف‌های هرز باریک برگ	
قبل از کاشت و مخلوط با خاک، پیش رویش (پس از کشت و قبل از جوانه زنی گلرنگ و علف‌های هرز)	پندیمتالین (استامپ ۳۳٪ EC) به میزان ۳ لیتر در هکتار	گلرنگ
قبل از کاشت و مخلوط با خاک	اتال فلورالین (سونالان ۳۳/۳٪ EC) به میزان ۳ لیتر در هکتار	
قبل از کاشت و مخلوط با خاک	تری فلورالین (ترفلان ۴۸٪ EC) به میزان ۲ لیتر در هکتار	
پیش رویش (پس از کشت و قبل از جوانه زنی عدس و علف‌های هرز)	پندیمتالین (استامپ ۳۳٪ EC) به میزان ۳-۴/۵ لیتر در هکتار	عدس
۳ برگی تا ساقه‌دهی باریک برگ‌ها	هالوکسی فوپ آر متیل استر (گالانت سوپر ۱۰/۸٪ EC) به میزان ۱ لیتر در هکتار، جهت کنترل علف‌های هرز باریک برگ	
۳ برگی تا ساقه‌دهی باریک برگ‌ها	هالوکسی فوپ آر متیل استر (گالانت سوپر ۱۰/۸٪ EC) به میزان ۱ لیتر در هکتار، جهت کنترل علف‌های هرز باریک برگ	ماشک

رفرنس: شیخی و همکاران ۱۳۹۶، ویسی، م. ۱۳۹۹. یادداشت‌های منتشر نشده.

- اطلاعات تکمیلی علف‌کش‌ها در پیوست ارائه شده است.

علاوه بر روش‌های شیمیایی کنترل علف‌های هرز در دوره آیش، جلوگیری از تولید بذر توسط علف‌های هرزی که از عملیات سمپاشی فرار و مصون مانده‌اند نیز ضروری است. کنترل این بوته‌ها به جهت جلوگیری از ریزش بذر آن در خاک و در دوره‌های پایانی رشد، بسیار با اهمیت است. این عملیات را می‌توان توسط موور و یا کمباین و یا حتی چرای دام انجام داد. هر چند ممکن است انجام این عملیات توسط ماشین آلات در شرایط دیم و به دلیل جنبه‌های اقتصادی و کاهش هزینه‌ها مورد پذیرش کشاورزان قرار نگیرد اما اجرای این توصیه در سه سال اول برنامه کشاورزی حفاظتی، به دلیل کاهش تدریجی ذخیره بذر علف‌های هرز در خاک و همچنین جلوگیری از جابجایی و انتقال اندام‌های رویشی و بذر علف‌های هرز توسط دام مهم و در نهایت منجر به کاهش جمعیت علف‌های هرز در سالهای چهارم به بعد خواهد شد.

در جدول ۷، کنترل برخی علف‌های هرز خاص که در گندم، کلزا و پنبه مشکل ساز و توسط علف‌کش‌های انتخابی آنها کنترل نمی‌شوند، ارائه شده است. کشاورزان باید به طریقی برنامه‌ریزی کنند تا علف‌های هرز فوق در محصول تناوبی بعدی و با علف‌کش‌های انتخابی آنها مدیریت شوند.

جدول ۷: کنترل برخی علف‌های هرز خاص در تناوب گندم-کلزا و پنبه-سویا

گیاه زراعی	علف‌هرز مشکل ساز	مشکل	گیاه تناوبی مناسب	علف‌کش [*] /روش مناسب مدیریت
کلزا	خردل وحشی و شلمی	علف‌کش‌های ثبت شده برای کلزا قادر به کنترل مطلوب این گونه‌ها نیستند و از این جهت بهتر است آنها را در گیاه تناوبی بعدی کنترل کنیم	گندم	توفوردی
	گل جالیز		گیاهان غیر میزبان	حذف کلزا از برنامه تناوبی در اراضی آلوده
گندم	چاودار	علف‌کش‌های ثبت شده برای گندم قادر به کنترل مطلوب این گونه‌ها نیستند و از این جهت بهتر است آنها را در گیاه تناوبی بعدی کنترل کنیم	کلزا	گالانت سوپر
	ارشته خطایی		کلزا	بوتیزان استار
	بروموس		کلزا	گالانت سوپر
	چچم		کلزا	گالانت سوپر
	شیرین بیان		-	-
پنبه	اوپارسلام	این علف‌های هرز چندساله هستند و به راحتی با علف‌کش‌های ثبت شده برای گندم و پنبه کنترل نمی‌شوند	سویا	در اثر فشار گیاه زراعی و کاربرد علف‌کش بنتازون
	پیچک		-	-

* کاربرد علف‌کش‌ها بر اساس توصیه‌های رسمی سازمان حفظ نباتات و موسسه تحقیقات گیاه پزشکی باشد - اطلاعات تکمیلی علف‌کش‌ها در پیوست ارائه شده است.

کنترل فیزیکی

حذف فیزیکی علف‌های هرز از دیگر راه‌های کنترل آنها در نظام‌های بدون شخم می‌باشد. هرچند در این نظام، عملیات خاک‌ورزی حذف می‌شود اما همچنان فرصت حذف فیزیکی علف‌های هرز وجود دارد. در این ارتباط می‌توان به وجین دستی و حذف مکانیکی علف‌های هرز کوچک (کمتر از ۱۰ سانتی‌متر) توسط کج بیل در اراضی کوچک و یا در زمان بازسازی پشته‌ها در نظام کاشت بر روی پشته‌های ثابت اشاره کرد (Nichols et al. 2015, Lee and Thierfelder 2017). در سالهای اول نظام کشاورزی حفاظتی، نیاز به کارگر به دلیل فشار زیاد علف‌های هرز بیشتر و تعداد آن بسته به راهبردهای مدیریتی مزرعه متفاوت خواهد بود. زمان لازم برای کنترل علف‌های هرز نیز در نظام کشاورزی حفاظتی بیشتر است، چرا که در این روش باید علف‌های هرز از سطح خاک قطع شوند و این الزام، زمان صرف شده برای کنترل علف‌های هرز را طولانی‌تر خواهد کرد. از این جهت، ممکن است نبود کارگر در منطقه، به یک چالش جدید در پذیرش نظام کشاورزی حفاظتی مبدل شود. اما در صورت وجود کارگر در منطقه (و استفاده از زنان و فرزندان آنها)، وجین دستی علف‌های هرز و تکرار آن (طی ۴ مرحله در هر فصل زراعی شامل: قبل از کاشت، یک هفته پس از کاشت (قبل از رویش گیاه زراعی)، ۵ هفته پس از کاشت (حدوداً مراحل ۲ تا ۴ برگی علف‌های هرز) و قبل از برداشت محصول (جهت جلوگیری از ریزش بذر بوته‌های بالغ)) همانند انجام عملیات شخم سودمند خواهد بود (Lee and Thierfelder 2017).

در صورت وجود محدودیت کارگر، جایگزین‌های مختلفی برای مدیریت فیزیکی علف‌های هرز و بخصوص برای بوته‌های مستقر وجود دارند. در نظام کشاورزی حفاظتی، کولتیواتورها از درجه اهمیت کمتری برخوردار هستند و به جای آنها می‌توان از ابزارهای برش دهنده (Slasher)، داس‌ها (Cutter)، غلتک‌های کوبنده (Crimper-roller) و تیغه‌های دوار (Knife roller) برای حذف اندام‌های هوایی و

جلوگیری از تولید و ریزش بذر علف‌های هرز بهره جست (شکل‌های ۱۱ و ۱۲). در اراضی کوچک، علف‌کن‌های دستی و داس‌ها ابزار مناسبی برای حذف علف‌های هرز می‌باشند (Friedrich and Kassam 2009, Sims and Kienzle 2015) و در اراضی بزرگتر، استفاده از حیوانات بجای تراکتور جهت کاربرد کولتیواتور و یا تیغه‌های چرخنده (شکل ۱۲) توصیه می‌شود (Lee and Thierfelder 2017). استفاده از ابزار فوق، زمان لازم برای کنترل علف‌های هرز را کاهش خواهد داد. در این شرایط، تراکم علف‌های هرز بسته به نوع نظام زراعی و ابزار کنترلی، متفاوت است (جدول ۸).



شکل ۱۱: انواع ابزارهای برش جهت قطع اندام‌های هوایی علف‌های هرز

جدول ۸: مقایسه تراکم علف‌های هرز (بوته در متر مربع) در سه نظام خاک‌ورزی

علف هرز	نوع خاک‌ورزی		
	RT2	RT1	CT
باریک برگ	۱۴/۳	۱۱	۴/۸
پهن برگ	۱۴/۹	۱۹/۲	۸/۹
چندساله ها	۷/۵	۹	۲/۶
کل تراکم	۳۶/۷	۳۹/۲	۱۶/۳

CT: خاک‌ورزی رایج (شخم برگردان تا عمق ۳۰ سانتی متر)، RT1: شخم کاهش یافته با دیسک افست تا عمق ۱۵ سانتی متر در ترکیب با کولتیواتور، RT2: شخم کاهش یافته سطحی طی دو مرحله قبل از کاشت تا عمق ۱۰ سانتی متر (منبع: Lee and Thierfelder 2017)



شکل ۱۲: کولتیواتور مناسب جهت کنترل علف‌های هرز جوان و یا تازه جوانه زده در اراضی کوچک (بالا) و تیغه‌های دوار (پایین) با نیروی کششی حیوانات (منبع: Kienzle در گزارش فائو، 2015 Sims and Kienzle).

چنانچه اعمال روش‌های فوق همراه با رعایت تناوب زراعی باشند، جمعیت علف‌های هرز بدون استفاده از علف‌کش‌ها و یا جابجایی خاک کاهش خواهد یافت.

کنترل حرارتی

استفاده از شعله افکن جهت سوزاندن علف‌های هرز در مراحل قبل از رویش گیاه زراعی و در مواردی (مثل پیاز) حتی پس از رویش آنها از راهکارهای قابل توصیه برای اراضی کوچک می‌باشد. عمل سوزاندن بیشتر بر روی علف‌های هرز کوچک و پهن برگ اثر خواهد داشت و علف‌های هرز بزرگ و باریک برگ‌ها را نمی‌توان به خوبی با این روش کنترل کرد (نجفی ۱۳۹۳، Shrestha *et al.* 2006). هر چند استفاده از شعله افکن بیشتر برای باغات توصیه می‌شود اما در امریکا و اروپا، در مزارع ذرت نیز کاربرد دارد. در این روش، جهت سوزاندن علف‌های هرز از شعله افکن با منبع گاز پروپان استفاده می‌شود و زمان انجام عملیات عمدتاً قبل از کاشت محصول زراعی و در مواردی پس از آن است. کاربرد دو بار شعله افکن در مزارع ذرت در امریکا، کنترل مطلوبی از علف‌های هرز را به دنبال داشته است (Stepanovic *et al.*)

2015). این تجربه در دانمارک و در مزرعه چغندرعلوفه ای نیز موفق بوده است (Rasmussen 2003). بنابراین کاربرد شعله افکن می تواند در دو مرحله مورد استفاده کشاورزان قرار گیرد:

۱- در بستر بذر کاذب و در شرایطی که پشته‌های کاشت چندین هفته قبل از کاشت آماده می‌شوند. در این شرایط علف‌های هرز جوانه زده و قبل از کاشت گیاه زراعی از بین خواهند رفت.

۲- در طول دوره رشد گیاه زراعی و جهت کنترل لکه‌ای علف‌های هرز در حدواسط بین ردیف‌های کاشت باید توجه داشت، کاربرد شعله افکن در نظام‌های خرده مالکی دنیا چندان مورد مطالعه قرار نگرفته است. با این حال، جهت استفاده از آن باید چندین عامل مد نظر کارشناسان و کشاورزان قرار گیرد. اول اینکه استفاده از شعله افکن برای تمامی گونه‌های زراعی مناسب نیست و ابتدا باید از میزان تحمل گیاه زراعی به حرارت مطمئن و سپس این روش را بکار برد. علاوه بر این، حساسیت گیاه زراعی در تمامی مراحل رشد نیز نسبت به حرارت یکسان نیست و از این جهت، باید بهترین زمان کاربرد شعله افکن برای گونه‌های متحمل مشخص و سپس نسبت به انجام این عملیات اقدام نمود. دوم اینکه وجود بقایای گیاهی در سطح خاک یک محدودیت برای کاربرد شعله افکن است و بر این اساس، باید کشاورزان آموزش‌های لازم برای کاربرد این تکنولوژی را دیده تا استفاده از این روش، موجب شیوع آتش سوزی در مزرعه نشود. نکته سوم اینکه باید سودمندی اقتصادی استفاده از این روش (در مقایسه با سایر روش‌ها) مورد بررسی کارشناسان قرار گیرد تا در صورت کارایی بالا و سودمندی اقتصادی، توصیه شود (Lee and Thierfelder 2017).

آفتاب‌دهی: در اراضی کوچک و در شرایطی که رقابت گیاهی و یا تولید اندک اندام‌های گیاهی، مقدار بقایای لازم جهت پوشش زمین را تامین نکند، باید از روش‌های جایگزین جهت توقف جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز استفاده کرد. در این حالت می‌توان با پوشش زمین توسط پلاستیک شفاف و یا سیاه، دمای خاک را تا حدی بالا برد (۵۵ تا ۹۵ درجه سانتی‌گراد) که بذور علف‌های هرز از بین بروند (Lee and Thierfelder 2017). به این عمل آفتاب‌دهی می‌گویند. تجربه کاربرد روش آفتاب‌دهی در مزارع گوجه فرنگی اتیوپی جهت کنترل علف هرز گل جالیز (*Orobanche ramosa L.* و *Orobanche cernua L.*) به میزان ۸۹ تا ۹۸ درصد موفقیت آمیز بوده است (Sahile et al. 2005). با این حال، به دلیل هزینه بالای پلاستیک، این روش تنها در صورت دسترسی فراوان پلاستیک در منطقه و اقتصادی بودن محصول زراعی قابل توصیه است. با توجه به لزوم حفظ طولانی مدت مالچ پلاستیکی در مزرعه، پوشش زمین می‌تواند در فصل آیش انجام شود. در مناطقی که به دلیل ارزش بالای زمین، آیش در برنامه الگوی کاشت نباشد، این روش توصیه نمی‌شود. علاوه بر این، آفتاب‌دهی زمانی سودمند خواهد بود که توزیع بذر علف‌های هرز عمدتاً در لایه‌های سطحی خاک باشد (Lee and Thierfelder 2017).

در هر حال، هر چند روش آفتاب‌دهی در نظام‌های کشاورزی دنیا مرسوم نیست، اما این روش نیز باید در مناطق مختلف و در محصولات زراعی متفاوت مورد ارزیابی قرار گرفته و بومی سازی شود تا در صورت نیاز و وجود توان اقتصادی کشاورز، به عنوان روشی جایگزین برای کنترل شیمیایی و یا در شرایطی که بقایای کافی برای پوشش زمین وجود ندارد، مورد استفاده قرار گیرد.

بخار: روش سوم برای حذف حرارتی علف‌های هرز استفاده از بخار آب است. در این روش، گیاه به مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه در معرض بخار آب با دمای ۶۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و از بین می‌رود. با توجه به نیاز بالای انرژی در این روش، کاربرد آن صرفاً در اراضی کوچک و محصولات اقتصادی (مثل توت فرنگی) و یا کاربرد لکه‌ای آن در زمانی که علف‌های هرز جوان هستند، قابل توصیه است. طی

یک بررسی مشخص شد که میزان کارایی این روش در کنترل گیاهچه‌های علف‌های هرز سلمه‌تره (*C. album*) و تاج خروس (A. *retroflexus*) همانند کاربرد علف‌کش گلیفوسیت (راندآپ) است. با این حال، مصرف انرژی در این روش بالاست، بطوری که، مقدار آب لازم برای حذف علف‌های هرز در این روش ۸۰۰۰ و مقدار سوخت مصرفی ۵۷۰ لیتر در هکتار می‌باشد (Melander and Kristensen 2011). علاوه بر این، ضمن آنکه واکنش گونه‌های مختلف علف‌های هرز به این روش متفاوت است و به عنوان مثال، بابونه اروپایی (*Matricaria chamomilla* L.) در اثر بخار آب از بین نمی‌رود، وجود بقایای گیاهی بر روی زمین نیز از دیگر محدودیت‌های کاربرد این روش در نظام کشاورزی حفاظتی است (Lee and Thierfelder 2017).

در مجموع، هر چند در حال حاضر سه روش استفاده از شعله افکن، آفتاب‌دهی و بخار آب در نظام‌های کشاورزی حفاظتی ایران و بخصوص در اراضی کوچک و خرده مالکی مرسوم و به دلیل نبود امکانات و دانش کافی قابل توصیه نیستند، اما با توجه به تجربیات جهانی و در صورت انجام مطالعات منطقه‌ای و بومی سازی آنها، به عنوان یک روش جایگزین مطرح می‌باشند.

کنترل زراعی

در شرایطی که علف‌کش‌ها در دسترس کشاورزان نباشد و یا بقایای تولیدی توسط محصولات زراعی به اندازه‌ای نباشد که سطح خاک را به منظور جلوگیری از جوانه‌زنی علف‌های هرز کاهش دهند، کنترل زراعی راهکاری ارزان برای مدیریت علف‌های هرز خواهد بود. کاشت گونه‌های زراعی دارای قدرت رقابت بالا، آرایش کاشت، افزایش تراکم و کاربرد مقادیر مناسب از کودها از جمله این راهکارهایی است که زمینه پوشش سریعتر زمین و چیرگی گیاه زراعی بر علف‌های هرز را فراهم می‌آورد. تاریخ کاشت گیاه زراعی نیز از دیگر عوامل مهم جهت مدیریت علف‌های هرز در نظام‌های کشاورزی حفاظتی است. نتیجه یک بررسی در کشت بدون شخم برنج-گندم در هند نشان داد که کشت زود هنگام گندم می‌تواند جمعیت خونی واخ یا علف قناری (*Phalaris minor* Retz.) را به میزان ۶۸ تا ۸۰ درصد کاهش دهد. بررسی‌های انجام شده در امریکا نیز نشان داد که چنانچه گیاه جو به مدت ۴ تا ۶ هفته زودتر از تاریخ کاشت معمول کشت شود، تولید بذر و زیست توده در علف‌های هرز کاهش خواهد یافت (لی ترفلدر ۲۰۱۷). بر این اساس، چنانچه وقوع بارندگی و دسترسی به کارگران فصلی عامل محدود کننده نباشند، تاریخ کاشت زودتر می‌تواند راهکاری بدون هزینه برای مدیریت علف‌های هرز در نظام‌های کاشت حفاظتی محسوب شود.

همانند نظام‌های کشاورزی رایج، تعیین زمان دقیق مصرف کود و همچنین نوع منبع کود و روش کاربرد آن نیز از دیگر راهکارهای مدیریت علف‌های هرز در نظام کشاورزی حفاظتی می‌باشند (نجفی، ۱۳۹۳ و Chauhan et al. 2014). در صورت تعیین دقیق راهکارهای فوق، مقدار کود بیشتری در اختیار گیاه زراعی قرار گرفته، توان رقابت آن افزایش می‌یابد و سهم علف‌های هرز از کود مصرفی کاهش و از قدرت رقابت آنها کاسته خواهد شد. البته در این ارتباط، نوع گیاه زراعی و گونه علف‌های هرز غالب منطقه، نقش تعیین کننده‌ای در نتیجه خواهند داشت. به عنوان مثال کاشت زود هنگام گندم در تلفیق با کاربرد کود نیتروژن در مرحله طویل شدن ساقه (بجای کاربرد آن در مرحله پنجه دهی)، جمعیت و زیست توده تولیدی توسط علف هرز سبزاب (*Veronica herderifolia* L.) را کاهش داد (Liebman and Davis 2000). این در حالی است که کاهش مقدار مصرف کود در ذرت و کاربرد نواری آن (بجای پخش سرتاسری کود در مزرعه) و استقرار کود

در عمق توسعه ریشه گیاه زراعی (بجای پخش آن در سطح خاک) نقش قابل توجهی در کاهش جمعیت علف‌های هرز خواهد داشت (Nichols *et al.* 2015 و Lee and Thierfelder 2017). کودهای نیتروژنه نقش قابل توجهی در شکست خواب بذر برخی علف‌های هرز دارند و از این جهت، ممکن است بر تراکم آنها تاثیر بگذارند. بر اساس گزارش‌های موجود، خواب بذر برخی علف‌های هرز باریک برگ در اثر آمونیوم شکسته خواهد شد اما این کود بر خواب بذر پهن برگ‌ها بی تاثیر است و در مقابل، جوانه‌زنی بذر تاج خروس (*A. retroflexus*) در مقدار ۱۰۰-۱۰ ppmv از اوره و یا نترات آمونیوم تحریک می‌شود (Chauhan *et al.* 2014). نحوه کاربرد کودها نیز از درجه اهمیت بالایی برخوردار است. در این ارتباط، بررسی‌های بلاکشا و مولر مشخص کرد، جذب کود فسفره توسط برخی علف‌های هرز و زیست توده تولیدی توسط آنها در زمانی که مصرف کود به صورت نواری و یا همراه با بذر کار بوده است کمتر از زمانی بود که این کود به صورت سرتاسری در مزرعه پخش شد (Chauhan *et al.* 2014). اطلاع کارشناسان و کشاورزان از کنش‌های فوق، ضمن کاهش هزینه‌های تولید، زمینه کاهش جمعیت علف‌های هرز را فراهم خواهد کرد.



شکل ۱۳: حفاظ مورد استفاده جهت سمپاش‌های پشتی (پایین) و سمپاش پشت تراکتوری (بالا) به منظور جلوگیری از پاشش و فرار علف-کش‌های غیر انتخابی بر روی گیاه زراعی (عکس از مولف و قهرمانیان، غ، ۱۳۹۹).

آرایش کاشت گیاه زراعی توان رقابت آن با علف‌های هرز را تحت تاثیر قرار خواهد داد و از این طریق، زمینه کاهش جمعیت آنها در نظام کشاورزی حفاظتی فراهم خواهد شد. همانگونه که در قبل توضیح داده شد، گیاهان زراعی نخود، عدس، گلرنگ و علوفه در تناوب‌های زراعی دیم کشور جایگاه ویژه‌ای دارند. در کاشت این گیاهان، فاصله ردیف کم (۱۷ سانتی‌متر) به دلیل کاهش سطح تبخیر، افزایش تراکم در روی ردیف‌ها و در نهایت جلوگیری از رویش علف‌های هرز بسیار کارساز بوده و توصیه می‌شود (بی نام، ۱۳۹۳ (ب)). با توجه به اینکه فاصله بین ردیف‌های کاشت در این روش افزایش می‌یابد، علف‌های هرز بین ردیف‌های کاشت را می‌توان با علف‌کش‌های عمومی و توسط

سمپاش‌های مجهز به حفاظ نازل (شکل ۱۳) کنترل کرد. با توجه به احتمال فرار سم از حاشیه حفاظ نازل‌ها و پاشش آن بر بخش‌های پایینی گیاه زراعی، کاربرد علف‌کش‌های تماسی (مثل پاراکوات) جهت جلوگیری از انتقال علف‌کش به کل گیاه زراعی و توسعه خسارت، ارجح است.

مدیریت علف‌های هرز در بستر بذر کاذب

در نظام‌های کشاورزی حفاظتی، تهیه بستر بذر کاذب به کاهش فشار علف‌های هرز کمک خواهد کرد. در این روش، مزرعه ۱۰ تا ۱۵ روز قبل از کاشت محصول زراعی آبیاری می‌شود و از این طریق، زمینه لازم برای جوانه‌زنی بذور علف‌های هرزی که در سطح خاک قرار گرفته‌اند، فراهم خواهد شد. در این زمان، می‌توان علف‌های هرز جوانه‌زده را با یک علف‌کش غیرانتخابی (مثل گلیفوسیت، پاراکوات و یا گلو فوسفینات آمونیوم) از بین برد و ذخیره بانک بذر خاک را کاهش داد. در این روش، کاشت محصول زراعی باید تا زمان ممکن به تعویق بیفتد تا درصد بیشتری از بذر علف‌های هرز سبز و کنترل شوند. به همین جهت، در مناطقی که فصل رشد کوتاه است، کاربرد این روش با محدودیت‌هایی همراه است. فلسفه بستر بذر کاذب سبز شدن گیاه زراعی در محیطی عاری از علف‌های هرز است. در این شرایط، بخوبی مستقر می‌شود و توان لازم برای رقابت و مقابله با علف‌های هرزی که در دوره‌های بعد جوانه می‌زنند را خواهد داشت. در این روش، آلودگی مزرعه به علف‌های هرز می‌تواند تا ۸۰ درصد کاهش یابد. تهیه بستر بذر کاذب در زراعت برنج و کشت مستقیم آن و همچنین نظام‌های بدون شخم گندم کاربرد گسترده دارد (Farooq and Siddique 2015).

مدیریت شیمیایی علف‌های هرز

مدیریت علف‌های هرز در نظام‌های شخم حفاظتی عمدتاً بر پایه مصرف علف‌کش‌ها استوار است. در بسیاری موارد، علف‌کش‌ها به عنوان جایگزین شخم اولیه جهت کنترل پیش‌رویش علف‌های هرز مطرح هستند (Sims et al. 2018) و از این جهت، موفقیت نظام کشاورزی حفاظتی و توسعه آن در کشور منوط به وجود علف‌کش‌های مناسب برای الگوهای مختلف کاشت، قیمت پایین و دسترسی آسان به آنها است. در این ارتباط، سیاست‌های تشویقی دولت و ارائه تسهیلات لازم برای بومی‌سازی تولید علف‌کش‌ها و سمپاش‌ها در کشور از درجه اهمیت بالایی برخوردار است. رفع موانع قانونی برای فعالیت شرکت‌های خصوصی و ترغیب آنها به تولید برندهای داخلی و همچنین نظارت بر کیفیت آنها از جمله موارد ضروری برای تامین علف‌کش‌ها و ادوات سمپاشی مورد نیاز کشور (با قیمت پایین و کیفیت بالا) می‌باشند. با توجه به نیاز بالا به کاربرد علف‌کش‌ها در نظام کشاورزی حفاظتی، فعالیت مستمر موسسه آموزش و ترویج کشور جهت آموزش کاربرد صحیح علف‌کش‌ها بسیار حیاتی است. برگزاری دوره‌های آموزشی مکرر برای آشنایی کشاورزان با علف‌کش‌های مختلف، شیوه صحیح کاربرد و اطلاع از عواقب مصرف غیر استاندارد آنها، از جمله مهمترین عوامل در موفقیت نظام کشاورزی حفاظتی می‌باشند. کاربرد غیر اصولی علف‌کش‌ها پیامدهای همچون آلودگی‌های زیست محیطی، بروز مقاومت در علف‌های هرز و خسارت به کاربران را به دنبال خواهد داشت و برگزاری دوره‌های آموزشی، تضمینی برای کاهش آنها خواهد بود.

در نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی، معمولاً مصرف علف‌کش‌های غیرانتخابی (مثل گلیفوسیت و پاراکوات) رایج‌تر است و این علف‌کش‌ها در مراحل قبل از جوانه‌زنی گیاه زراعی (پس از جوانه‌زنی علف‌های هرز) مورد استفاده قرار می‌گیرند (کادر ۵). با توجه به اینکه علف‌کش‌های

فوق باقی مانده‌ای در خاک ندارند، بهتر است تا حد ممکن دیرتر مورد استفاده قرار گیرند تا طیف وسیعتری از علف‌های هرز جوانه زده از بین بروند. بدین منظور، تعیین دقیق زمان جوانه‌زنی گیاه زراعی از درجه اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود.

تجربیات به دست آمده در برزیل، آرژانتین، امریکا، استرالیا و کانادا حاکی از امکان مدیریت علف‌های هرز در سطحی وسیع از مزارعی است که بصورت حفاظتی مدیریت می‌شوند. در این کشورها، تلفیقی از کاربرد علف‌کش‌های مختلف و تناوب زراعی (با ۳ یا تعداد بیشتری از گونه‌های زراعی گندم، ذرت و سویا) موثر بوده است. در این سیستم، مصرف علف‌کش‌های غیر انتخابی (مثل گلیفوسیت و پاراکوات) در ترکیب با علف‌کش‌های دارای باقی‌مانده (مثل آترازین) و یا ترکیب علف‌کش‌های دارای باقی‌مانده (مثل تاپ رمزون) با دابکامبا در دوره آیش و یا در حدواسط بین دو کشت، کارساز بوده است (Lee and Thierfelder 2017). بر این اساس، نوع و ترتیب کاربرد علف‌کش‌ها در کادر ۵ ارائه شده است. کشاورزان باید با مشورت کارشناسان و بر اساس نوع گیاه زراعی و علف هرز موجود در مزرعه، موثرترین علف‌کش را انتخاب و ضمن رعایت توصیه‌های فنی، به مبارزه با علف‌های هرز پردازند. در هر حال، با توجه به محوریت کنترل شیمیایی علف‌های هرز در نظام کشاورزی حفاظتی، افزایش پذیرش این نظام توسط کشاورزان منوط به کاهش قیمت علف‌کش‌ها و دسترسی آسان به آنها است.

کادر ۵: ترتیب کاربرد علف‌کش‌ها در نظام کشاورزی حفاظتی

- کاربرد علف‌کش‌های غیر انتخابی برگ مصرف در دوره آیش و یا بعد از سبز شدن علف‌های هرز، تا قبل از کاشت یا سبز شدن گیاه زراعی
- کاربرد علف‌کش‌های خاک مصرف انتخابی (با طول دوره تاثیر طولانی) در زمان کاشت
- کاربرد علف‌کش‌های پیش رویش و یا پس رویش و انتخابی برای هر محصول، قبل یا پس از سبز شدن علف‌های هرز
- کاربرد علف‌کش مناسب برای هر محصول در پایان فصل رشد جهت جلوگیری از تولید و رسیدگی بذر علف‌های هرز و تسهیل در عملیات برداشت

کاربرد علف‌کش‌های خاک مصرف: با توجه به محدودیت کاربرد ادوات خاک‌ورزی در نظام خاک‌ورزی حفاظتی، امکان کاربرد علف‌کش‌های خاک مصرف که نیازمند اختلاط با خاک هستند، همراه با محدودیت بوده و برای مبارزه با علف‌های هرز، عمدتاً از علف‌کش‌های پس رویش استفاده می‌شود. با این حال، مزیت‌های کاربرد علف‌کش‌های خاک مصرف در نظام کشاورزی حفاظتی عبارتند از:

- ۱- این علف‌کش‌ها در مقایسه با علف‌کش‌های پس رویش مکانیزم عمل متفاوت دارند
- ۲- بسیاری از این علف‌کش‌ها تاثیرات قابل توجهی در کنترل علف‌های هرز مشکل ساز (مثل چچم و جو وحشی) دارند
- ۳- مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌های خاک مصرف پایین است

۴- کاربرد این علف‌کش‌ها، آلودگی مزرعه در ابتدای فصل زراعی را به حداقل رسانده و گیاه زراعی با توان رقابتی بهتر جوانه می‌زند و به رشد خود ادامه می‌دهد

۵- این علف‌کش‌ها با بذرکارهای مورد استفاده در نظام‌های بدون شخم سازگار هستند

۶- علف‌کش‌های خاک مصرف از لحاظ اقتصادی به صرفه هستند

در خصوص کاربرد علف‌کش‌های قبل از رویش، رعایت موارد زیر (کادر ۶) و وجود اطلاعات کافی از خصوصیات علف‌کش ضروری است (Haskins 2019):

کادر ۶: نکات مهم در کاربرد علف‌کش‌های پیش رویش

- همواره کاربرد علف‌کش‌های پیش رویش به عنوان جزئی از کنترل تلفیقی علف‌های هرز (شامل کنترل شیمیایی و غیر شیمیایی) در نظر گرفته شوند
- در زمان برداشت محصول قبل و آماده سازی مزرعه، حداقل تردد و بهم زدگی خاک را داشته باشیم تا ضمن کاهش فشردگی آن، بذر علف‌های هرز در لایه‌های سطحی قرار گیرند
- بقایای گیاهی را بیشتر به صورت ایستاده حفظ کنیم و از پخش آنها در روی زمین اجتناب شود
- مطمئن باشیم که در زمان کاشت بذر غلات، حداقل ۳ تا ۵ سانتی متر خاک روی آن قرارگیرد
- کاربرد علف‌کش به روش IBS نسبت به PSPE برای گیاه زراعی مطمئن تر است
- جهت اطمینان از عدم آلودگی بذر گیاه زراعی به علف‌کش، از دفن و پوشش کامل آن با خاک مطمئن گردیم
- لزوم اطلاع کافی از خصوصیات شیمیایی علف‌کش و نیاز آن به رطوبت خاک و تجزیه نوری

PSPE: Post Sowing Pre-emergent

توصیه‌های کاربردی جهت کنترل شیمیایی علف‌های هرز

کنترل شیمیایی علف‌های هرز در نظام کشاورزی حفاظتی تفاوت چندانی با نظام‌های رایج نداشته و معمولاً می‌توان از علف‌کش‌های ثبت شده برای هر محصول زراعی در کشور، جهت کنترل علف‌های هرز در این نظام نیز بهره جست. آنچه در این ارتباط باید به آن توجه داشت، نوع تناوب زراعی و تغییر جمعیت علف‌های هرز در طول سالهای اجرای کشاورزی حفاظتی و استقرار برخی علف‌های هرز خاص در مزرعه است. کشاورزان باید بسته به نوع علف‌های هرز موجود در مزرعه و بر اساس توصیه‌های کارشناسان، نسبت به انتخاب بهترین علف‌کش اقدام تا ضمن مدیریت پدیده مقاومت، جمعیت علف‌های هرز در طول دوره به حد قابل تحمل برسد. در جدول ۹، علف‌کش‌های

مناسب برای کنترل علف‌های هرز در محصولات زراعی مهم که جهت کاشت در تناوب توصیه شده‌اند، معرفی شده است. کاربرد این علف-کش‌ها با نظر کارشناسان و بر اساس توصیه‌های رسمی می باشد.

جدول ۹: مهمترین علف‌کش‌های مناسب جهت کنترل علف‌های هرز در محصولات مهم زراعی در کشت حفاظتی

دوره/محصول	علف هرز	علف‌کش* (نام تجاری)	ملاحظات
آیش یا دوره قبل از کاشت	چندساله‌ها و برخی گونه‌های یکساله خاص مثل چاودار و جودره	علف‌کش‌های عمومی مثل راندآپ، گراماکسون و گلوپوزینات آمونیوم	دوز مصرف بر اساس توصیه کارشناسان و زمان آن بعد از سبز شدن علف‌های هرز تا قبل از رویش گیاه زراعی
گندم	باریک برگ‌ها: چچم، بروموس، چاودار، یولاف وحشی، جودره، جوموشی، خونی واش،	تاپیک، ایلوکسان، سافیکس بی دلبیو، پوماسوپر، تراکسوس، آکسیال، توتال، آپروس، آتلاتیس، اتللو	جهت کنترل چچم علف‌کش‌های آکسیال و تراکسوس و جهت کنترل بروموس، جوموشی و جودره علف‌کش‌های توتال و آپروس از کارایی بالاتری برخوردار هستند
	پهن برگ‌ها: ارشته خطایی، تلخه، وایه، گلرنگ وحشی، کنگر وحشی، پیچک، خاکشیر، شاتره، بی تی راخ، شیرین بیان، خردل وحشی	توفوردی، دوپلسان سوپر، گرانتار، برومایسید ام آ، لتور، دیالان سوپر، توتال، آپروس، آتلاتیس، اتللو، بوکتیل، بازاگران دی پی،	اتللو از جمله علف‌کش‌هایی است که طیف وسیعی از علف‌های هرز پهن برگ را کنترل می‌کند. برای کنترل ارشته خطایی دوپلسان سوپر، بوکتیل و بازاگران دی پی کارایی بالاتری دارند. برای کنترل پیچک بند نیز برومایسید ام آ از کارایی بهتری برخوردار است.
کلزا	باریک برگ‌ها: یولاف، علف قناری، چچم، سوروف، بروموس، دم روباهی و قیاق	ترفلان، بوتیزان استار، گالانت سوپر، پنترا، نابواس	ترفلان به صورت پیش کاشت آمیخته با خاک یا همراه آبیاری و بوتیزان استار به صورت پیش رویشی مصرف شود
	پهن برگ‌ها: خردل وحشی، سلمی، خاکشیر، کیسه کشیش، خارلته، بی تی راخ، شاه افسر، کنگر و ارشته خطایی	ترفلان، بوتیزان استار، لوتنرل	مقادیر بالای یک لیتر لوتنرل به کلزا آسیب می‌رساند. برای کنترل ارشته خطایی، شلمبیک و خردل وحشی در کلزا، علف‌کش بوتیزان استار از درجه تاثیر بالاتری برخوردار است.
	انگل گل جالیز	راندآپ+ ۱ تا ۲ درصد سولفات آمونیوم	دوزهای ۵۰ تا ۱۴۰ میلی لیتر مناسب و دوز بالای ۱۴۰ میلی لیتر از این علف‌کش به کلزا خسارت خواهد زد
چغندر قند	باریک برگ‌ها: سوروف، دم روباهی، چچم، علف قناری، قیاق، جو وحشی و بروموس	گالانت سوپر، سلکت سوپر، آژیل، تارگا سوپر، نابواس و پنترا	مدیریت علف‌های هرز چندساله (مثل قیاق) خاص و مبتنی بر روش‌های تلفیقی است
	پهن برگ‌ها: تاج خروس، سلمه تره، تاتوره، خرفه، خارخسک، توق، تاج ریزی، پنیسک، گاو پنبه و پیچک	بتنال پراگرس اف، بتنال پراگرس ام، گلنیکس، پیرامین، لوتنرل و رونیت	در زمان مصرف لوتنرل مقداری پیچیدگی در برگ‌های چغندر قند مشاهده خواهد شد که پس از مدتی رفع می‌گردد
	انگل‌ها: سس	سس اوت و استمت	بهترین زمان کاربرد قبل از اتصال سس به میزبان می باشد

جگن‌ها: اویارسلام	رونیت	سایر علف‌کش‌های انتخابی چغندر قند تأثیری بر این علف‌هرز ندارند و رونیت نیز تنها بر روی اویارسلام بذری موثر است
نخود	گالانت سوپر و ترفلان	ترفلان علف‌کش دومنظوره است و به صورت پیش‌کاشت در اختلاط با خاک کاربرد دارد
	لنتاگران و ترفلان	ترفلان علف‌کش دومنظوره است و به صورت پیش‌کاشت در اختلاط با خاک کاربرد دارد
ذرت	باریک برگ‌ها: سوروف، علف‌خرچنگ، دم‌روباهی، خونی‌واش،	اولتیما، کروز و تیتوس و آنرازین و مایسترپاور
	پهن برگ‌ها: سلمه تره، تاج خروس، گاوپنبه، طحله، کنف وحشی، پنیرک، آفتاب پرست، توق، شیرتیغک، خارلته، پیچک، مرغ و قیاق	اکوئپ، تیتوس، اولتیما و آنرازین و مایسترپاور
سویا	باریک برگ‌ها: سوروف، قیاق، دم‌روباهی، مرغ و بندواش	سلکت سوپر، سوپرپاور، وپرودم، گالانت سوپر، پنتر و نابواس
	پهن برگ‌ها: تاج خروس، گاو پنبه، فرفیون، خربزه وحشی، کنجد وحشی، خرفه، تاج ریزی، سلمه تره، توق و نیلوفر پیچ	بازاگران، سنکور، اونسایت، پرول، ترفلان و سونالان
	جگن‌ها: اویارسلام	صفا بر روی بوته‌های بذری موثر است

* کاربرد علف‌کش‌ها بر اساس توصیه‌های رسمی سازمان حفظ نباتات و موسسه تحقیقات گیاه پزشکی باشد. انتخاب علف‌کش‌ها بر مبنای محصولات زراعی موجود در تناوب و محدودیت ناشی از بقایای آنها برای محصول بعدی است.

* در خصوص علف‌کش‌های خاک مصرف که با ید با خاک مخلوط شوند و با توجه به محدودیت کاربرد ادوات خاک‌ورزی در نظام حفاظتی، کاربرد این علف‌کش‌ها یا همراه آب آبیاری است و یا به روش "اختلاط هم‌زمان با کاشت" (IBS²) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- اطلاعات تکمیلی علف‌کش‌ها در پیوست ارائه شده است.

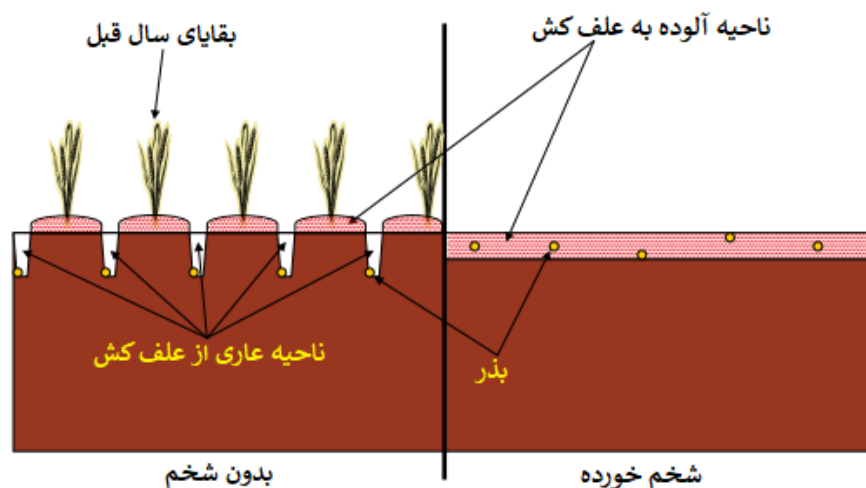
بهینه سازی کاربرد علف‌کش‌ها

با توجه به اتکای بالای نظام‌های کشاورزی حفاظتی به علف‌کش‌ها، دقت در کاربرد و مصرف بهینه آنها در جهت کاهش مقدار مصرف و افزایش کارایی علف‌کش‌ها از درجه اهمیت بالایی برخوردار است. در این ارتباط، کیفیت آب جهت تهیه محلول سم، سمپاش و تکنیک‌های سمپاشی، شیوه کاربرد علف‌کش‌ها، تعیین بهترین زمان و دوز مصرف علف‌کش‌ها و همچنین انتخاب دقیق علف‌کش بر اساس نوع گونه علف‌هرز از جمله مهمترین عواملی هستند که کارایی علف‌کش‌ها را تحت تأثیر قرار داده و باید مورد توجه کشاورزان قرا گیرند.

اختلاط علف‌کش هم‌زمان با کاشت (IBS): با توجه به محدودیت استفاده از ادوات خاک‌ورزی در نظام‌های کشاورزی حفاظتی، کاربرد علف‌کش‌های خاک مصرف در این نظام و بخصوص انواعی که باید با خاک مخلوط شوند، همراه با محدودیت است. این در حالی

² - Incorporated by sowing

است که کاربرد علف‌کش‌های فوق به منظور فراهم آوردن محیطی عاری از علف‌های هرز در ابتدای دوره رشد گیاه زراعی و کاهش فشار رقابت، بسیار سودمند می‌باشد. علاوه بر این، برخی علف‌کش‌های خاک مصرف برای تعدادی از محصولات زراعی غیر انتخابی هستند و در صورت مصرف، جوانه‌زنی و رشد آنها تحت تاثیر قرار گرفته و در نهایت منجر به نابودی محصول و یا کاهش عملکرد خواهند شد. جهت استفاده از علف‌کش‌های خاک مصرف غیرانتخابی می‌توان از روش اختلاط همزمان با کاشت استفاده کرد (شکل ۱۴) (Haskins 2019). در این روش، علف‌کش غیرانتخابی (مثل متریبوزین برای نخود) بصورت سرتاسری و بلافاصله قبل از کاشت در سطح مزرعه سمپاشی و در حین کاشت محصول با بذرکار عمیق کار، از طریق پرتاب خاک سم خورده (توسط شیاربازکن بذرکار) به حدواسط بین خطوط کاشت، بستری عاری از سم برای بذر گیاه زراعی فراهم خواهد شد (شکل ۱۴). در این حالت، بذر گیاه زراعی سم را دریافت نکرده و خسارت نخواهد دید. در این روش، سرعت حرکت تراکتور نقشی قابل توجه در تامین بستری عاری از علف‌کش خواهد داشت.



شکل ۱۴: کاربرد علف‌کش‌های خاک مصرف در روش بدون خاک ورزی (IBS) و نظام کشاورزی رایج (منبع: Haskins 2019)

تاثیر بقایای گیاهی بر کارایی علف‌کش‌ها

ممکن است وجود بقایای گیاهی در سطح مزرعه، تاثیر علف‌کش‌های پیش‌رویش را کاهش و یا به عنوان یک مانع فیزیکی و از طریق سایه اندازی بر روی علف‌های هرز جوانه زده، دریافت سم توسط آنها را تحت تاثیر قرار دهد (Chauhan *et al.* 2012). این کاهش به میزان ۱۵ تا ۸۰ درصد و در اثر عدم دریافت سم توسط علف‌های هرز و یا وجود بار الکتریکی و اتصال مولکول‌های علف‌کش به مواد آلی خاک شکل می‌گیرد (Shrestha *et al.* 2006، Chauhan *et al.* 2012، Lee and Thierfelder 2017) و از این جهت، ممکن است کشاورزان مجبور به مصرف دوزهای بالاتر علف‌کش‌ها گردند. در هر حال، در کسن و همکاران (Derksen *et al.* 1996) معتقدند که غیر فعال شدن علف‌کش‌ها در اثر بقایای گیاهی موقتی بوده و این سموم به دنبال ریزش باران آزاد و وارد خاک می‌شوند. بدین ترتیب، تفاوت میزان کارایی علف‌کش‌های پس‌رویش بین دو نظام مورد بحث اندک است و بقایای گیاهی تاثیر چندانی بر کارایی علف‌کش‌های فوق ندارند (Derksen

1996) *et al.* و حتی میزان مصرف علف‌کش‌ها در دراز مدت و در نظام‌های حفاظتی به دلیل رویش کمتر علف‌های هرز (در اثر وجود بقایا) کمتر می‌باشد. تنها باید توجه داشت که زمان جوانه‌زنی علف‌های هرز و گیاه زراعی در نظام کشاورزی حفاظتی و در مقایسه با نظام رایج یکنواخت نیست و از این جهت، مصرف علف‌کش‌های پس رویش همراه با محدودیت خواهد بود. در این ارتباط، انتخاب و کاشت ارقام زراعی مقاوم به علف‌کش‌ها مشکل فوق را حل خواهد کرد.

باقی‌مانده علف‌کش‌ها در خاک

مصرف زیاد علف‌کش‌ها و متعاقب آن، افزایش باقی‌مانده آنها در خاک از دیگر محدودیت‌های موجود در نظام‌های کشاورزی حفاظتی است. وجود بقایای علف‌کش‌ها در خاک، انتخاب و کاشت محصولات بعدی را محدود کرده و یا موجب خسارت به آنها می‌شود. علاوه بر این، مصرف مداوم برخی علف‌کش‌ها در دوره‌های متوالی چندساله، زمینه کاهش کارایی خود علف‌کش را فراهم خواهد کرد. به عنوان مثال، متریبوزین از جمله علف‌کش‌هایی است که در صورت مصرف متوالی دچار تجزیه سریع شده و کارایی آن پس از چند سال مصرف متوالی کاهش می‌یابد. این امر به دلیل افزایش جمعیت میکروبی در خاک و تجزیه علف‌کش توسط آنها خواهد بود.

با توجه به اینکه تناوب زراعی از مولفه‌های مهم کشاورزی حفاظتی است، انتخاب علف‌کش مناسب به طریقی که کاشت محصول بعدی را با مشکل مواجه نکند و برنامه‌های تناوبی را بهم نزند، بسیار ضروری است. بر این اساس، باید قبل از مصرف علف‌کش، محدودیت‌های مصرف آن و همچنین طیف محصولات زراعی حساس به علف‌کش را بررسی و سپس اقدام به سمپاشی کرد. در جدول ۱۰ اطلاعات برخی علف‌کش‌های ثبت شده برای گیاهان زراعی مختلف و همچنین محدودیت‌های موجود در کاشت محصولات زراعی بعدی ارائه شده است (شیخی و همکاران، ۱۳۹۶).

محدودیت مصرف علف‌کش‌ها برای محصولات مختلف مورد بررسی قرار گرفته و معمولاً در برچسب علف‌کش‌ها قید شده است. بر این اساس، کشاورزان باید قبل از کاربرد علف‌کش‌ها، برچسب آنرا مورد مطالعه قرار داده و در صورت عدم وجود محدودیت، نسبت به کاشت محصول خود اقدام کنند. در این ارتباط، بررسی‌های هادیزاده و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد که در صورت کاربرد علف‌کش‌های سولفوسولفورون (آپیروس)، متسولفورون+سولفوسولفورون (توتال) و مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن‌پایر (آتالانتیس) در سال قبل، کشت پنبه در سال زراعی بعد همراه با خسارت خواهد بود و رشد و وزن خشک تولیدی توسط این گیاه کاهش خواهد یافت. علف‌کش‌های توتال و آپيروس، رشد ریشه این گیاه را نیز کاهش خواهند داد. علاوه بر پنبه، علف-کش‌های فوق رشد کلزا را با شدت بیشتری کاهش خواهند داد و ذرت کمترین تاثیر را از بقایای علف‌کش می‌پذیرد.

جدول ۱۰: محدودیت ناشی از وجود بقایای برخی علف‌کش‌های ثبت شده برای محصولات زراعی مختلف

محدودیت کاشت برای گیاه زراعی بعدی در تناوب	علف‌کش			گیاه زراعی
	فرمولاسیون و دوز مصرف (کیلوگرم/لیتر در هکتار)	نام تجاری	نام عمومی	
چغندرقد، دانه های روغنی، گوجه فرنگی و عدس ذرت، آفتابگردان، چغندرقد، ارزن و سویا پنبه و کلزا پنبه و کلزا پنبه و کلزا، آفتابگردان و سورگوم گونه های زراعی باریک برگ حساس	SC25% ۲-۲/۵	آسرت	ایمازامتازن متیل	گندم
	WG6% ۰/۴ - ۰/۲۵	شوالیه	مزوسولفورون+یدوسولفورون	
	OD1.2% ۱/۵	آتلاتیس	مزوسولفورون+یدوسولفورون+مفن پیردی اتیل	
	WG75% ۰/۰۵ - ۰/۰۴	توتال	سولفوسولفورون+مت سولفورون متیل	
	DF75% ۰/۰۲۶۶	آپروس	سولفوسولفورون	
	EC80% 0.8	تاپیک	کلودینافوپ-پروپارژیل	
لزوم رعایت فاصله زمانی ۴ ماه پس از کاربرد برای کاشت گندم، ۱۰ ماه برای پنبه، حبوبات، کلزا، یونجه، سیب زمینی، گوجه فرنگی و ۱۸ ماه برای چغندرقد لزوم رعایت فاصله زمانی ۴ ماه پس از کاربرد برای کاشت گندم، ۱۰ ماه برای چغندرقد، سویا، سورگوم، آفتابگردان، ذرت شیرین، سیب زمینی، نخود و لوبیا، کلزا، یونجه، شبدر، گوجه فرنگی و ۱۶ ماه برای سایر محصولات کلیه گونه‌های زراعی غیر از ذرت و سورگوم فاصله ۱۸ ماه تا کاشت محصولات حساس لزوم گذشت ۳ ماه بعد از کاربرد جهت کاشت محصولات حساس مثل چغندرقد، آفتابگردان، کلزا لزوم گذشت ۳ ماه بعد از کاربرد جهت کاشت محصولات حساس. تا قبل از ۳ ماه صرفاً می توان ذرت و سویا کشت کرد عدم کاشت گونه های زراعی غیر از چغندرقد تا شش ماه پس از مصرف سیب زمینی، آفتابگردان، سویا، یونجه، نخود، لوبیا، کاهو و هویج کلیه محصولات به غیر از نخود، سیب زمینی و هویج کلیه محصولات به غیر از پنبه به مدت شش ماه سبزیجات، گیاهان نشایی آفتابگردان	SC% ۲	کروز	نیکوسولفورون	ذرت
	WG75% ۰/۱۷۵	اولتیم	نیکوسولفورون+ریم سولفورون	
	WP80% ۱-۱/۵	گزاپریم	آترازین	
	SC29.7% ۰/۱۲۵ - ۰/۱۲۵	کلیو	تاپ رمزون	
	OD4.25% ۱/۲	مایستر پاور	فورام سولفورون+یدوسولفورون+تین کاربازون متیل	
	OD3.1% ۱/۵	مایستر	فورام سولفورون+یدوسولفورون+ایزوغادیفن اتیل	
	SC50% ۲	استمت	اتوفومزیت	
	SL30% 0.8	لوتنرل و واچ	کلوپیرالید	
	WP80% ۱-۲	گزاگارد	پرومترین	
	DF88% ۲/۵	کانوی	پرومترین+فلومتورون	
EC 28% ۱-۳/۵	کارمکس	دیوران	یونجه	
SL10% ۱	پرسویت	ایمازتاپیر		

- اطلاعات تکمیلی علف‌کش‌ها در پیوست ارائه شده است.

کاربرد علف‌کش‌ها و انرژی مصرفی

از جمله اهداف نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی کاهش مصرف انرژی در کنار حفظ خاک است. بررسی‌ها نشان داده است که مقدار انرژی مصرفی در نظام کشاورزی حفاظتی نسبت به نظام‌های رایج حدود ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (وزارت جهاد کشاورزی، معاونت زراعت، برداشت از امامی، ۱۳۹۷). در این ارتباط ذکر این نکته ضروری است که در غیاب نیروی کارگری، مصرف علف‌کش‌ها در ۳ تا ۴ سال اول تغییر نظام از رایج به حفاظتی بسیار بالاست. هر چند افزایش مصرف علف‌کش‌ها در نظام‌های فوق، موجب هدر رفت بیشتر انرژی می‌شود اما باید توجه داشت که انرژی مصرفی برای عملیات شخم به مراتب بیشتر می‌باشد (جدول ۱۱). به عنوان مثال، تولید هر گرم علف‌کش حدود ۲۵ کیلوکالری انرژی نیاز دارد و با میزان سوخت مورد نیاز برای انجام عملیات شخم، می‌توان ۱۲/۳ کیلوگرم علف‌کش تولید نمود (Nalewaja 2001). با توجه به تولید علف‌کش‌های جدید که مقدار مصرف آنها بسیار پایین و در حد چند گرم در هکتار است و همچنین با بکارگیری تکنیک‌های استاندارد مصرف علف‌کش‌ها (مثل تعیین دقیق زمان مصرف و انتخاب سمپاش مناسب) که موجب کاهش هدر رفت آنها خواهند شد، کاربرد علف‌کش‌ها در نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی توجیه‌پذیر می‌باشد. در هر حال، انرژی و هزینه لازم برای کنترل شیمیایی علف‌های هرز بسته به فشار علف‌های هرز، نوع علف هرز غالب، نوع سمپاش، هزینه نیروی انسانی (کارگر) در منطقه، قیمت علف‌کش و تعداد دفعات لازم برای سمپاشی متفاوت است (Steiner and Twomlow 2003). سمپاشی مزارع جهت مبارزه با علف‌های هرز در مناطق مختلف و بسته به وجود و نوع ماشین آلات در منطقه و همچنین توانمندی مالی کشاورز می‌تواند با سمپاش‌های پیشرفته و یا سمپاش‌های ساده و پشتی (تک نازله یا چند نازله) و بوم‌دار که ممکن است جهت سهولت در کاربرد توسط کشاورزان بهینه‌سازی نیز شده باشند (شکل ۱۵)، انجام شود.

جدول ۱۱: انرژی مورد نیاز برای اجرای عملیات خاک‌ورزی و کاربرد علف‌کش‌ها (منبع: Nalewaja, 2001)

نوع عملیات	لیتر/هکتار	کیلوکالری/هکتار
شخم برگردان	۱۶/۸۱	۲۵۶۶۶۹
کولتیواتور	۵/۶۱	۵۲۲۸۵
دیسک	۶/۵۵	۶۱۰۴۶
چیزل	۸/۸۹	۸۲۸۵۵
هرس	۳/۲۷	۳۰۴۷۶
سمپاش	۰/۹۴	۸۷۶۱



شکل ۱۵: استقرار سمپاش پستی بر روی چرخ(بالا) و سمپاش مجهز به بوم با نیروی کششی حیوانات(پایین) جهت استفاده در نظام‌های خرده مالکی کشاورزی حفاظتی (منبع: Sims and Kienzle 2015).

آیا کاربرد علف‌کش‌ها در نظام‌های کشاورزی حفاظتی افزایش می‌یابد؟

علف‌کش‌ها یک ابزار کارآمد در کنترل علف‌های هرز، به خصوص در سالهای اول تغییر شیوه مدیریت از کشاورزی مرسوم به کشاورزی حفاظتی می‌باشند. در واقع، اجرای نظام‌های بدون شخم در زمان استفاده از علف‌کش‌ها راحت‌تر از زمانی است که علف‌کش‌ها استفاده نمی‌شوند. در چنین شرایطی، باید توجه داشت که کاربرد علف‌کش‌ها در نظام‌های کشاورزی سنتی که هیچگونه علف‌کشی جهت کنترل علف‌های هرز استفاده نمی‌شود، بیشتر از نظام‌های کشاورزی رایج خواهد بود. از طرفی، در نظام‌هایی از کشاورزی رایج که روش‌های کنترل مکانیکی در آنها جایگاهی ندارند، تغییر رویکرد مدیریتی از رایج به حفاظتی همراه با افزایش مصرف علف‌کش نخواهد بود. در هر حال، باید توجه داشت که افزایش مصرف علف‌کش‌ها در نظام‌های کشاورزی حفاظتی به معنی افزایش اثرات منفی بر محیط زیست نیست، چرا که می‌توان با تغییر در انتخاب علف‌کش، شیوه صحیح کاربرد علف‌کش، انتخاب سمپاش و نازل مناسب، تغییر نظام‌های کاشت از تک کشتی به چند کشتی (جهت افزایش تنوع در کاربرد علف‌کش‌ها) و وضع قوانین بازدارنده و نظارت مستمر بر عملکرد کاربران و کشاورزان نگرانی‌های فوق را کاهش داد (Friedrich 2005). در صورت رعایت اصول توصیه شده، مقدار کاهش مصرف علف‌کش‌ها قابل توجه

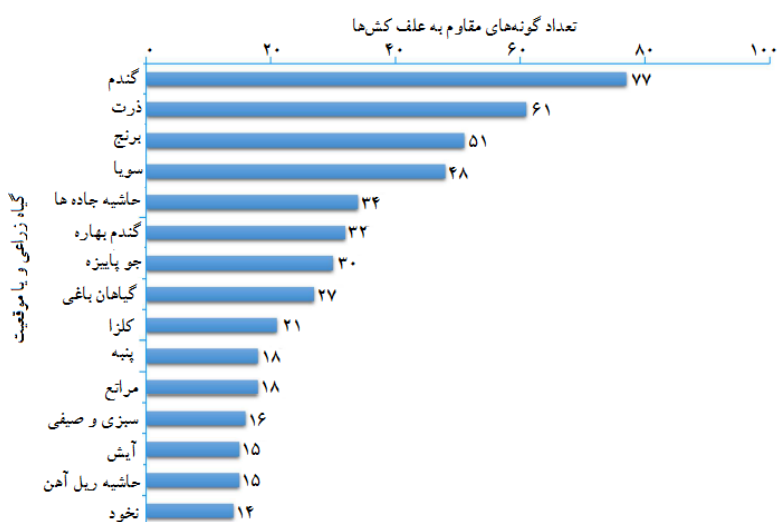
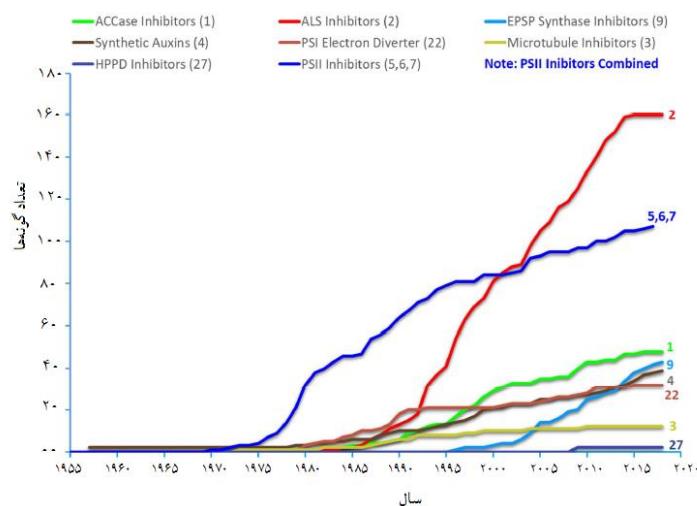
خواهد بود. بطوری که، بر اساس بررسی‌های انجام شده در پاراگوئه، مقدار مصرف علف‌کش‌ها در مدت زمان ۱۰ سال بعد از تغییر نظام کشاورزی از رایج به حفاظتی، به میزان ۳۰ تا ۵۰ درصد کاهش یافت (Derpsch *et al.* 2010).

معمولاً در اوایل تغییر نظام خاک‌ورزی به نظام‌های کم‌خاک‌ورزی، مقدار مصرف علف‌کش‌ها مشابه با نظام خاک‌ورزی رایج است اما نوع علف‌کش مصرفی و زمان مصرف آن متفاوت خواهد بود. با گذشت زمان، اعمال تناوب زراعی و استفاده از مالچ گیاهان پوششی به همراه حداقل تخریب خاک و در طی یک دوره ۲ تا ۴ سال، فشار علف‌های هرز بر گیاه زراعی و به تبع آن، مصرف علف‌کش‌ها کاهش خواهد یافت. در طول این دوره، تعیین زمان دقیق کاربرد علف‌کش‌ها در زمانی که علف‌های هرز بیشترین حساسیت را دارند، منجر به افزایش کارایی و در نهایت، کاهش مصرف آن خواهد شد. به عنوان مثال، علف‌کش گلیفوسیت زمانی بیشترین کارایی را دارد که گیاه در زمان رشد فعال خود و مسیر انتقال شیره پرورده در گیاه به سمت اندام‌های زیرزمینی باشد. این در حالی است که پاراکوات در شرایطی که گیاه تحت تنش قبلی بوده است، بیشترین کارایی را دارد (Baker *et al.* 2007). تهیه نقشه پراکنش علف‌های هرز در منطقه و کاربرد علف‌کش‌های مناسب برای گونه‌های موجود در منطقه و همچنین توسعه روش‌های مبتنی بر کشاورزی دقیق از جمله دیگر راه‌های کاهش مصرف علف‌کش‌ها در نظام‌های کشاورزی حفاظتی می‌باشند (Clements *et al.* 1996).

مدیریت مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها

چنانچه علف‌های هرز در فصل‌های زراعی مختلف در معرض یک علف‌کش و یا علف‌کش‌هایی از یک گروه شیمیایی (نحوه عمل مشابه) قرار گیرند، ممکن است به آن علف‌کش مقاوم شده و از بین نروند. با توجه به اتکای زیاد نظام‌های کشاورزی حفاظتی به کاربرد علف‌کش‌ها، احتمال بروز مقاومت در علف‌های هرز در این نظام افزایش می‌یابد و از این جهت، باید اقدامات پیش‌گیرانه مد نظر کارشناسان و کشاورزان قرار گیرد. هر چند گزارش‌های منتشر شده در سال‌های اخیر در خصوص توسعه پدیده مقاومت در نظام‌های کشاورزی حفاظتی بیشتر مربوط به علف‌کش گلیفوسیت و کشورهایی است که از ارقام زراعی مقاوم به این علف‌کش^۳ استفاده می‌کنند اما عدم مدیریت مصرف علف‌کش‌ها در هر زراعتی می‌تواند طیف وسیعتری از مقاومت را به دنبال داشته باشد و از این جهت، باید مورد توجه قرار گیرد. بررسی‌های مختلف نشان داده است که سرعت بروز مقاومت در برخی گروه‌های شیمیایی نسبت به سایر گروه‌ها، بالاتر است (شکل ۱۶) و از این جهت، باید در کاربرد علف‌کش‌های موجود در این گروه‌ها احتیاط کرد. بر اساس اطلاعات شکل ۱۶ (بالا)، بیشترین علف‌های هرز مقاوم، مربوط به گروه‌های شیمیایی است که مکانیزم عمل آنها بازدارنده ALS و PSII است. بر اساس نوع علف‌کش‌های ثبت شده برای هر گیاه زراعی و یا مکان‌های غیر زراعی، تعداد علف‌های هرز مقاوم در هر محصول نیز متفاوت است، بطوری که این تعداد برای گندم ۷۷، برای ذرت ۶۱ و برای برنج ۵۱ گونه گزارش شده است (شکل ۱۶، پایین).

³ - Roundup-ready

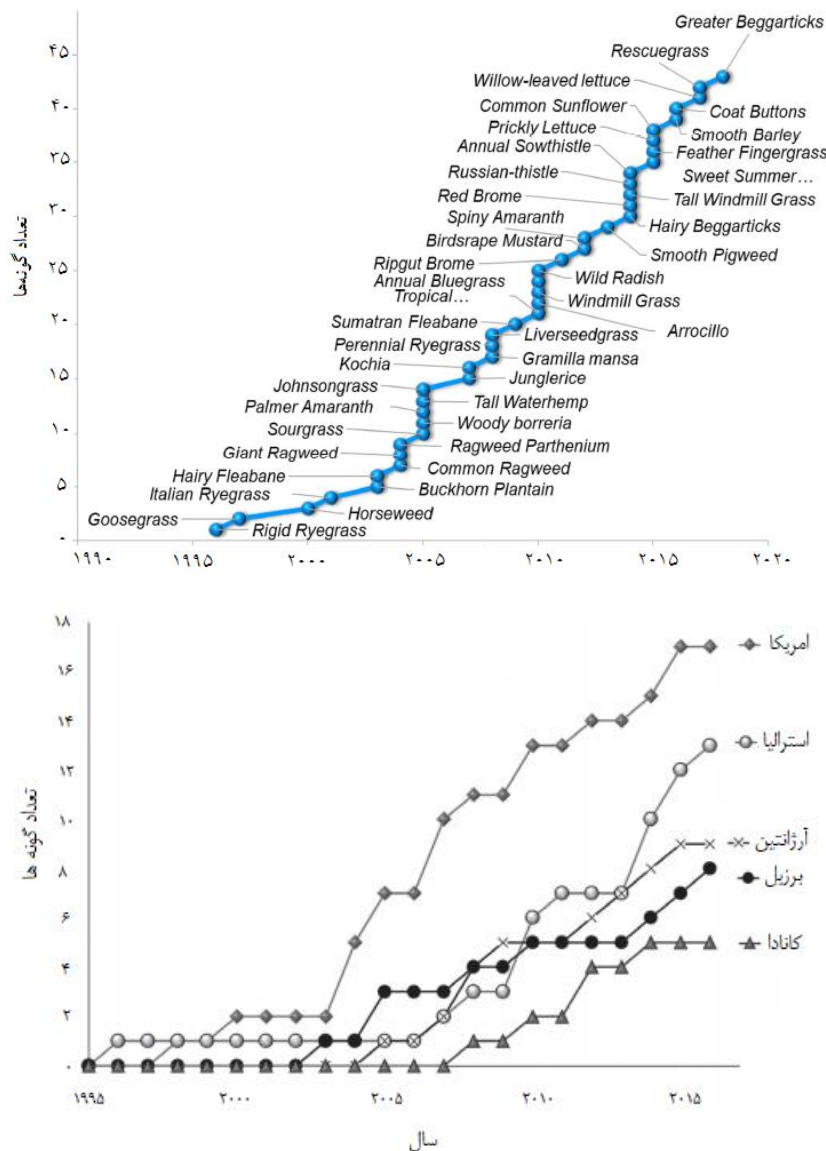


شکل ۱۶: تعداد گونه‌های مقاوم به برخی علف‌کش‌ها با نحوه عمل متفاوت (بالا) و تعداد گونه‌های علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش‌ها در هر محصول زراعی (پایین) (منبع: Heap 2019 in Krisjanson 2020)

بر اساس اطلاعات ارائه شده در شکل ۱۶، دقت در انتخاب و کاربرد علف‌کش‌ها در نظام‌های زراعی (و همچنین مکان‌های غیر زراعی) بسیار ضروری و رعایت تناوب در کاربرد علف‌کش‌ها اجتناب ناپذیر است. با توجه به اینکه نظام کشاورزی حفاظتی بر پایه مصرف علف‌کش‌ها استوار است (حداقل در سال‌های اول)، احتمال ظهور پدیده مقاومت در این نظام زیاد است. علف‌کش گلیفوسیت، از جمله علف‌کش‌های غیر انتخابی و سیستمیک است که برای اولین بار در سال ۱۹۷۴ معرفی شد و به دلیل گستردگی طیف کنترلی آن، در این نظام مورد استفاده فراوان دارد. با این حال، بررسی‌های هیپ (Heap 2010) نشان داد که از سال ۱۹۹۶ که برای اولین بار مقاومت به این علف‌کش در علف هرز چچم (*Lolium rigidum*) گزارش شد (۲۲ سال پس از معرفی علف‌کش)، تعداد علف‌های هرز مقاوم به این علف‌کش و همچنین تعداد کشورهایی که مقاومت به گلیفوسیت از آنجا گزارش شد، افزایش یافته است، بطوری که این تعداد تا سال ۲۰۰۹ به ترتیب به ۱۸ گونه و ۱۶ کشور رسید و پس از ۲۱ سال (تا سال ۲۰۱۸) به ۴۳ گونه و ۳۷ کشور افزایش یافت (شکل ۱۷). افزایش تعداد گونه‌های مقاوم به علف‌کش گلیفوسیت در کشورهای امریکا، استرالیا، برزیل، آرژانتین و کانادا که بیشترین سطح زیر کشت نظام کشاورزی حفاظتی

جهان را به خود اختصاص داده‌اند (بر اساس اطلاعات جدول ۱) قابل توجه و مطابق شکل ۱۷ می‌باشد. این روند، زنگ خطری برای سیاست‌گذاران بخش کشاورزی در کشور می‌باشد.

این گزارش مشکلات توسعه نظام کشاورزی حفاظتی در کشور را با چالش مواجه خواهد کرد چرا که، در حال حاضر، علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش‌ها (و بخصوص گلیفوسیت) مهمترین تهدید برای مدیریت پایدار علف‌های هرز در این نظام می‌باشند. تاثیر علف‌کش گلیفوسیت بر گونه‌های مختلف علف‌های هرز متفاوت و بیشترین فعالیت آن در گونه‌های باریک برگ گزارش شده است (شکل ۱۷). با اینکه گندمیان ۲۵ درصد کل علف‌های هرز جهان را به خود اختصاص می‌دهند، اما ۴۷ درصد علف‌های هرز مقاوم به گلیفوسیت، به این گونه‌ها اختصاص یافته است و به همین جهت، دوز مصرف این علف‌کش برای گندمیان بیشتر از سایر علف‌های هرز (گونه‌های پهن برگ) است (Heap and Duke 2018).



شکل ۱۷: تعداد و گونه‌های علف‌های هرز مقاوم به گلیفوسیت تا سال ۲۰۱۸ میلادی (بالا) (منبع: Heap 2019 in Krisjanson 2020) و افزایش تعداد گونه‌های مقاوم در برخی کشورها (پایین) (منبع: Heap and Duke 2018)

علاوه بر گلیفوسیت، مصرف بی رویه سایر علف‌کش‌ها نیز مشکلاتی را به دنبال داشته است. وجود آترازین و آلاکلر در خاک و در آبهای زیر زمینی امریکا و آلودگی آبهای رودخانه‌ها در زامبیا از جمله مواردی هستند که نگرانی در خصوص کاربرد بی‌رویه علف‌کش‌ها را دو چندان کرده است (Lee and Thierfelder 2017). البته، در گزارش‌هایی متناقض، وجود مقادیر بیشتری از علف‌کش‌های آترازین و سیمازین در خاک‌های نظام‌های رایج (در مقایسه با نظام حفاظتی) نیز گزارش شده است که ضرورت فهم بیشتر مکانیزم تجمع و یا انتقال علف‌کش‌ها در دو نظام را گوشزد می‌کند. در هر حال، با توجه به اینکه مقاومت در علف‌های هرز در اثر مداومت در مصرف علف‌کش‌ها و افزایش مصرف آنها در نظام کشاورزی حفاظتی ایجاد می‌شود، لزوم وجود علف‌کش‌های جایگزین با مکانیزم عمل متفاوت در مناطق مورد نظر ضروری است (Tow et al. 2011). گزارش ظهور پدیده مقاومت در علف‌های هرز ایران نیز قابل توجه (جدول ۱۲)، و رعایت نکات توصیه شده (رعایت تناوب زراعی و مصرف علف‌کش‌ها با مکانیزم عمل متفاوت در دوره‌های مختلف زراعی) جهت موفقیت نظام کشاورزی حفاظتی در کشور بسیار ضروری است.

جدول ۱۲: وضعیت مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها در استانهای مختلف کشور

استان	علف هرز مقاوم	خانواده شیمیایی / نحوه اثر	علف‌کش	ردیف
گلستان، خوزستان، فارس، کرمانشاه، تهران، اردبیل، ایلام	یولاف وحشی	آریلوکسی فنوکسی پروپونیوک اسید / بازدارنده ACCase	کلودینافوپ پروپارژیل (تاپیک ۸۰٪ EC)	۱
	چچم			
	خونی واش			
گلستان، خوزستان، فارس، کرمانشاه، تهران، ایلام	یولاف وحشی	سولفونیل اوره / بازدارنده سنتز آنزیم استوهیدروکسی اسید	مزوسولفورون + یدوسولفورون + مفن پیردی اتیل (آتانتیس ۱/۲٪ OD)	۲
	چچم			
	گلستان و خوزستان			
گلستان، خوزستان، فارس، کرمانشاه، تهران، اردبیل، ایلام	یولاف وحشی	سولفونیل اوره / بازدارنده ALS	مزوسولفورون + یدوسولفورون متیل سدیم + دیفلوفنیکان + مفن پایر دی اتیل (اتلو ۶٪ OD)	۳
	چچم			
	گلستان			
گلستان، خوزستان، فارس، کرمانشاه، تهران، اردبیل، ایلام	خونی واش	فنیل پیرازولین / بازدارنده ACCase	پینوکسادن (اکسیال ۵٪ EC)	۴
	چچم			
	گلستان و اردبیل			

(منبع: ساسان فر، ۱۳۹۸)

در مجموع، ظهور پدیده مقاومت در علف‌های هرز مشکلات متعددی برای نظام‌های کشاورزی حفاظتی ایجاد خواهد کرد و از این جهت، باید برنامه‌های مشخصی جهت مدیریت آن بکار بست. در کادر ۷، به مهمترین نکات مدیریتی جهت جلوگیری از ظهور پدیده مقاومت و یا توسعه آن اشاره شده است. در این بین، رعایت تناوب زراعی، تناوب در مصرف علف‌کش‌ها و تلفیق روش‌های شیمیایی با غیرشیمیایی از درجه اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. به عنوان مثال، کاشت گیاهان پوششی در تناوب زراعی و به خصوص گونه‌های گندمیان که مقدار زیادی بقایا تولید می‌کنند (۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) راهکاری مناسب جهت سرکوب علف‌های هرز و کاهش وابستگی نظام‌های حفاظتی به علف‌کش‌ها است (Price and Kelton 2011). از موارد دیگر می‌توان به استفاده از گلایفوسیت قبل از برداشت محصول جهت کنترل چند ساله‌ها برای سال زراعی بعد و استفاده از علف‌کش پس رویشی زود هنگام که دارای بقایا در خاک باشند اشاره کرد.

کادر ۷: نکات لازم جهت مدیریت مقاومت در علف‌های هرز

- انتخاب تناوب زراعی مناسب و رعایت آن در منطقه
- بکارگیری روش‌های مختلف جهت مدیریت علف‌های هرز
- تناوب در مصرف علف‌کش‌ها با مکانیزم عمل متفاوت در یک محصول و یا در محصولات زراعی مختلف
- رعایت دقیق مصرف علف‌کش‌ها بر اساس دوز و شیوه توصیه شده
- پایش مداوم، شناسایی و بررسی مقاومت در علف‌های هرز مزرعه با کمک کارشناسان مربوطه
- حذف فیزیکی یا شیمیایی بوته‌های مقاوم به علف‌کش و ممانعت از تولید و ریزش بذر آنها در خاک
- افزایش سطح آگاهی کشاورزان، کارشناسان و مدیران

جلوگیری از تولید بذر در علف‌های هرز

با توجه به گسترش روز افزون علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش‌ها در جهان، محققان روش‌های جدیدی جهت مدیریت علف‌های هرز معرفی کرده‌اند. از جمله این روش‌ها، می‌توان به ممانعت از تولید بذر در علف‌های هرز در فصل زمستان و یا در زمان برداشت محصول اشاره کرد. با توجه به اینکه وجود علف‌های هرز در پایان دوره رشد (زمان برداشت) تاثیری بر عملکرد محصول زراعی ندارد، اغلب کشاورزان رغبتی به حذف آنها ندارند. این در حالی است که تولید بذر توسط علف‌های هرز، سطح آلودگی مزرعه در سال (سالهای) بعد را به شدت افزایش خواهد داد. بر این اساس، مدیریت تولید بذر توسط علف‌های هرز در زمان برداشت محصول، بازسازی و ذخیره بذر علف‌های هرز در خاک را محدود و در نهایت، منجر به تخلیه بانک بذر علف‌های هرز در مزرعه خواهد شد.

معمولاً، ممانعت از تولید بذر توسط علف‌های هرز در پایان دوره رشد محدود به علف‌های هرزی است که ارتفاع بیشتری نسبت به گیاه زراعی دارند. در محصولات کوتاه قد (مثل چغندرقد)، معمولاً اندام‌های زایشی علف‌های هرز (مثل تاج خروس (*Amaranthus retroflexus*) و سلمه تره (*Chenopodium album*)) در بالای تاج پوش چغندرقد قرار داشته و به راحتی توسط کمابین قابل برداشت می‌باشند (شکل ۱۸). این عملیات می‌تواند به روش شیمیایی نیز انجام شود. کاربرد علف‌کش‌های عمومی (شامل: گلیفوسیت و پاراکوات) توسط سمپاش‌های فتیله‌ای (نمدی) از جمله روش‌های ممانعت از تکمیل چرخه زندگی علف‌های هرز بلند قد و کاهش ذخیره بذر آنها در خاک است. جهت سهولت در ورود ماشین آلات به مزرعه، طراحی صحیح ردیف‌های کاشت و وجود فضاهای خالی (ردیف‌های نکاشت) جهت ورود ماشین آلات به مزرعه در پایان فصل ضروری است. در هر حال، تسری این روش به سایر محصولات، منوط به وجود ماشین-آلات مخصوص بوده که به دلیل هزینه بالای آن، در نظام‌های زراعی خرد و اراضی کوچک قابل توصیه نمی‌باشد. انجام این عملیات در اراضی کوچک می‌تواند به صورت دستی و توسط کارگر انجام شود. کارگران باید پس از کشیدن و یا قطع اندام‌های زایشی علف‌های هرز، آنها را جمع‌آوری و از مزرعه خارج و بسوزانند (Lee and Thierfelder 2017).



شکل ۱۸: سرزنی علف‌های هرز بلند قد، به منظور جلوگیری از ریزش بذر در مزرعه و کاهش ذخیره بذر در خاک

جمع بندی

بحران آب و خاک که به دنبال توسعه کشاورزی فشرده در طول ۶۰ سال اخیر و بهره‌برداری غیرمتعارف از اراضی کشاورزی ایجاد و پایداری در تولید محصولات کشاورزی را مورد تردید قرار داده است، تغییر نظام کشاورزی را اجتناب‌ناپذیر ساخته و در بین روش‌های مختلفی که توسط محققان ارائه شده است، کشاورزی حفاظتی اجماع جهانی را به دنبال داشته است. در کنار تمامی سودمندی‌هایی که برای کشاورزی حفاظتی ذکر شده است، محدودیت‌هایی نیز برای پذیرش این روش قابل تصور است که در بین آنها می‌توان محدودیت‌های ناشی از هجوم علف‌های هرز به مزرعه و مدیریت آنها در سال‌های اولیه تغییر نظام را در صدر قرار داد. تغییر رفتارها و پویایی جمعیت علف‌های هرز در نظام‌های کشاورزی حفاظتی و واکنش‌های اکوفیزیولوژیکی آنها به تغییر نظام، مدیریت این گونه‌ها در نظام جدید را پیچیده کرده است. لزوم رعایت اصول سه‌گانه در کشاورزی حفاظتی (شامل:

حفظ بقایا در سطح زمین، کاهش عملیات خاک ورزی و رعایت تناوب زراعی) ضمن ایجاد محیطی جدید در بوم نظام، رفتار علف‌های هرز را دستخوش تغییر کرده و در ۳ تا ۵ سال اول تغییر نظام، مدیریت گونه‌های هرز را محدود به کنترل شیمیایی کرده و دست کشاورزان را برای بکارگیری روش‌های مختلف خواهد بست. این امر ضرورت شناخت بیشتر از شرایط جدید و توسعه و بکارگیری روش‌های جایگزین را گوشزد می‌کند. با این حال، گذشت زمان شرایط را به نفع گیاه زراعی تغییر خواهد داد. مساعد شدن بستر خاک و بهبود فعالیت‌های بیولوژیک در آن، موجب استقرار و رشد بهتر گیاه زراعی، پوشش سریعتر زمین و افزایش توان رقابت آنها با علف‌های هرز خواهد شد. با رعایت اصول بهداشتی و مدیریتی، به تدریج بانک بذر علف‌های هرز در خاک تخلیه شده و زمینه کاهش جمعیت این گیاهان فراهم خواهد شد. هر چند در نظام‌های کشاورزی حفاظتی و به دلیل حذف و یا کاهش عملیات خاک‌ورزی، نگرانی از افزایش تراکم علف‌های هرز چندساله افزایش خواهد یافت اما در صورت رعایت تناوب زراعی و کنترل آنها در دوره‌های عاری از گیاه زراعی (آیش)، مشکل این گونه‌ها نیز حل خواهد شد. این امر زمانی همراه با موفقیت است که کشاورزان از رفتار این گونه‌ها در مزرعه شناخت کافی داشته و گیاه زراعی مورد استفاده در تناوب را به دقت انتخاب کرده باشند. انتخاب الگوی مناسب برای تناوب زراعی، ضمن بهم زدن چرخه زندگی علف‌های هرز و کاهش جمعیت آنها، تنوع استفاده از علف‌کش‌ها در مزرعه را بیشتر کرده و نگرانی از ظهور پدیده مقاومت در علف‌های هرز را به حداقل خواهد رساند. علاوه بر این، موفقیت مدیریت علف‌های هرز در نظام‌های کشاورزی حفاظتی در گرو وجود ارقام زراعی با توان رقابت بالا، قدرت جوانه زنی سریع و تاج پوش گسترده است. در صورت دسترسی کشاورزان به این ارقام و انتخاب الگوی کاشت مناسب منطقه و در صورت تهیه مطلوب بستر کاشت، دسترسی به علف‌کش‌های پیش‌رویش و پس‌رویش و امکان تلفیق آنها با روش‌های غیرشیمیایی، نگرانی از وجود علف‌های هرز و محدودیت‌های ناشی از وجود آنها به حداقل خواهد رسید.

پیوست

نام عمومی، تجاری، فرمولاسیون، خانواده شیمیایی و نحوه عمل علف کش ها

نام عمومی	نام تجاری	فرمولاسیون	خانواده شیمیایی	مکانیزم عمل
اتال فلورالین	سونالان	EC 33.3%	دی نیتروآنیلین	بازدارنده تقسیم سلولی و جوانه زنی
اتوفومزات	استمت	SC50%	بنزوفوران	بازدارنده سنتز چربی
اکسی فلورفن	گل	EC 24%	دی فنیل اتر	بازدارنده پروتوپورفیرینوزن اکسیداز
ایمازامتابنزن متیل	آسرت	SC25%	ایمیدازولینون	بازدارنده ALS و AHAS
ایمازتاپیر	پرسویت	SL10%	ایمیدازولینون	بازدارنده ALS و AHAS
آترازین	گزاپریم	WP80%	تری آزین	بازدارنده فتوسنتز و تعرق
بروموکسینیل + ام سی پی آ	برومایسید ام آ	EC ۴۰٪	نیتریل+فنوکسی اسید	بازدارنده فتوسنتز
بروموکسینیل + توفوردی	بوکتیل یونیورسال	EC56%	نیتریل+فنوکسی اسید	بازدارنده فتوسنتز
بنتازون	بازاگران	SL48%	بنزوتیودیازون	بازدارنده فتوسنتز
بنتازون+دیکلورپروپ	بازاگران دی پی	SL56.6%	بنزوتیودیازون+ آریلوکسی آلکانوئیک	بازدارنده فتوسنتز و اکسین مصنوعی
پاراکوآت	گراماکسون	SL 20%	بای پیریدیلیوم	بازدارنده فتوسنتز و تخریب غشای سلولی
پروپاکوئیزافوب	آژیل	EC10%	آریلوکسی فنوکسی پروپیونات	بازدارنده سنتز اسید های چرب و ACCase
پروپیزامید	سس اوت	SC50%	آمید	بازدارنده تقسیم سلولی و سنتز میکروتوبولها
پرومترین	گزاگارد	WP80%	تری آزین	بازدارنده فتوسنتز
پرومترین+فلومتورون	کانوی	DF88%	تری آزین+اوره	بازدارنده فتوسنتز
پندی متالین	استامپ و پرول	EC ۳۳٪	دی نیتروآنیلین	بازدارنده تقسیم سلولی و سنتز میکروتوبولها
پیریدیت	لنتاگران	EC۶۰٪	فنیل پریدازین	بازدارنده فتوسنتز
پینوکسادن	آکسیال	EC ۵٪	فنیل پیرازولین	بازدارنده ACCase
تاپ رمزون	کلیو	SC29.7%	پیرازولیل کتون	بازدارنده سنتز DHP و کارنتنوئید
تری بنورون متیل	گرانستار	DF ۷۵٪	سولفونیل اوره	بازدارنده ALS و AHAS
تری فلورالین	ترفلان	EC ۴۸٪	دی نیتروآنیلین	بازدارنده تقسیم سلولی
توفوردی + ام سی پی آ	یو ۴۶	SL 67.5%	فنوکسی استیک اسید	بازدارنده رشد (هورمونی)
دایکامبا+تریاسولفورون	لنیتور	WG70%	بنزوئیک اسید	بازدارنده ALS و اکسین مصنوعی
دایکامبا+توفوردی	دیالان سوپر	SL 46.4%	بنزوئیک اسید+فنوکسی استیک اسید	بازدارنده رشد
دیکلورپروپ-پی-ام سی پی آ-مکوپروپ پی	دوپلسان سوپر	SL 60%	آریلوکسی آلکانوئیک اسید+فنوکسی استیک اسید+پروپیونیک اسید	هورمونی، بازدارنده رشد و فتوسنتز
دیکلوفوب متیل	ایلوکسان	EC ۳۶٪	آریلوکسی فنوکسی پروپیونیک اسید	تخریب غشاء سلول، بازدارنده ACCase و فتوسنتز و فعالیت مریستمها
دیوران	کارمکس	EC 28%	اوره ها	بازدارنده فتوسنتز
ریم سولفورون	تیتوس	DF 25%	سولفونیل اوره	بازدارنده ALS و AHAS
ستوکسیدیم	نابواس	OEC	سیکلوهگزان دیون اکسیم	بازدارنده ACCase و رشد

جوانه انتهایی		12.5%		
AHAS و ALS بازدارنده	سولفونیل اوره	DF75%	آپيروس	سولفوسولفورون
AHAS و ALS بازدارنده	سولفونیل اوره	WG75%	توتال	سولفوسولفورون + مت سولفورون متیل
بازدارنده رشد جوانه انتهایی	تیوکاربامات ها	EC 72.7%	رونیت	سیکلوات
بازدارنده سنتز اسیدهای چرب و تقسیم سلولی	آریل آمینو پروپیونیک اسید	EC 20%	سافیکس بی دلیو	فلم پروپ ام - ایزوپروپیل
بازدارنده فتوسنتز	فنیل کاربامات	EC27.5%	بتانال پراگرس آف بتانال پراگرس آم	فن مدیقام + دس مدیقام + اتوفومزات
بازدارنده ACCase	آریلوکسی فنوکسی پروپیونات	EW 7.5%	پوماسوپر	فنوکسپروپ پی اتیل + مفن پایر دی اتیل
AHAS و ALS بازدارنده	سولفونیل اوره	OD 22.5%	اکوئیپ	فورام سولفورون
AHAS و ALS بازدارنده	سولفونیل اوره	OD3.1%	مایستر	فورام سولفورون + یدوسولفورون + ایزوگزا دیفن اتیل
AHAS و ALS بازدارنده	سولفونیل اوره + ایزو کسازول	OD4.25%	مایستر پاور	فورام سولفورون + یدوسولفورون + تین کاربازون متیل
بازدارنده ACCase	سیکلو هگزان دیون اکسیم	EC 12%	سلکت سوپر سوپر پاور و پرودیم	کلتودیم
بازدارنده فتوسنتز	پیریدازینون	SC50%	پیرامین	کلریدازون
اخلال در تقسیم سلولی	پیریدین کربوکسیلیک اسید	SL30%	لوتنرل و واچ	کلوپیرالید
بازدارنده ACCase	آریلوکسی فنوکسی پروپیونیک اسید	EC ۸۰٪	تاپیک	کلودینافوپ پروپارژیل
بازدارنده ACCase	آریلوکسی فنوکسی پروپیونیک اسید + فنیل پیرازولین	EC4.5%	تراکسوس	کلودینافوپ پروپارژیل + پینوکسادن
بازدارنده ACCase	آریلوکسی فنوکسی پروپیونات	EC5%	تارگا سوپر	کوئیزالوفوب - پی - اتیل
بازدارنده ACCase	آریلوکسی فنوکسی پروپیونات	EC4%	پنترا	کوئیزالوفوب - پی - تقوریل
بازدارنده سنتز گلوتامین	اسید فسفونیک	SL 20%	باستا	گلفوزینات آمونیوم
بازدارنده سنتز اسید آمینه	اسید فسفونیک	SL41%	راندآپ	گلیفوسیت
توقف جوانه زنی و رشد	کلرواستانیلید + کوبنولین کربوکسیلیک	SC41.6%	بوتیزان استار	متازاکلر + کوئین مراک
بازدارنده فتوسنتز	تریازینون	WP70%	گلتیکس	متمایرون
بازدارنده فتوسنتز	تریازینون		سنکور	متریوزین
بازدارنده ACCase و AHAS	سولفونیل اوره	WG6%	شوالیه	مزوسولفورون + یدوسولفورون
بازدارنده ALS	سولفونیل اوره	OD 8.25%	اتللو	مزوسولفورون + یدوسولفورون متیل سدیم + دیفلوفنیکان + مفن پایردی اتیل
بازدارنده سنتز آنزیم استوهیدروکسی اسید	سولفونیل اوره	OD1.2%	آتانتیس	مزوسولفورون + یدوسولفورون + مفن پیردی اتیل
AHAS و ALS بازدارنده	سولفونیل اوره	SC%	کروز	نیکوسولفورون
AHAS و ALS بازدارنده	سولفونیل اوره	WG75%	اولتیما	نیکوسولفورون + ریم سولفورون
بازدارنده ACCase	آریلوکسی فنوکسی پروپیونات	EC ۱۰٪/۸	گالات سوپر	هالوکسی فوب آر متیل استر

منبع: شیخی و همکاران، ۱۳۹۶

منابع

- امامی، ج. ۱۳۹۷. چالش‌های توسعه کشاورزی حفاظتی و ارائه راهکارهای آن. وزارت جهاد کشاورزی. موسسه پژوهش‌های برنامه ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی. ص. ۷۴.
- آسودار، م. ا.، ف. زلّی و س. ع. شهرستانی. ۱۳۹۶. اصول مدیریت بقایای گیاهی، خاک‌ورزی و تناوب در کشاورزی حفاظتی (روش‌های محاسبه درصد پوشش سطح زمین توسط بقایا تحت تأثیر خاک‌ورزی). نشر آموزش کشاورزی. ص. ۴۷.
- بازوبندی، م. ۱۳۹۶. ارزیابی جمعیت علف‌های هرز در نظام‌های مختلف کشاورزی (حفاظتی و رایج) و تناوب زراعی معمول در منطقه معتدل سرد. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور. ص. ۴۱.
- بی‌نام. ۱۳۹۳ (الف). دستورالعمل فنی کشاورزی حفاظتی برای اراضی آبی. گروه کشاورزی حفاظتی ستاد معاونت امور زراعت و موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی. ص. ۲۹.
- بی‌نام. ۱۳۹۳ (ب). دستورالعمل فنی کشاورزی حفاظتی برای اراضی دیم. گروه کشاورزی حفاظتی ستاد معاونت امور زراعت و موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور. وزارت جهاد کشاورزی. ص. ۱۳.
- جمالی، م. ر. ۱۳۹۷. بررسی اثر سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی بر تراکم، تنوع و بانک بذر علف‌های هرز در تناوب گندم - ذرت. پایان نامه دکتری. دانشگاه بوعی سینا همدان. ص. ۱۹۲.
- جمالی، م. ر. و گ. احمدوند. ۱۳۹۴. اثر سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی بر پویایی بانک بذر علف‌های هرز در تناوب گندم- ذرت. مجله دانش علف‌های هرز. ۱۱-۱۱. ص. ۱۱-۱۱.
- جمالی، م. ر.، ص. افضل‌نیا، ب. منصور، ع. ب. شیروانی، م. علوی‌منش و م. زارع. ۱۳۹۵. بررسی اثر خاک‌ورزی بر جمعیت علف‌های هرز در تناوب گندم-ذرت. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور.
- زند، ا.، ک. موسوی، ا. حیدری. ۱۳۹۳. علف‌کش‌ها و روش‌های کاربرد آنها. جهاد دانشگاهی مشهد. ص. ۵۴۷.
- ساسان‌فر، ح. ۱۳۹۸. مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها. کارگاه آموزشی کنترل شیمیایی علف‌های هرز با تأکید بر علف‌های هرز مقاوم و علف‌کش‌های جدید. سازمان حفظ نباتات کشور.
- ساعی آهن، ج.، ح. قیصی پور، ا. شریفی و ن. محمدی اسدی. ۱۳۸۸. طرح جامع کشاورزی حفاظتی. وزارت جهاد کشاورزی. معاونت تولیدات گیاهی.
- شیخی گرجان، ع.، ح. نجفی، س. عباسی، ف. صابرفر، م. رشید و م. مرادی. ۱۳۹۶. راهنمای آفت‌کش‌های شیمیایی و ارگانیک ایران. نشر راه دان. ص. ۶۹۵.
- کوچکی، ع. و ز. برومند رضازاده. ۱۳۸۸. خاک‌ورزی در بوم‌نظام‌های زراعی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ص. ۴۴۰.
- کوچکی، ع. ع. مهدوی دامغانی، ب. کامکار، م. فارسی، پ. رضوانی مقدم و ا. ب. بزرگو. ۱۳۸۴. تنوع زیستی کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ص. ۶۱۰.
- لطیفی، س.، ح. راحلی، ح. یادآور و ح. سعدی. ۱۳۹۵. تحلیل بازدارنده‌های توسعه کشاورزی حفاظتی در ایران. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۶(۴). ۱۸۴-۱۶۷.
- لطیفی، س.، ح. راحلی، ح. یادآور و ح. سعدی. ۱۳۹۶. شناسایی و تحلیل پیشران‌های توسعه کشاورزی حفاظتی در ایران. علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران. ۱۳(۱): ۱۰۵-۱۲۵.
- مجلس شورای اسلامی. (۱۳۹۵). گزارش کمیسیون تلفیق در مورد لایحه برنامه ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران. تهران: معاونت قوانین مجلس شورای اسلامی.

میرزاشاهی، ک. وک. بازرگان. ۱۳۹۴. مدیریت ماده آلی خاک. نشریه فنی شماره ۵۳۵. موسسه تحقیقات خاک و آب. ص. ۱۹.

نجفی، ح. ۱۳۹۱. اثر گیاهان پوششی پاییزه و بهاره بر کنترل علف‌های هرز چغندر قند. مجله علوم زراعی ایران، جلد ۱۴(۴):۳۸۲-۳۷۰.

نجفی، ح. ۱۳۹۳. بررسی نقش نوع گیاه پوششی و زمان حذف آن در مدیریت علف‌های هرز چغندر قند در سیستم‌های کاشت تک ردیفه و دو ردیفه. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. موسسه تحقیقات گیاه پزشکی. ص. ۳۵.

نجفی، ح. ۱۳۹۳. روش‌های غیرشیمیایی مدیریت علف‌های هرز. نشر پاک پندار. ص. ۳۱۷.

نجفی، ح. ۱. زند، م. دیانت و ا. نصرتی. ۱۳۹۰. اکولوژی علف‌های هرز و گیاهان مهاجم. جهاد دانشگاهی مشهد. ص. ۴۸۰.

نجفی، ح. م. حسن زاده دلویی، م. ح. راشد محصل، ا. زند و م. ع. باغستانی. ۱۳۸۵. مدیریت بوم‌شناختی علف‌های هرز (ترجمه). موسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی. ص. ۵۵۹.

نجفی، ح. ۱. زند. ۱۳۹۰. اثرگذاری نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی بر جمعیت علف‌های هرز. مقاله کلیدی. چهارمین همایش علوم علف‌های هرز ایران. ۱۷-۲۸.

نجفی، ح. ۱. زند. ۱۳۹۱. راهبردهای مدیریت علف‌های هرز در نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی. مقاله کلیدی. دوازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ص. ۱۱.

ویسی، م. ج. خلقانی و پ. ثابتی. ۱۳۸۸. مدیریت تلفیقی (زراعی و شیمیایی) شیرین بیان به عنوان علف هرز مزاحم برداشت گندم. سومین همایش علوم علف‌های هرز ایران. ص. ۲۵۴-۲۵۶.

هادیزاده، م. ح. س. ح. حسینی کیا، س. ح. ترابی، ک. حاج محمدنیا قالیباف. ۱۳۹۸. بررسی اثر باقی مانده مصرف چند علف‌کش سولفونیل اوره گندم (*Triticum aestivum* L.) در کشت حفاظتی پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)
نشریه حفاظت گیاهان. شماره ۱. ص. ۸۵-۹۷.

Baker C.J., K.E. Saxton, W.R. Ritchie, W.C.T. Chamen, D.C. Reicosky, M.F.S. Ribeiro, S.E. Justice and P.R. Hobbs. 2007. No-tillage Seeding in Conservation Agriculture. Second Edition. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Pp: 341.

Blackshaw, R.E., D.C. Pearson, F.J. Larney, P.J. Regitnig, J.J. Nitschelm, and N.Z. Lupwayi. 2015. Conservation Management and Crop Rotation Effects on Weed Populations in a 12-Year Irrigated Study. Weed Technology, 29(4):835-843.

Chauhan, B.S., R.G. Singh, G. Mahajan. 2012. Ecology and management of weeds under conservation agriculture: a review. Crop Prot. 38:57-65.

Chauhan, B. S., G. Mahajan (eds.). 2014. Recent Advances in Weed Management. Springer Science+Business Media New York.

Childs, D., T. Jordan, M. Ross, and T. Bauman. 2001. Weed control in no tillage systems: Purdue University Cooperative Extension Service. Conservation Tillage series CT-2. West Lafayette: Purdue University.

Clements, D.R., D.L. Benoit, S.D. Murphy, and C.J. Swanton. 1996. Tillage effects on weed seed return and seed bank composition. Weed Sci. 44: 314-322.

Corsi, S. and H. Muminjanov. 2019. Conservation Agriculture. Training guide for extension agents and farmers in Eastern Europe and Central Asia. Rome, FAO.

Derksen, D.A., G.P. Lafond, A.G. Thomas, H.A. Loepky, and C.J. Swanton. 1993. Impact of agronomic practices on weed communities: Tillage systems. Weed Sci. 41: 409- 417.

Derksen, D. A., Blackshaw, R. E. and Boyetchko, S. M. 1996. Sustainability, conservation tillage, and weeds in Canada. Can' J. plant Sci. 76: 651--659.

Derpsch, R., T. Friedrich. 2015. Development and Current Status of No-till Adoption in the World. Access at: <https://www.researchgate.net/publication/228360512>

Derpsch, R., T. Friedrich, A. Kassam, and L. Hongwen. 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 3: 1- 25.

FAO and ITPS. 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy

- FAO.** 2020. Global agriculture towards 2050, high-level expert forum: How to feed the world in 2050. Available from: URL: <http://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-forum/en/> (last accessed January 2020).
- Farooq M., K. H. M. Siddique (eds.).** 2015. Conservation Agriculture. Springer International Publishing Switzerland.
- Friedrich, T. and A. Kassam.** 2009. Adoption of Conservation Agriculture Technologies: Constraints and Opportunities. IVth World Congress on Conservation Agriculture, New Delhi.
- Friedrich, T. J. Kienzle and A.H. Kassam.** 2009. Conservation Agriculture in Developing Countries: The Role of Mechanization. Paper presented at the Club of Bologna meeting on Innovation for Sustainable Mechanization, Hanover, Germany.
- Friedrich, T., Kassam A.H. and Taher, F.** 2009. Adoption of conservation agriculture and the role of policy and institutional support. International consultation on no-till with soil cover and crop rotation, Shortandy, Kazakhstan. 1-38.
- Friedrich, T.** 2005. Does no-till farming require more herbicides? Outlooks on pest management. 16(4):188-191.
- Gillespie, S.** 2006. Weed management in reduced-input-no-till flax production. M. Sc. Thesis. University of Manitoba, Winnipeg, MB.
- Haskins, B.** 2019. Using pre-emergent herbicides in conservation farming systems. NSW DPI, District Agronomist, Hillston. Broadacre unit. Accessed on: <https://www.dpi.nsw.gov.au › winter-crops › general-information>
- Heap, I.** 2010. The international survey of herbicide resistant weeds. Available online at <http://www.weedscience.com> (verified 28/7/10).
- Heap, I. and SO. Duke.** 2018. Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. Pest Manag Sci. 2018 May;74(5):1040-1049.
- Kassam A., T. Friedrich, and R. Derpsch.** 2018. Global spread of Conservation Agriculture. International Journal of Environmental Studies.PP.24.
- Krisjanson, I.** 2020. A step back for new problems: Tools for resistant weeds. Farm Production Extension Specialist-Crops. Manitoba Agriculture and Resource Development.
- Larney, F.J., J.J. Nitschelm, P.J. Regitnig, D.C. Pearson, R.E. Blackshaw, and N.Z. Lupwayi.** 2016. Sugar beet response to rotation and conservation management in a 12-year irrigated study in southern Alberta. Can. J. Plant Sci. 96: 776–789.
- Lee, N., and C. Thierfelder.** 2017. Weed control under conservation agriculture in dryland smallholder farming systems of southern Africa. A review. Agron. Sustain. Dev. 37: 48.
- Liebman M, AS. Davis.** 2000. Integration of soil, crop and weed management in low-external-input farming systems. Weed Res. 40(1):27-47.
- Ling LI., H. Gao-bao, Z. Ren-zhi, B. Bellotti, and K. Kwong Yin Chan.** 2011. Benefits of conservation agriculture on soil and water conservation and its progress in China. Agricultural Sciences in China, 10(6):850-859.
- Macchia, M., A. Cozzani, and E. Bonari.** 1996. Effects of soil tillage on weed seed bank structure and dynamics in a biennial winter wheat- soybean rotation. Rivista di Agronomia 30, 136-141.
- Mahapatra BS., A. Mishra, A. Kumar.** 2004. Green manuring: a basic concept and its role in weed control. In: Training manual: advances in weed management. G.B. Pant University of Agriculture and Technology, Pantnagar, India.
- Mangin A.R., L.M. Hall, J.J. Schoenau, H.J. Beckie.** 2016. Influence of tillage on control of wild oat (*Avena fatua*) by the soil-applied herbicide(pyroxasulfone). Weed Sci. 65(2):266-274.
- Melander B, J.K.Kristensen.** 2011. Soil steaming effects on weed seedling emergence under the influence of soil type, soil moisture, soil structure and heat duration. Ann. Appl. Biol. 158:194–203.
- Miler, S.D., and J.D. Nalewaja.** 1990. Influence of burial depth on wild oat seed longevity. Weed Techn. 4: 514-517.
- Mitchell, J. P., D. C. Reicosky, E. A. Kueneman, J. Fisher and D. Beck.** 2019. Conservation agriculture systems. CAB Reviews 14, No. 001.
- Nalewaja, J.D.** 2001. Weeds and conservation agriculture. North Dakota State University Fargo.
- Ngwira A., J.B. Aune, C. Thierfelder.** 2014. On-farm evaluation of the effects of the principles and components of conservation agriculture on maize yield and weed biomass in Malawi. Exp. Agric. 50: 591- 610.
- Nichols, V., N. Verhulst, R. Cox, B. Govaerts.** 2015. Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. Field Crops Research. Vol. 183: 56-68.
- Pardo, G., A. Cirujeda, F. Perea, A.M.C. Verdu, M.T. Mas, J.M. Urbano.** 2019. Effects of reduced and conventional tillage on weed communities: Results of a long-term experiment in southwestern Spain. Planta Daninha. 37.
- Price, A., and J. Kelton.** 2011 Weed Control in Conservation Agriculture. Access on: www.intechopen.com

- Rasmussen J.** 2003. Punch planting, flame weeding and stale seedbed for weed control in row crops. *Weed Res.* 43(6):393–403.
- Regehr, D.L.** 2000. Weed Control in Great Plains No-Till Cropping. International Symposium on Conservation Tillage. January 24-27, Mazatlan, Mexico.
- Roozkhosh, M., S.V. Eslami, M.J. Al-Ahmadi.** 2017. Effect of plastic mulch and burial depth on purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) emergence and growth. *Arch Agron Soil Sci*:1–11.
- Sahile G., G. Abebe, MA.T Abdel-Rahman.** 2005. Effect of soil solarization on Orobanche soil seed bank and tomato yield in Central Rift Valley of Ethiopia. *World J. Agric Sci.* 1(2):143–147.
- Shahpari, A.** 2011. Scope of conservation tillage systems in Iran. Proceedings of workshop on conservation agriculture and its impact on water productivity. 12-13 Sep., Karaj. Iran.
- Shrestha, A., T. Lanini, S. Wright, R. Vargas and J. Mitchell.** 2006. Conservation tillage and weed management. University of California.
- Sims, B., S. Corsi, G. Gbehounou, J. Kienzle, M. Taguchi and T. Friedrich.** 2018. Sustainable Weed Management for Conservation Agriculture: Options for Smallholder Farmers. *Agriculture* 2018, 8, 0; PP.20.
- Sims, B., and J. Kienzle.** 2015. Mechanization of Conservation Agriculture for Smallholders: Issues and Options for Sustainable Intensification. *Environments*, 2: 139-166.
- Steiner, K.G., and S. Twomlow.** 2003. Weed Management in Conservation Tillage Systems. African Conservation Tillage Network. Information series No. 8.
- Stepanovic S., A. Datta, B. Neilson, C. Bruening, C.A. Shapiro, G. Gogos, S.Z. Knezevic.** 2015. Effectiveness of flame weeding and cultivation for weed control in organic maize. *Biol Agric Hort* 8765:1–16.
- Swanton, C. J., D. R. Clements, and D. A. Derksen.** 1993. Weed Succession under Conservation Tillage: A Hierarchical Framework for Research and Management. *Weed Tech.* (7), No. 2: 286-297
- Swanton, C. J., A. Sherestha, S. Z. Knezevic, R.C. Roy, and B. R. Ball-Coelho.** 1999. Effect of tillage systems, N and cover crop on the composition of weed flora. *Weed Sci.* 47:454- 461.
- Swanton, C. J., A. Sherestha, S. Z. Knezevic, R.C. Roy, and B. R. Ball-Coelho.** 2000. Influence of tillage type on vertical weed seed bank distribution in a sandy soil. *Can. J. Plant Sci.* 80:455-457.
- Tow, P., I. Cooper, I. Partridge and C. Birch.** 2011. Rainfed farming system. Springer Sci.
- Verhulst, N., B. Govaerts, E. Verachtert, A. Castellanos-Navarrete, M. Mezzalama, P. Wall, J. Deckers, K.D. Sayre.** 2010. Conservation Agriculture, Improving Soil Quality for Sustainable Production Systems? In: Lal, R., Stewart, B.A. (Eds.), *Advances in Soil Science: Food Security and Soil Quality*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 137-208.
- The World Bank Group.** 2019. Arable land (hectares per person). Food and Agriculture Organization. <https://data.worldbank.org/>
- Vishwakarma, A.K., R.H.W., Brajendra and R. Gopal.** 2017. Weed management in conservation agriculture: A brief review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.* SP1: 502-506.
- Worsham, A. D.** 1989. Current and potential techniques using allelopathy as an aid in weed management. Pages 275-289. In. *Phytochemical Ecology: Allelochemicals, Mycotoxins, and Insect Pheromones and Allomones* (C.H. Chou and G. R. Waller, Eds.), Institute of Botany, Academia Sinica Monograph Series No. 9, Taipei, Taiwan.
- Wrucke, M.A., and W.E. Arnold.** 1985. Weed species distribution as influenced by tillage and herbicides. *Weed Sci.* 33:853-856.



Ministry of Jihad-e-Agriculture
Agricultural Research, Education & Extension Organization



Weeds and their management in conservation agriculture systems



2020