نشریه پژوهش علف های هرز
دوره ۱۴، شماره ۲، پائیز و زمستان ۱۴۰۱
صفحات ۱۱۸-۱۰۰

آینده پژوهی در علوم علف‌های‌هرز (مروری بر نیازهای تحقیقاتی آینده و فناوری‌های نوظهور)

Future Studies in Weed Sciences (Review of Future Research Needs and Emerging Technologies)

ابراهیم ایزدی دربندی[۱]، آرش مقصودی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۲۲ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۳**

چکیده

علم علف‌های‌هرز در قیاس با سایر علوم زراعت، یک علم نوپا است. وجین از اولین روش‌های کنترل علف‌های‌هرز بود، اما با گذر زمان و اختراع ادوات کشاورزی، روش‌های جدیدی برای کنترل علف‌های‌هرز معرفی شد و تا به امروز کم و بیش مورد استفاده قرار گرفته است. امروزه چالش‌هایی در این علم ایجاد شده است که از مهمترین آنها می‌توان به ظهور بیوتیپ‌های مقاوم به علف‌کش‌ها و کاهش کارایی علف‌کش‌های قدیمی، کمبود روش‌های مدیریتی علف‌های‌هرز و کاهش روند معرفی علف‌کش‌هایی با نحوه عمل جدید اشاره کرد. در آینده با توجه به نیاز، معرفی ترکیبات طبیعی به عنوان یک گزینه مناسب جهت کشف محل عمل جدید و تولید علف‌کش‌های زیستی مورد توجه است. همچنین مهندسی ژنتیک به عنوان یک ابزار دیگر برای دست ورزی در خاصیت انتخابی علف‌کش‌ها و ایجاد روش‌های مدیریتی جدید مورد توجه خواهد بود. علوم کامپیوتر و رباتیک که شامل چشم‌های الکترونیک، سنسورهای تشخیص گیاهان زراعی از علف‌هرز و سایر ابزار مربوط به علوم مهندسی هستند نیز از ابزارهای مهم و مورد نیاز در مدیریت علف‌های‌هرز هستند که در حال پیشرفت و پردازش می‌باشند. لذا مطالعه و بررسی روش‌ها و ابزارهای نوین در علم علف‌های‌هرز میتواند در جهت رفع چالش‌ها کمک کند.

کلمات کلیدی: علف‌کش زیستی، کشاورزی دقیق، کشاورزی رباتیک، مقاومت.

---

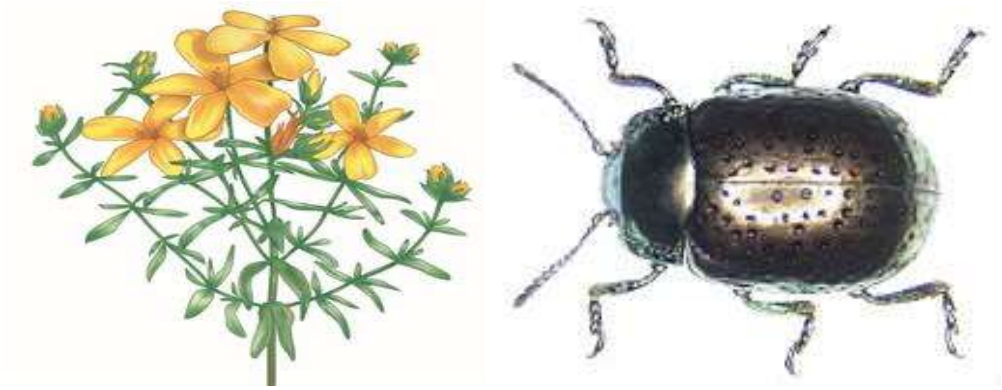
۱ - گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
۲ - گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
* مکاتبه کننده: e-izadi@um.ac.ir

مقدمه

تا قبل از امپراتوری روم باستان (آغاز قرن میلادی)، کنترل هدفمند علف‌های‌هرز خیلی نادر بود. بطوری که در منابع اولیه مانند انجیل، از آنها به عنوان گیاهان ناخواسته نام برده شده است. احتمالاً چینی‌ها و هندی‌ها سابقه قدیمی‌تری از کنترل علف‌های‌هرز داشته باشند. نقل قول‌های زیادی راجع به قوانین علف‌های‌هرز و کنترل آن‌ها در بریتانیا و اسکاتلند در طی سال‌های ۱۲۱۲ تا ۱۲۴۹ میلادی گزارش شده است. بطوری که افرادی که این گونه‌ها را پراکنش می‌دادند و همچنین زارعینی که گیاهان سمج و مساله‌ساز را در مزارع خود کنترل نمی‌کردند، جریمه و ملزم به پرداخت آن بودند. اجرای چنین قوانینی در حذف علف‌های‌هرز بسیار موثر بود. تا آنجایی که بذر گندم (*Triticum aestivum* L.) این مناطق به خالص بودن و پاک بودن از بذر علف‌های‌هرز معروف شد. همچنین نویسندگان بریتانیایی از جمله شکسپیر، در قرون ۱۶، ۱۷ و ۱۸ میلادی اشاراتی در ارتباط با زیست شناسی علف‌های‌هرز و مشکلاتی را که باعث می‌شوند، کرده اند (Timmons, 1970). سپس با توسعه ابزار مکانیکی مانند تراکتور، چیزل‌ها و کولتیواتورها، روش‌های کنترل تغییر کرد. در ابتدا و حدود سال‌های ۱۹۰۰ میلادی علف‌کش‌های معدنی مانند سولفات مس، سولفات آهن و نیتریک اسید به عنوان اولین مواد شیمیایی برای کنترل علف‌های‌هرز در مزارع استفاده می‌شدند که در برخی گیاهان زراعی خاصیت انتخابی داشتند. تا اینکه در سال ۱۹۴۲ تا ۱۹۴۴ میلادی با کشف ترکیبات فنوکسی، دوران کنترل شیمیایی علف‌های‌هرز توسط علف‌کش‌های آلی آغاز شد (Holm & Johnson, 2009). بعد از کشف فنوکسی‌ها، گروه‌های جدید دیگری از علف کش ها نیز به سرعت معرفی شدند. بطوریکه تعداد علف‌کش‌ها از ۱۵ عدد در دهه ۱۹۴۰ به ۲۵ عدد در دهه ۱۹۵۰ رسید و با توسعه روزافزون گروه‌های جدیدی از علف‌کش‌ها، تعداد آنها در حال حاضر به بیش از ۱۰۰ ماده موثره رسیده است. بعد از کشف اولین علف‌کش انتخابی، عصر طلایی علف‌کش‌ها آغاز شد و مصرف علف‌کش‌ها در دنیا و به خصوص در آمریکا و کانادا به سرعت افزایش یافت. بطوریکه از سال ۱۹۵۴ تا ۱۹۶۸ میلادی مقدار مصرف علف‌کش‌های خانواده فنوکسی در کانادا سه برابر و سایر خانواده علف‌کش‌ها به ۱۱ برابر افزایش یافت (Timmons, 1970).همزمان با پیشرفت و توسعه علف‌کش‌های جدید از سال ۱۹۰۰ میلادی، توجه اندک اما اثرگذاری به کنترل بیولوژیک علف‌های‌هرز نیز شده است. اولین تلاش‌ها در کنترل بیولوژیک در استفاده از حشرات، در استرالیا و هاوایی به ترتیب در سال‌های ۱۹۰۲ و ۱۹۱۴ میلادی برای کنترل *Lantana camora* L. انجام گرفت (Perkins *et al.*, 1924). در سال ۱۹۲۰ میلادی، به منظور کنترل کاکتوس اپونتیا، حشره *Cactoblastis cactorum* از آرژانتین به استرالیا معرفی شد (Miller, 1936) و در کنترل این کاکتوس نتایج ثمربخشی را در استرالیا، آفریقای جنوبی و مناطقی از آمریکا نشان داد (Pettey, 1948).

پروژه کنترل گل‌راعی (*Hypericum perferatum*) توسط سوسک *Chrysolina* در اانگلستان و در سال ۱۹۲۰ میلادی آغاز شد. در بین سال‌های ۱۹۳۵ تا ۱۹۴۴ میلادی، سوسک ها را از فرانسه و بریتانیا به آمریکا وارد کردند (Holloway and Huffaker, 1952). در سال ۱۹۴۵ میلادی تحقیقات گسترده‌ای بر میزان خسارت و پراکنش سوسک‌ها در ایالات مختلف آمریکا آغاز شد و نتایج نشان داد که

سوسک‌ها حدود ۴۰۰ هزار ایکر از مناطق آلوده به گل راعی را کنترل کردند (Holloway, 1964) (شکل ۱).



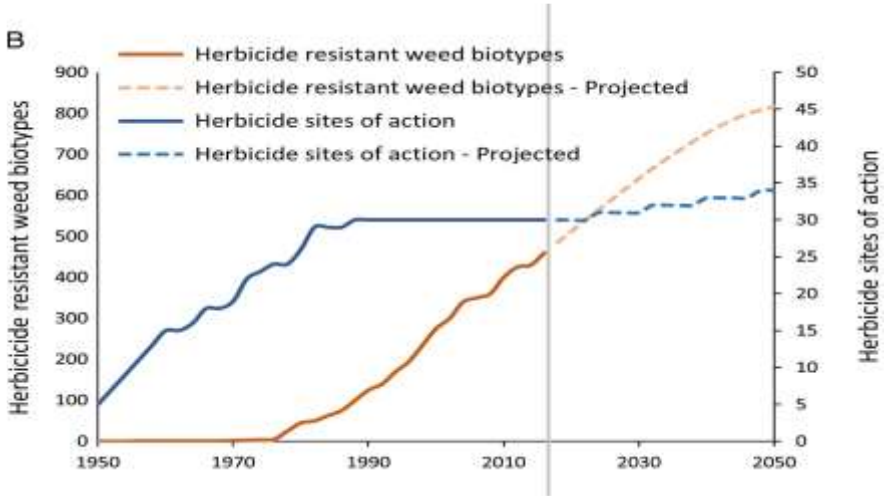
شکل ۱- تصویری از گل راعی در سمت راست و عامل کنترل بیولوژیک آن در سمت چپ.

Fig. 1- A picture of *Hypericum perferatum* (right) and its biological control agent (left).

علف‌های‌هرز مشکلات ماندگار و مزمنی هستند و با توسعه و گسترش بیوتیپ‌های مقاوم به علف‌کش‌ها ناچار به پیدا کردن راهکارها و فناوری‌های جدیدی به منظور مقابله با تکامل و سازگاری این گونه‌ها هستیم. خوشبختانه با توسعه فناوری و پیشرفت‌های علمی که در دهه‌های اخیر در علوم زیستی اتفاق افتاده است، پتانسیل‌ها و فرصت‌هایی برای بهبود روش‌های مدیریت علف‌های‌هرز معرفی شده‌اند. تا سال ۲۰۵۰ میلادی اتفاقات زیادی رخ خواهد داد که تعدادی از آنها قابل پیش‌بینی هستند. اصلاحات ژنتیکی به عنوان یک روش موثر در جبران خلاء عملکرد گیاهان زراعی و تامین غذای ۹ میلیارد جمعیت برآورد شده در آینده به عنوان یک دیدگاه خوشبینانه است. اما کنترل علف‌های‌هرز به عنوان یک چالش غیر قابل برآورد و نامحدود همچنان به عنوان یک مشکل باقی خواهد بود. علف‌های‌هرز به مقاومت در مقابل روش های کنترل و تکامل خود ادامه خواهند داد و ما ناچار هستیم به دنبال روش‌های پایداری برای مدیریت آنها باشیم. در سال‌های اخیر گزارش‌ها و تحقیقات موجود در رابطه با مدیریت علف‌های‌هرز در آینده اطلاعات خوبی را در این رابطه برای ما فراهم آورده است (Bajwa, *et al*., 2017; Shaner & Beckie, 2014). برخی از محققین به ضرورت آگاهی بیشتر با اکولوژی و تکامل علف‌های‌هرز واقف بوده و بر آن تاکید می‌کنند. گروهی کاربرد و توجه بیشتر به مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز را پیشنهاد می‌کنند و عده‌ای دیگر تلفیق علوم پایه با علوم کاربردی یا تلفیق فرصت‌های جدید در علم علف‌های‌هرز را پیشنهاد می‌کنند. در این موضوعات همه اتفاق نظر دارند و ما در این مقوله می‌خواهیم نشان دهیم که کنترل علف‌های‌هرز در آینده به چه شکلی خواهد بود و روش‌های مدیریت علف‌های‌هرز در دهه‌های آینده چه تغییرات اساسی خواهد داشت.

از ابتدای سال ۱۹۵۰ تا ابتدای ۱۹۸۰ میلادی بطور میانگین هر سه سال، ۲/۵ علف‌کش با محل عمل جدید کشف می‌شد (Duke, 2012). از سال ۱۹۸۰ میلادی به بعد دیگر علف‌کشی با نحوه عمل جدید معرفی نشد. با اینحال، برخی کمپانی‌ها مدعی تولید علف‌کش‌ها با نحوه عمل جدید در آینده هستند (Bomgardner, 2016).

از طرفی شیوع و گسترش مقاومت علف‌های‌هرز به علف‌کش‌ها و همچنین نبود علف‌کشی جدید با نحوه عمل جدید، منجر به این تهدید شده است که هیچ کدام از علف‌کش‌های موجود در حال حاضر، در آینده کارایی نداشته باشند (شکل ۲).



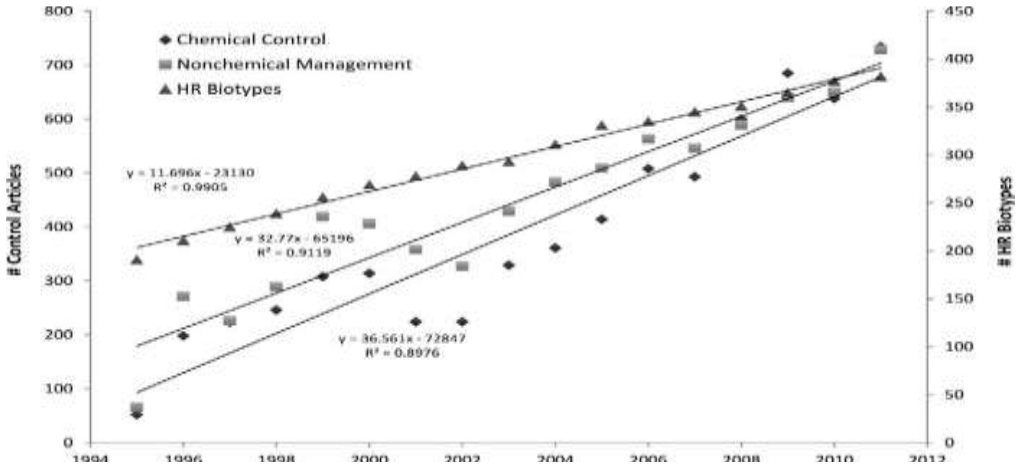
شکل ۲. روند توسعه مقاومت و معرفی علف‌کش‌های جدید در طی زمان.

Fig. 2- The trend of development of resistance and introduction of new herbicides over time.

کمبود علف‌کش با نحوه عمل جدید و روند کم سرعت کشف علف‌کش‌هایی جدید، احتمالاً به دلیل عوامل مختلفی است از جمله می‌توان به همکاری مجدانه بین شرکت‌های صنعت آفت‌کش‌ها به منظور جلوگیری از معرفی علف‌کش‌های جدید، معرفی گیاهان زراعی مقاوم به گلایفوسیت، هزینه‌ها و سخت‌گیری‌های زیاد در تولید و معرفی علف‌کش جدید و برگشت مالی کم هزینه‌ها پس از معرفی علف‌کش جدید اشاره کرد. در این راستا، استفاده از علف‌کش‌های مخلوط به عنوان یک راهکار ارزان نیز نتوانست این مشکل را رفع کند. بطور کلی، علف‌کش‌های جدید با نحوه عمل قدیمی و گیاهان زراعی تراریخته مقاوم به آنها در جهت رفع معضل مقاومت به علف‌کش‌ها در علف‌های‌هرز، به عنوان راهکارهایی کوتاه مدت هستند. زیرا مقاومت نسبت به این علف‌کش‌ها همچنان وجود خواهد داشت و رفع نخواهد شد.

واقعیت این است که روند تحقیقات و روش‌های کنترل علف‌های هرز همچون سایر علوم، فراز و نشیب داشته است. اما آنچه که مسلم است، با توجه به روند رو به رشد و فزاینده علوم زیستی، در آینده اولویت‌های تحقیقاتی جدیدی خواهد بود که نیاز به توجه و برنامه ریزی جدی است. در گزارشی به روند پژوهش‌ها و تعداد انتشارات تحقیقاتی در علوم علف‌های‌هرز از جمله کنترل شیمیایی (علف‌کش‌ها) و کنترل غیرشیمیایی (فیزیکی، بیولوژیک و زراعی) اشاره شده است (شکل ۳). مشاهده می شود که در طول دو دهه گذشته تحقیقات کنترل شیمیایی و غیرشیمیایی در علوم علف های هرز دارای روندی صعودی و خطی قابل توجه بوده است. با این وجود و علیرغم تلاش های انجام شده در این حوزه، ظهور مقاومت به علف‌کش‌ها در بیوتیپ‌های علف‌های هرز با سرعتی فزاینده و همراستا با تلاش ها و پژوهش های

مرتبط برای کنترل آنها، زنگ خطری جدی برای تغییر نگرش و خط سیر تحقیقات آینده علوم علف های هرز است. لذا آینده پژوهشی در این علم یکی از ضروریات غیر اجتناب است که نیاز به توجه و برنامه ریزی ویژه‌ای دارد (Harker & O'donovan, 2013).



شکل ۳. روند انتشارات مربوط به کنترل شیمیایی و غیرشیمیایی و ظهور بیوتیپ‌های مقاوم به علف‌کش‌ها.

Fig. 3- Publication trends related to chemical and non-chemical control and the emergence of herbicide-resistant biotypes.

آفت‌کش‌های زیستی و علف‌کش‌های با محل‌های عمل جدید

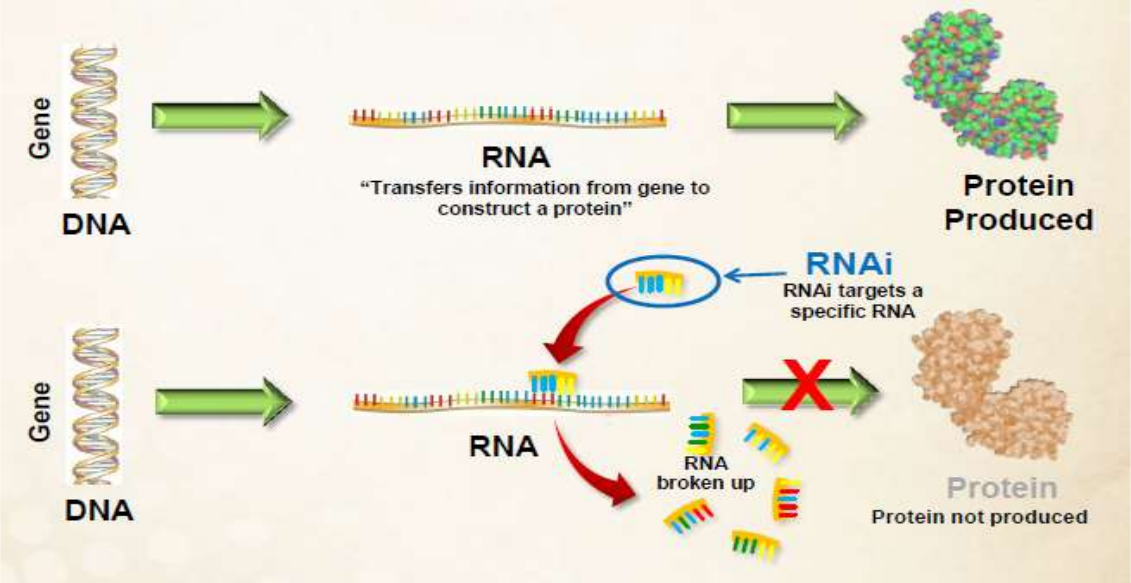
آینده کنترل شیمیایی، وابسته به کشف علف‌کش‌هایی با نحوه عمل جدید است. اما سوال مهم اینجاست که آیا محل عمل جدیدی برای این علف‌کش‌ها وجود دارد؟ در جواب نخست باید گفت نمی‌توان هر آنزیمی در چرخه‌های متابولیکی گیاهان را، به عنوان محل عمل علف‌کش محسوب کرد. برای مثال، دو آنزیم استولاکتات سینتاز و فسفوانول پیرویل شیکیمات سینتاز به عنوان محل‌های عمل مناسبی در چرخه های متابولیکی برای علف‌کش‌های خاصی هستند و سایر آنزیم‌های شرکت کننده در چرخه‌های متابولیکی نمی‌توانند گزینه مناسبی برای علف‌کش‌های مذکور باشند. زیرا ممکن است توسط سایر چرخه‌های متابولیکی به عنوان محصول فرعی تولید شوند یا دارای غلظت بالایی در گیاه باشند و بتوانند جبران خسارت این علف‌کش را انجام دهند. بنابراین قسمت‌های محدودی از گیاه دارای پتانسیل محل عمل علف‌کش‌ها هستند.در حال حاضر حدود ۲۵ نحوه عمل برای علف‌کش‌ها وجود دارد و مطالعات بر روی ترکیبات طبیعی سمی نشان داده است که محل‌های عمل جدیدی در این ترکیبات شناسایی شده است. اما بیشتر این ترکیبات طبیعی، گران، دارای سمیت زیاد و خواص فیزیکوشیمیایی مناسبی (جذب و انتقال) برای یک علف‌کش مناسب را ندارند. با اینحال، چنین ترکیباتی می توانند منجر به کشف محل‌های جدید و همچنین کشف ترکیبات علف‌کشی با خصوصیات فیزیکوشیمیایی بهتر شود (Westwood *et al*., 2018).

مقدار کمی از ترکیبات طبیعی در دنیا به عنوان علف‌کش غربال شده‌اند و تعداد محدودی از آنها توسط برخی کمپانی‌ها تجاری شده اند. با معرفی گیاهان زراعی

مقاوم به علف‌کش گلایفوسیت، تحقیقات در این زمینه تحت تاثیر قرار گرفت و کمرنگ شد، اما در سال‌های اخیر با پیشرفت در ابزارهای تحقیقات مولکولی، شرایط بهتری برای تحقیقات در این زمینه فراهم شده است.

مهندسی ژنتیک و علف‌کش‌های مداخله کننده RNA

فناوری‌های جدید، این پتانسیل را دارند که با استفاده از رهیافت تداخل RNA (RNAi)، ژنهای مهم علف‌های‌هرز را خاموش کنند. بطوری که علف‌های‌هرز را نسبت به یک علف‌کش حساس کند و موجب مرگ گیاه شوند (شکل ۴). در این رهیافت با استفاده از طراحی قطعات مصنوعی RNA که با اتصال به رشته RNA، مسیر رونویسی را مختل می‌کنند، پروتئین مورد نظر ترجمه نخواهد شد و در نتیجه آنزیم مورد نظر تولید نخواهد شد.



شکل ۴. نحوه عمل علف‌کش‌های مداخله کننده RNA.

Fig. 4- Mode of action of RNA interfering herbicides.

فائق آمدن بر مشکلات تجاری سازی علف‌کش‌های مداخله کننده RNA، از جمله فرمولاسیون مناسب برای جذب بهتر در گیاهان هدف به صورت محلول پاشی، از موانع تولید این علف‌کش‌ها هستند. مشکل دیگر، توسعه روش‌هایی برای تولید مقرون به صرفه این محصول است، اگرچه هزینه‌های تولید این محصول نسبتاً کاهش یافته است. علاوه بر این، هنوز سرعت ایجاد مقاومت علف‌های‌هرز به این محصول شناخته شده نیست. از سوی دیگر، ثبت چنین علف‌کش‌هایی به زمان طولانی نیاز دارد و مشخص نیست که این فناوری چه زمانی قابل استفاده خواهد بود. در حال حاضر بر اساس مطالعات موجود، فقط یک منبع راجع به این فناوری در اختیار است که یک کمپانی بزرگ در حال مطالعه و تولید و توسعه این محصول است (Sammons *et al.*, 2014).

از دیگر فناوری‌های نوین در توسعه علف‌کش‌ها، استفاده از مهندسی ژنتیک است. برای مثال، در گذشته، فسفید به عنوان یک علف‌کش معرفی شد، اما سمیت آن در گیاهان زراعی مشکل ساز بود. مهندسی ژنتیک با ایجاد مسیر متابولیسم تبدیل فسفید به فسفات در گیاهان زراعی،

علاوه بر تامین عنصر فسفر به عنوان نیاز غذایی گیاه، به عنوان یک علف‌کش نیز استفاده شد (Herrera-Estrella & López-Arredondo, 2012).

یکی از تحولات چشمگیر در تحت فشار قرار دادن آفات، استفاده از رهیافت انتقال ژن (Gene-drive) است. اگرچه این رهیافت مکانیسم و ساختار گیاه را تغییر می‌دهد، اما محتوی تغییر یافته در واقع شامل عنصر ژنتیکی است که به فرزندان انتقال داده می‌شود. در حالی که این رهیافت سالهاست که شناخته شده است و یکی از این رهیافت‌ها، کریسپر (Crisper) نام دارد. رهیافت کریسپر به عنوان یک ابزار قدرتمند در ویرایش و انتقال ژن در علوم مهندسی و پزشکی، به عنوان یک رهیافت نوظهور نیز معرفی شده است. در واقع در رهیافت کریسپر، با ایجاد جهش‌هایی هدفمند در آلل‌ها، منجر به تغییر صفات هتروژن به هموژن می‌شوند و این صفات به فرزندان منتقل می‌شود. این رهیافت منجر به ایجاد یک موجود دستکاری شده توسط انسان می‌شود که دارای صفاتی است که انسان تعیین کننده آن است که می‌توان آن را به نوعی دست ورزی در ژنوم یک موجود زنده نیز نام برد. با کمک این ایده می‌توان جمعیت‌های علف‌هرز را تحت فشار قرار داد. برای مثال، ایجاد حساسیت در جمعیت مقاوم تاج خروس پالمر (*Amaranthus palmeri* S.Wats) به گلایفوسیت، یا کاهش توانایی رقابتی یک گونه مهاجم مثال‌هایی از کاربرد این رهیافت هستند. با این حال، کارایی این رهیافت به عوامل متعددی از جمله سیستم تولید مثلی علف‌هرز (خودگشن و دگرگشن)، طول دوره رشد، قابلیت زنده مانی بذر علف‌هرز و شایسته بودن صفت ایجاد شده بستگی دارد.

فناوری انتقال ژن اگرچه روشی با پتانسیل بالا برای مدیریت بوم نظام‌ها است، اما از نظر اخلاق زیست محیطی دارای چالش‌هایی نیز است که این قوانین می‌توانند مانع انتقال این فناوری به مزارع کشاورزی شوند. این فناوری جوان است و نیاز به تحقیقات زیادی دارد تا بطور عمومی مورد قبول قرار گیرد.

بوم‌شناسی، زیست شناسی و مدیریت علف‌های‌هرز

پژوهش‌های اخیر نشان دهنده‌ی شدیدتر شدن مشکلات علف‌های‌هرز در طی ۲۰ سال آینده است. لذا در آینده باید روش‌های مدیریتی هماهنگ‌تر، نوآورانه و پایدار باشند. این چالش‌ها منجر به ظهور سوالاتی در رابطه با نیازهای تحقیقاتی آینده در زمینه مدیریت و اکولوژی علف‌های‌هرز می‌شود. دانشمندان طبق تبادلاتی که در زمینه بوم‌شناسی و مدیریت علف‌های‌هرز داشتند، ۱۲۴ سوال را در این زمینه مطرح کردند و بعد از اولویت بندی و مرور اجمالی، ۲۸ سوال اساسی و مهم در جدول زیر (جدول ۱) طبقه بندی شد (Neve, *et al.*, 2018).

جدول ۱- رده بندی ۳۰ اولویت تحقیقاتی در زمینه مدیریت و اکولوژی علف‌های‌هرز. سوالات در هفت زمینه دسته بندی شدند.

Table 1- Classification of 30 research priorities in the field of weed management and ecology. The questions were categorized into seven areas.

طبقه	سوال	زمینه تحقیقاتی
۱	اکولوژیست‌ها چگونه می‌توانند با جامعه، دولت و بخش خصوصی به منظور تسهیل کردن تلاش‌های سرمایه گذاران برای مدیریت علف‌های‌هرز و گیاهان مهاجم تلاش کنند؟	تحقیقات بین رشته‌ای
۲	ما چگونه می‌توانیم در همکاری با جامعه شناسان بهترین روش‌های پیش گیری و کنترل علف‌های‌هرز را به سرمایه گذاران معرفی کنیم؟	تحقیقات بین رشته‌ای
۳	نقش اپی ژنتیک در سازگاری علف‌های‌هرز در اکوسیستم‌ها چیست؟	تکامل علف‌هرز
۴	اثرات تغییر اقلیم بر چگونگی پراکنش علف‌های‌هرز و تاثیر آن بر تهاجم و تحمل آنها به تغییرات اقلیمی چیست؟	تغییر اقلیم
۵	چقدر تنوع صفات کارکردی علف‌های‌هرز در کاهش عملکرد گیاه زراعی و باقی ماندن در اکوسیستم اهمیت دارد؟	آگرواکولوژی
۶	چه چیزی مانع سازگاری مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز می‌شود؟ کشاورزان سعی دارند چه به ما بگویند؟	سازگاری
۷	چگونه با افزایش تنوع گونه‌ای در سیستم‌های کشاورزی، تولیدات را افزایش دهیم؟	آگرواکولوژی
۸	آیا می‌توانیم گونه‌هایی را که در اثر گرمایش زمین خاصیت علف‌هرز/ تهاجمی پیدا می‌کنند پیش بینی کنیم؟	تغییر اقلیم
۹	نقش تنوع ژنتیکی و انعطاف پذیری علف‌های‌هرز در به تعویق انداختن و زنده مانی آنها چیست؟	تکامل علف‌هرز
۱۰	نقش میکروب‌های خاک در تعیین جمعیت علف‌هرز و پاسخ آنها به روش‌های مدیریتی چقدر است؟	آگرواکولوژی
۱۱	چگونه میتوان سیستم‌های کشاورزی را برای مقاومت بیشتر به علف‌های‌هرز طراحی کرد؟	آگرواکولوژی
۱۲	آیا میتوان با تنوع دادن به گیاهان زراعی و روش‌های مدیریتی علف‌های‌هرز، تکامل مقاومت را به تاخیر انداخت؟	تکامل علف‌هرز
۱۳	با آزاد سازی دشمنان طبیعی، نرخ تهاجم علف‌های‌هرز دچار کاهش یا افزایش خواهد شد؟	تهاجم
۱۴	آیا اثرات مخرب تغییر اقلیم بر اکوسیستم‌ها منجر به تهاجم پذیری بیشتر آنها خواهد شد؟	تغییر اقلیم
۱۵	حضور علف‌های‌هرز در اکوسیستم‌های زراعی منجر به ظهور چه خدماتی در مزرعه و همسایگی مزارع خواهد شد؟	آگرواکولوژی
۱۶	تغییرات اقلیمی چگونه اثراتی بر توان رقابتی و نقش مخرب علف‌های‌هرز خواهند گذاشت؟	تغییر اقلیم
۱۷	تغییرات اقتصادی/ اجتماعی چگونه بر تهاجم علف‌های‌هرز اثر میگذارند؟ آیا قابل پیش بینی یا پیش گیری است؟	تحقیقات بین رشته‌ای
۱۸	پراکنش و مدیریت علف‌های‌هرز چگونه ارتباطی با نظام‌های اجتماعی دارد؟	تحقیقات بین رشته‌ای
۱۹	نحوه رفتار کشاورزان، چگونه بهترین تاثیر را برای بهبود روش‌های مدیریت پایدار علف‌های‌هرز دارد؟	سازگاری
۲۰	مشکلات علف‌های‌هرز در سطوح مختلفی در اثر متقابل با یکدیگر هستند. چگونه می‌توان این مشکلات را در سطح گیاه، کرت، مزرعه، منطقه و کشور در تقابل با یکدیگر محاسبه کرد؟	آگرواکولوژی
۲۱	آیا تعیین صفات کارکردی میتواند اثرات اکولوژیکی گونه‌های مهاجم را پیش بینی کند؟	تهاجم
۲۲	چگونه می‌توان علوم پایه و کاربردی را در تحقیقات علف‌های‌هرز به هم مرتبط ساخت؟	علوم علف‌های‌هرز
۲۳	چگونه می‌توان دانشجویان با استعداد را در این علم جذب کرد؟	علوم علف‌های‌هرز
۲۴	آیا برخی خصوصیات گیاهان که ما به آنها اطمینان داریم، تحت تاثیر تغییر اقلیم قرار خواهند گرفت؟	تغییر اقلیم
۲۵	آیا سازگاری گونه‌های مهاجم در محل معرفی شده، منعکس کننده جهت انتخاب آنها در محل جدید است؟	تهاجم
۲۶	مدیران چه عواملی را به عنوان مهمترین عوامل در ارتباط با نوع مدیریت علف‌هرز/گونه مهاجم در نظر میگیرند؟	*
۲۷	چگونه تحقیقات علف‌های‌هرز را از سقوط در فاصله خالی بین علوم کاربردی و تحقیقات پایه جلوگیری کنیم؟	علوم علف‌های‌هرز
۲۸	آیا توسعه مقاومت در روش‌های غیرشیمیایی به سرعت روش‌های شیمیایی است؟	تکامل علف‌هرز

* این سوال در هیچ کدام از دسته بندی‌های مذکور قرار نمی‌گیرد.

در کنار نیاز به اکولوژی علف‌های هرز، شناخت کافی از زیست‌شناسی علف‌های‌هرز در مدیریت آنها بسیار موثر است. برای کاهش چالش کنترل علف‌های‌هرز در آینده نیاز به افزایش دانش زیست‌شناسی علف‌های هرز بویژه در خصوص جوانه‌زنی، چرخه زندگی، نحوه تکثیر و نحوه انتشار آنها می باشد. از اینرو در سالهای اخیر توجه به زیست شناسی علف‌های‌هرز اهمیت روزافزونی پیدا کرده است.

کشاورزی دقیق و رباتیک

نیاز به کشاورزی دقیق

در آینده مدیریت علف‌های‌هرز، تغییرات اساسی پیدا خواهد کرد و با توجه به مشکلاتی از جمله مقاومت و کاهش کارایی علف‌کش‌ها، مدیریت علف‌های‌هرز در گیاهان زراعی خاصی مانند سبزیجات، گیاهان زینتی و غیره با مشکلات ویژه‌ای از جمله موانع مختلف برای ثبت علف‌کش جدید و افزایش هزینه‌های کارگری در وجین دستی مواجه خواهد شد (Fennimore & Doohan, 2008; Taylor *et al.*, 2014). چنین موانعی منجر به کاهش تمایل شرکت‌ها برای سرمایه گذاری در علف‌کش‌های رایج می‌شود. همچنین افزایش تقاضا به مصرف غذاهای ارگانیک نیز یکی دیگر از این موانع نیز می‌باشد (USDA- ERS, 2015). از اینرو بهبود و پیشرفت در کاربرد رباتیک، ماشین بینا (vision)، سنسورهای تشخیص گیاه زراعی/ علف‌هرز و انرژی خورشیدی از جمله تحولات تکنولوژیکی در مدیریت علف‌های‌هرز در آینده هستند.

کمبود نیروی کارگری و هزینه زیاد آن و همچنین کاهش دسترسی به علف‌کش‌ها در برخی گیاهان، منجر به طراحی کولتیواتورهای هوشمندی مانند دستگاه تنک کار کاهو شد که با دقت زیادی فواصل روی ردیف و بین ردیف را تنظیم می‌کند. بطوری‌که این دستگاه منجر به کاهش چشمگیر هزینه‌های کارگری شده است. در این ارتباط کولتیواتورهای هوشمند مانند دستگاه تنک کار کاهو از فناوری چشم الکترونیک و مانیتورینگ استفاده می‌کنند و یک تیغه و نازل مغناطیسی نیز در ساختار این دستگاه وجود دارد (Westwood, 2018). چشم الکترونیک این دستگاه قابلیت تشخیص ردیف کشت گیاهان زراعی را دارد و می تواند فاصله روی ردیف گیاهان زراعی را تنظیم کند.

مطالعات در پنج مزرعه کاهو نشان دادند که دقت تنظیم فاصله ردیف در دستگاه خودکار بیشتر از دست انسان بود و دارای خطای کمتری نیز بود. همچنین استفاده از دستگاه خودکار منجر به کاهش ۳۶ درصدی در زمان وجین و تنک مزرعه شد (Mosqueda et al., 2017; Smith, 2015). Machine vision.

ربات‌ها، همزیستی بین انسان، ماشین و گیاه زراعی

به منظور توسعه اهداف کنترلی علف‌های‌هرز در سطوح وسیع، راه‌حل‌های تکنولوژیک شامل رشته مکاترونیک (شامل تلفیق مهندسی مکانیک و الکترونیک)، دانش ماشینی و ماشین‌های خودکار نقش مهمی را ایفا می‌کنند. فناوری با روش‌های کنترل علف‌هرز غریبه نیست. در دهه ۱۹۶۰ میلادی در آمریکا و بریتانیا، تحقیقات اولیه بر روی توسعه دستگاه تنک‌کننده چغندرقند در سطح مزرعه آغاز شد و چنین تحقیقاتی در زمینه رباتیک تا امروز ادامه دارد. برای مثال، در سال ۱۹۹۰ میلادی سم‌پاشی هوشمند و دقیق طراحی گردید که قادر به پاشش دزهایی با مقادیر بسیار کم در واحد سطح برگ علف‌هرز (۱ سانتی‌متر) در مزرعه بود (Lamm *et al.*, 2002; Downey *et al.*, 2004; Giles *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2012).

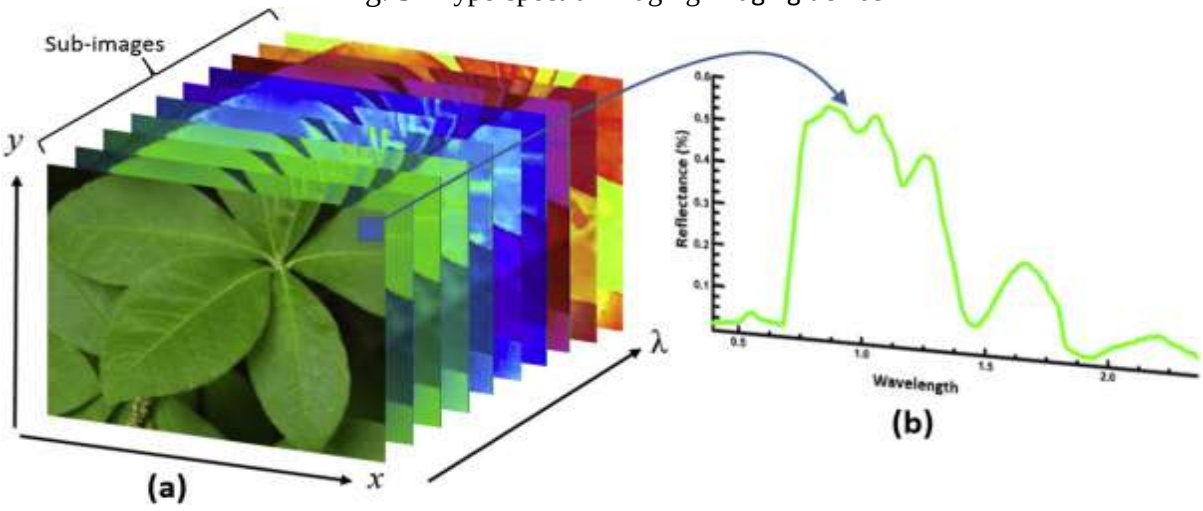
فناوری ماشین‌های پیشرفته برای کنترل خودکار علف‌های‌هرز در گیاهان زراعی ردیفی قابل استفاده و اجرا است و در شرایطی خوب عمل می کند که تراکم علف‌های‌هرز کم باشد. با این حال، در چنین شرایطی نیز کنترل علف‌های‌هرز به صورت ۱۰۰ درصدی صورت نمی گیرد و کاربرد وسیع و اقتصادی این فناوری کاملاً بستگی به گیاه زراعی و نوع علف‌های‌هرز و شرایط رشدی حاکم بر مزرعه و منطقه دارد (Fennimore *et al.*, 2014). در حال حاضر، بزرگترین مانع و چالش برای این فناوری، ناتوانی سنسورهای موجود در تشخیص گیاهان زراعی از علف‌های‌هرزی است که شباهت زیادی به یکدیگر دارند. نرم افزارهای موجود با کمک الگوریتم‌هایی قادر به تشخیص شکل برگ هستند (Leafsnap, 2016). اگرچه با وجود بکارگیری چنین نرم‌افزارهایی، از بین ۱۵۱ گونه علف‌هرز مختلف فقط ۷۲ درصد آنها قابل شناسایی بودند. همچنین در شرایط تراکم‌های بالایی از علف‌هرز به دلیل تداخل برگ‌های گیاه زراعی و علف‌هرز، توانایی شناسایی گیاهان زراعی از علف‌هرز مشکل می‌شود (Hearn, 2009). در این زمینه موفقیت های تجاری نیز حاصل شده است که در مراحل اولیه رشد، زمانی که تراکم علف‌های‌هرز کم است و گیاه زراعی به دلیل اندازه بوته و آرایش کاشت به راحتی شناسایی می‌شود، قابل اجرا است. اهداف جدید نیازمند طراحی سنسورهایی با توانایی شناسایی گیاه زراعی و تشخیص آن در شرایط تراکم‌های بالای علف‌هرز است. در دوره حاضر، دو فناوری امیدبخش برای کنترل خودکار علف‌هرز، شامل «تصویربرداری فراطیفی[3] و سیستم‌های کشت مبتنی بر نقشه‌یابی» است.

تصویربرداری فراطیفی (شکل ۵) روشی قدرتمند برای شناسایی علف‌های‌هرز در شرایط تراکم‌های بالای علف‌هرز است. در این روش بجای شناسایی از طریق شکل برگ، با کمک بازتاب طیف‌هایی که از سطح گیاه ساطع می‌شود قادر به شناسایی گیاهان است (Slaughter *et al.*, 2004, 2008; Zhang *et al.*, 2012) (شکل ۶). در این روش مشکل شناسایی گونه‌های یک جنس وجود ندارد و برای مثال در مزرعه گوجه فرنگی توانایی تشخیص تاج‌ریزی را از گوجه فرنگی دارد. برای موفقیت تجاری در چنین رهیافتی باید فناوری چنین ماشین‌هایی را توسعه داد تا در انواع شرایط محیطی و اقلیمی بتوانند کار کنند.

[3] Hyperspectral imaging

شکل ۵. دستگاه تصویر برداری چند لایه

Fig. 5- Hyperspectral imaging imaging device

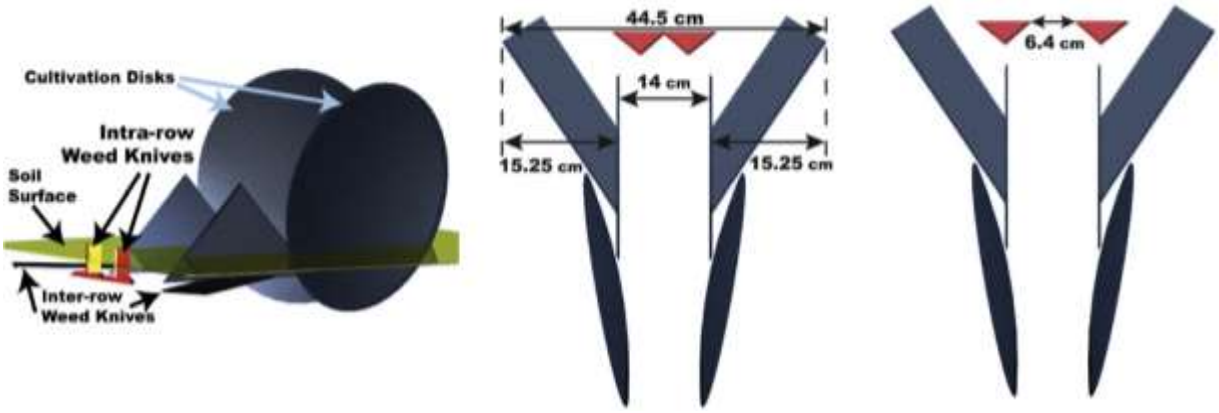


شکل ۶. آنالیز تصویربرداری فراطیفی در شناسایی طیف بازتابی گیاهان

Fig.6- Analysis of hyperspectral imaging in identification the reflectance spectrum of plants.

نظام‌های کشت مبتنی بر نقشه یابی یکی دیگر از فناوری‌های امیدبخش در این زمینه است. در محتوای این سیستم، آگاهی ماشین‌های کنترل خودکار علف‌هرز از محل دقیق گیاه زراعی در زمان کاشت موجب شناسایی علف‌های‌هرز خواهد شد. ربات‌ها با در اختیار داشتن نقشه کاشت، توانایی تشخیص علف‌هرز از گیاه زراعی را با کمک مکان‌یابی بدست می‌آورند. بطوری که با توجه به محل کاشت گیاه زراعی، ابزار وجین خود را در روی ردیف تنظیم می‌کنند تا با گیاه زراعی برخورد نکند و علف‌های‌هرز را وجین کند (Ehsani *et al.*, 2004; Sun *et al.*, 2010) (شکل ۷).

همچنین در فناوری جدیدتر با کمک سیستم مکان یاب جهانی (GPS) محل دقیق حضور گیاه زراعی را در هر زمان از فصل رشد پیدا می‌کنند و می‌توانند علف‌های‌هرز بین گیاهان زراعی روی ردیف را کنترل کنند.



شکل ۷. نمایی از دستگاه‌های وجین کار خودکار

Fig.7- A view of automatic weeding machines

آغاز عصر ربات‌های وجین کننده و پهبادهای سمپاش

مکاترونیک و فناوری ماشین‌های خودکار در آینده ی کنترل علف‌های‌هرز نقش موثری خواهند داشت و در حال حاضر در کشورهای پیشرفته مورد استفاده قرار می‌گیرند (King, 2017). به عنوان نمونه، سبزی کاری‌هایی مانند کلم بروکلی (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.)، کلم (*Brassica oleracea* L.)، گل‌های زینتی، گیاهان دارویی، کاهو، پیاز و گوجه فرنگی از جمله گیاهانی هستند که کنترل علف‌های‌هرز در آنها با کمک وجین دستی صورت می گیرد (Fennimore *et al*., 2014; Melander *et al*., 2015). صنعت به این معضل در گیاهان نامبرده پاسخ داده است. بطوری که به عنوان مثال کولتیواتور رباتیک بین ردیفی که در دانمارک معرفی شد مجهز به دو تیغه پهن است که فاصله بین گیاهان زراعی را بر روی ردیف کشت با عمق یک الی دو سانتی‌متر از سطح خاک وجین می کند. این دستگاه با کمک کامپیوتر گیاه زراعی را تشخیص داده و هنگام رسیدن تیغه‌ها به گیاه زراعی تیغه‌ها باز شده و پس از رد شدن از آنها مجددا بسته خواهد شد (Melander *et al*., 2015). این دستگاه طوری طراحی شده است که با توجه به تفاوت در اندازه گیاه زراعی و همچنین شناسایی ردیف‌های کشت که در قبل توضیح داده شد، علف‌هرز و گیاه زراعی را از یکدیگر تشخیص دهد. در دستگاه روبوواتور[4]، بر روی هر ردیف یک دوربین قرار دارد که تصاویر را به کامپیوتر منتقل می‌کند و پس از پردازش تصاویر و تعیین مکان گیاه زراعی، باز و بسته شدن تیغه‌های کولتیواتور زمان بندی

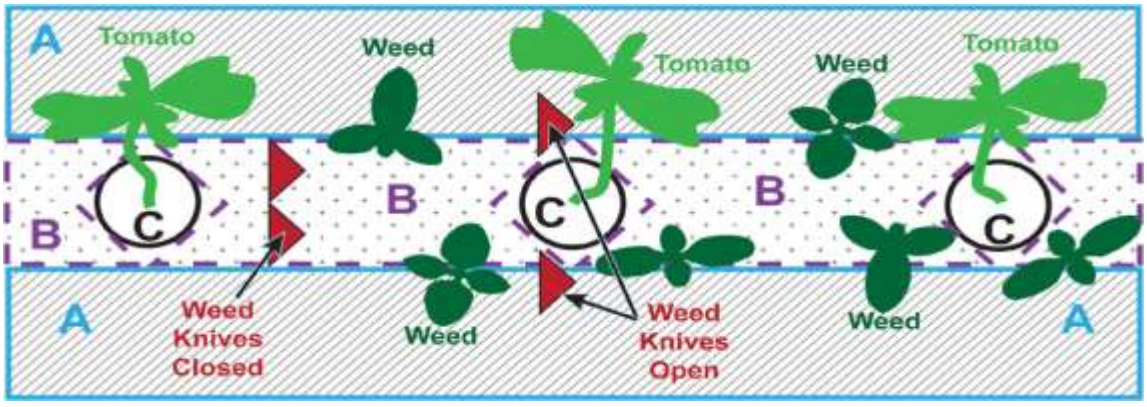
[4] Robovator

می‌شود. این دستگاه موجب کاهش زمان وجین علف‌های‌هرز نسبت به کولتیواتورهای معمولی می شود.

رباتی دیگر نیز با نام ربات کاهو (LettuceBot) توسط کمپانی Blue river technology معرفی شده است که به عنوان یک ابزار کشاورزی دقیق، علف‌کش را در محل حضور علف‌هرز پاشش می‌کند که به نام See & Spray شهرت دارد. چنین دستگاهی دارای تصاویر گسترده‌ای از علف‌های‌هرز است که بدون نیاز به شناسایی مکانی گیاه زراعی، قادر به تشخیص علف‌های‌هرز است. در تراکم‌های پایین علف‌هرز، چنین فناوری منجر به کاهش چشمگیر مصرف علف‌کش‌ها می‌شود.

کنترل خودکار علف‌های‌هرز یک فناوری امیدبخش در گیاهان زراعی خاص محسوب می‌شود و نسبت به علف‌کش‌هایی که حدود ۶۰ سال است مصرف می‌شوند آینده دارتر است. توسعه ربات‌های وجین کننده، ارزان‌تر و ایمن‌تر هستند و به همین خاطر بیشتر شرکت‌ها در حال تحقیق و توسعه چنین فناوری هستند. چنین ربات‌هایی مجهز به تیغه‌های فلزی یا نازل‌هایی جدید هستند، ولی با اینحال فناوری‌هایی جدید نظیر لیزر، شعله و نازل‌های ساینده نیز وجود دارد (Westwood *et al.*, 2018). در کنترل خودکار علف‌های‌هرز به دنبال تلفیق ربات‌ها با روش‌های سنتی هستند و تلفیق این روش‌ها منجر به تولید ابزاری موثرتر خواهد شد.

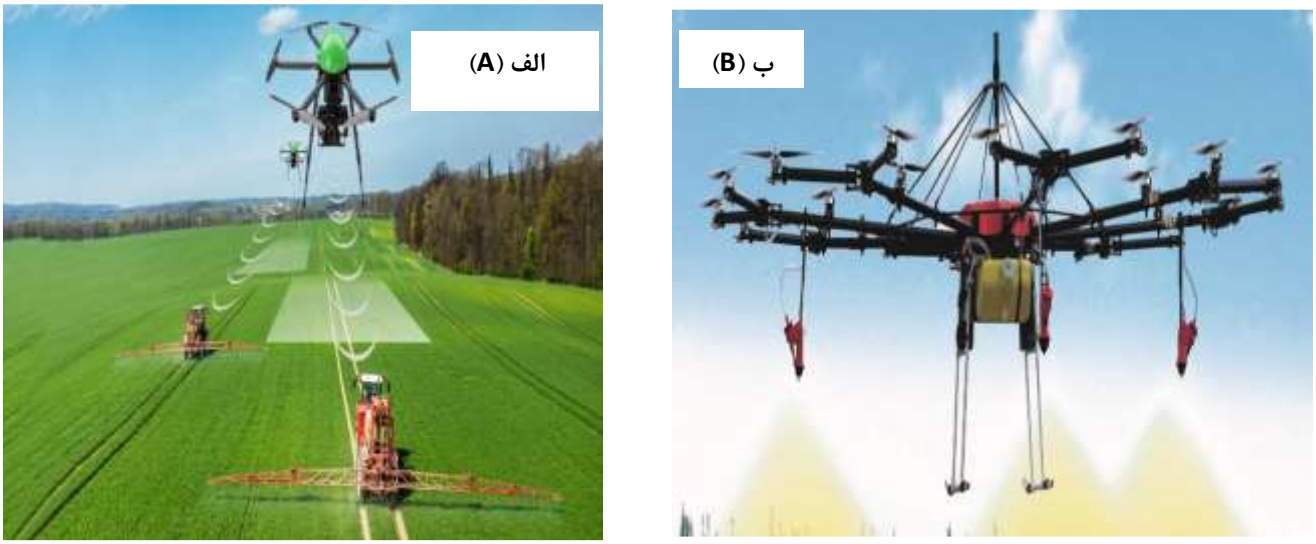
با ظهور فناوری های نوین و ساخت پرنده های هدایت پذیر از دور (پهباد)، کاربردهای زیادی در صنایع مختلف از جمله در کشاورزی برای این فناوری نوظهور متصور شده است. قدرت مانور و پرواز در ارتفاع پایین در این پرنده ها، در حال حاضر امکان تهیه تصاویری با وضوح بسیار بالا را از سطح زمین فراهم کرده است و این توانایی امکان ثبت پدیده های متنوعی را در علوم کشاورزی از جمله تعیین سطح زیر کشت در محصولات مختلف، پایش اراضی و جلوگیری از تخریب آنها، ارزیابی خسارت به مزارع و باغات در سوانح غیر مترقبه، شمارش حیوانات و خصوصاً دام ها در مراتع را در فرایند آنالیز تصویر به وجود آورده است (شکل ۹-الف).



شکل ۸. نقشه کار کولتیواتور رباتیک بین ردیفی.

Fig. 8- Working plan of robotic cultivator.

در این ارتباط به کمک تصاویر دقیق بدست آمده از دوربین های چند طیفی (Multi Spectral)، می توان اطلاعات ارزشمندی از محل و میزان تجمع آفات و علف های هرز در مزرعه بدست آورد. این اطلاعات ضمن اینکه می توانند در نقشه کردن و تعیین پراکنش جغرافیایی علف های هرز و گیاهان مهاجم که بخشی از تحقق کشاورزی دقیق می باشد، بسیار سودمند بوده و می تواند مبنایی برای کاربرد سمپاشی دقیق و لکه ای باشد که این مساله درمصرف بهینه سموم و سلامت مواد غذایی و محیط زیست می تواند بسیار تاثیر گذار و ارزشمند باشد (شکل ۹-ب).



شکل ۹ . تصویر برداری هوایی پهبادها از مزرعه (الف) و تصویری از یک پهباد سمپاش (ب).

Fig. 9- Aerial photography of the farm (A) and an image of a spraying drone (B).

پهبادهای عمود پرواز محلول پاش (سموم، کود و ریز مغذی ها) که برای این منظور ساخته شده اند، توانایی حمل ۱۵ الی ۲۰ کیلوگرم محلول را دارا بوده و با کمک نازل های میکرونر قادر هستند در زمانی کمتر از ۱۰ دقیقه عملیات محلول پاشی در سطح یک هکتار را بصورت یکنواخت انجام دهند. سرعت انجام عملیات سمپاشی، صرفه اقتصادی بالا، عدم خسارت به گیاهان و فشردگی خاک و زمین، کاهش مصرف آب و بهینه سازی معنی دار سموم از مهمترین مزیت های نسبی این فناوری نوظهور در قیاس با روش های سنتی معمول است. پیش بینی می شود سرعت پیشرفت این فناوری در آینده و قابلیت های ویژه آن در آینده افق های نوینی را در علوم علف های هرز و کنترل و مدیریت آنها داشته باشد (Ahirwar *et al.*, 2019).

کاربرد لیزر

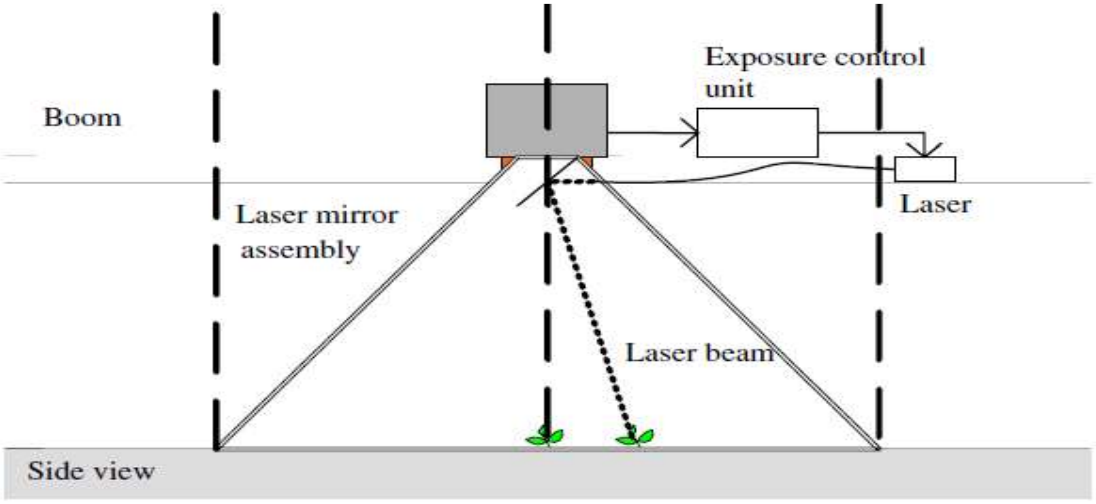
لیزر می‌تواند به عنوان روشی جایگزین به جای علف‌کش‌ها بکار گرفته شود. لیزرها با انتقال انرژی زیاد در مدت زمان کوتاه به سلول‌های گیاه، باعث افزایش دما و توقف رشد می‌شوند. با کمک لیزر می‌توان به دو صورت علف‌های‌هرز را کنترل کرد؛ که یکی به صورت برش دادن از ساقه (Stem cutting) و دیگری سوزاندن

مریستم‌های انتهایی است. برای بهبود کاربرد کنترل علف‌های‌هرز به وسیله لیزر، باید مشکلاتی از جمله تلفیق چشم‌های بینا و ابزار لیزر، توانایی تشخیص مریستم‌های انتهایی به منظور کاربرد مقطعی لیزر به جای برش‌های ساقه گیاهان و طراحی دیودهایی با صرفه اقتصادی بیشتر به منظور کاهش هزینه‌های ابزار تولید لیزر، مرتفع شوند.

در آزمایشی در کشور دانمارک اثر لیزر را بر سه گونه علف هرز گندمک (*Stellaria media* L.)، *Tripleurospermum inodorum* L. و کلزا (*Brassica napus* L.) بررسی کردند. طبق مشاهدات، لیزر باعث کاهش رشد و مرگ گیاهان نامبرده شد. در این آزمایش مشاهده شد که قدرت لیزر، مدت تابش، طول موج لیزر و اندازه نقطه لیزر موثر بود (Mathiassen *et al.*, 2006).

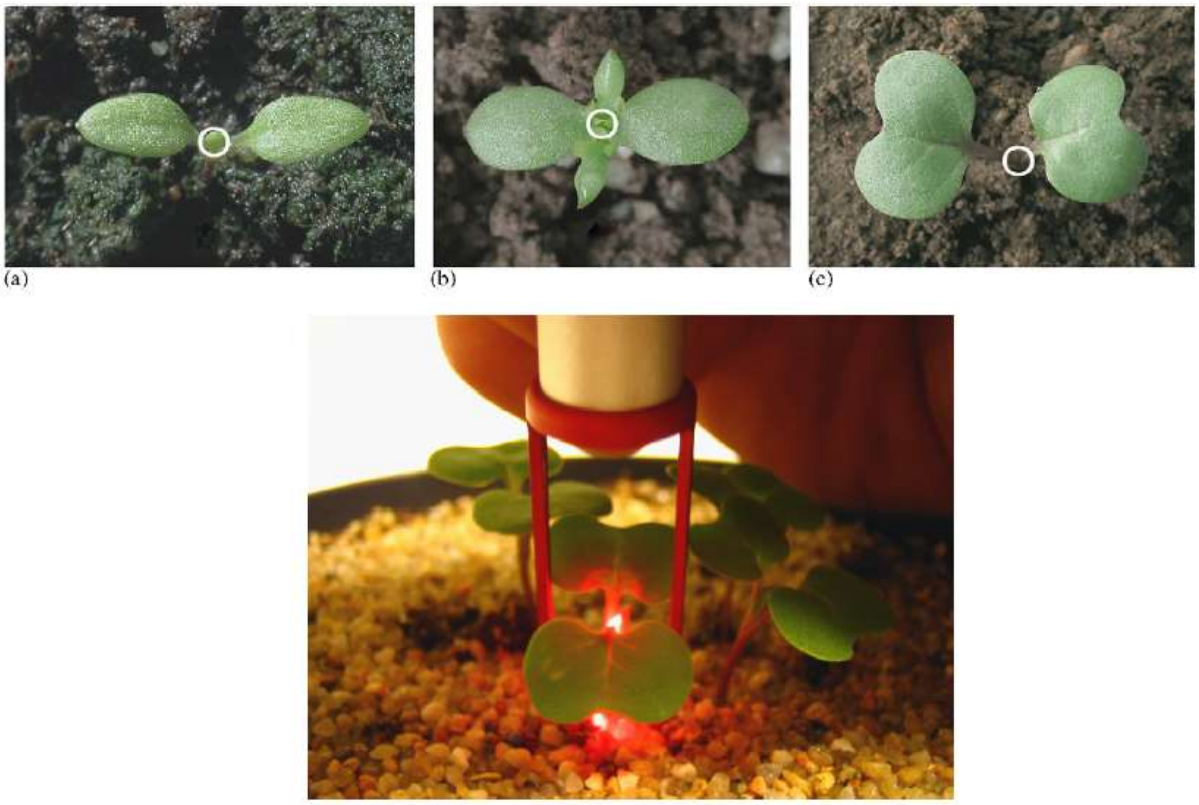
در این روش، هدف لیزر نقاط مریستمی گیاه است و بخصوص مریستم‌های انتهایی در گیاهان مورد هدف هستند تا امکان رویش مجدد گیاهان پس از اعمال تیمار وجود نداشته باشد (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).

با توجه به تحقیقات انجام شده به نظر می‌رسد می توان از لیزر به عنوان یک روش فیزیکی در کنترل علف‌های‌هرز استفاده کرد. با اینحال ادامه تحقیقات در این زمینه کمک کننده به پیشرفت این تکنولوژی است.



شکل ۱۰- نمایی از کاربرد دستگاه لیزر در شناسایی و کنترل علف های هرز.

Fig. 10- A view of the application of the laser device in the identification and control of weeds.



شکل ۱۱- هدف تیمارهای لیزر نقاط مریستمی گیاهان است.

Fig. 11- The aim of laser treatments is the meristem points of plants.

References فهرست منابع

Ahirwar, S., R. Swarnkar, S. Bhukya and G. Namwade. 2019. Application of drone in agriculture. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 8(1), 2500-2505.

Bajwa, A. A., G. Mahajan, and B. S. Chauhan. 2015. Nonconventional weed management strategies for modern agriculture. Weed Science 63(4): 723-747.

Bomgardner M. M. 2016. Transforming agriculture, again. Chem Eng News 94:32–38.

Downey, D., D. K. Giles and D. C. Slaughter. 2004. Pulsed-jet microspray applications for high spatial resolution of deposition on biological targets. Atomization Sprays 14:93–109.

Duke, S.O. 2012. Why have no new herbicide modes of action appeared in recent years? Pest Managment Science 68:505–512.

Ehsani, M. R., S. K. Upadhyaya, and M. L. Mattson. 2004. Seed location mapping using RTK GPS. Transactions of the ASAE 47(3): 909.

Fennimore, S. A., R. F. Smith, L. Tourte, M. Lestrange and J. S. Rachuy. 2014. Evaluation and economics of a rotating cultivator in bok choy, celery, lettuce, and radicchio. Weed Technology 28: 176–188.

Giles, D. K., D. Downey, D. C. Slaughter, J. C. Brevis-Acuna and W. T. Lanini. 2004. Herbicide micro-dosing for weed control in field-grown processing tomatoes. Applied Engineering in Agriculture 20: 735–743.

Harker, K. N., and J. T. O'donovan. 2013. Recent weed control, weed management, and integrated weed management. Weed Technology 27(1): 1-11.

Hearn, D. J. 2009. Shape analysis for the automated identification of plants from images of leaves. Taxon 58(3): 934-954.

Holloway, J. K. 1964. Projects in biological control of weeds, p.650–670. In P. Debach and E. I. Schlinger, Biological Control of Insect Pests and Weeds. Reinhold Pub. Corp., New York.

Holloway, J. K. and c. B. Huffaker. 1952. Insects to control weeds. Yearbook of Agr. Separate 2305. P. 135–140.

Holm, F. A., and e. N. Johnson. 2009. The history of herbicide use for weed management on the prairies. Prairie Soils Crops 2: 1-11.

King, A. 2017. The future of agriculture. Nature 544(7651): S21-S23.

Lamm R. D., D. C. Slaughter and D. K. Giles. 2002. Precision weed control system for cotton. Trans ASAE 45: 231–238.

Leafsnap 2016. Leafsnap: An Electronic Field Guide. http://leafsnap.com. Accessed: May 29, 2016.

López-Arredondo D.L. and L. Herrera-Estrella. 2012. Engineering phosphorus metabolism in plants to produce a dual fertilization and weed control system. Nature Biotechnology 30: 889–893.

Mathiassen, S. K., T. Bak, S. Christensen and P. Kudsk. 2006. The effect of laser treatment as a weed control method. Biosystems Engineering 95(4): 497-505.

Miller, D. 1936. Biological control of noxious weeds. New Zealand Journal of Science and Technology 18: 581–584.

Neve, P., J. N. Barney, Y. Buckley, R. D. Cousens, S. Graham, N. R. Jordan, A. Lawton-Rauh, M. Liebman, M. B. Mesgaran, M. Schut, J. Shaw, J. Storkey, B. Baraibar, R. S. Baucom, M. Chalak, D. Z. Childs and M. Williams. 2018. Reviewing research priorities in weed ecology, evolution and management: a horizon scan. Weed Research 58(4): 250-258.

Pettey, F. W. 1948. The biological control of prickly pears in South Africa. South Africa Dep. Agr. Sci. Bull. 271. 163 p.

Sammons, R. D., D. Wang, S. Reiser, S. Navarro, N. Rana and G. Griffith. 2014. Biodirect (Tm) and Managing Herbicide Resistant Amaranth Sp. In Abstracts of Papers of The American Chemical Society (Vol. 248). 1155 16th St, Nw, Washington, Dc 20036 Usa: Amer Chemical Soc.

Shaner, D. L., and H. J. Beckie. 2014. The future for weed control and technology. Pest Management Science 70(9): 1329-1339.

Sun, H., D. C. Slaughter, M. P. Ruiz, C. Gliever, S. K. Upadhyaya and R. F. Smith. 2010. RTK GPS mapping of transplanted row crops. Computers and Electronics in Agriculture 71(1): 32-37.

Timmons, F. L. 1970. A history of weed control in the United States and Canada. Weed Science 18(2): 294-307.

Westwood, J. H., R. Charudattan, S. O. Duke, S. A. Fennimore, P. Marrone, D. C. Slaughter, C. Swanton and R. Zollinger. 2018. Weed management in 2050: Perspectives on the future of weed science. Weed Science 66(3): 275-285.

Zhang Y., E. S. Staab, D. C. Slaughter, D. K. Giles and D. Downey. 2012. Automated weed control in organic row crops using hyperspectral species identification and thermal micro-dosing. Crop Protection 41: 96–105.

Future Studies in Weed Sciences (Review of Future Research Needs and Emerging Technologies)

E. Izedi Darbandi. A. Maghsoodi

Received date: 13 August 2022 **Accepted date: 24 November 2022**

Abstract

Compared to other agricultural sciences, weed science is a new science, but it has been considered as an old tradition and method. Weeding was one of the first method in weed control, but with the over of time and the invention of agricultural tools, new methods for weed control were introduced and have been more or less used until. However, Today, challenges have been created in this science, the most important of which are the emergence of herbicide-resistant biotypes, reduction of the effectiveness of old herbicides, the lack of weed management methods and the reduction of the introduction of herbicides with new modes of action. In the future, according to the need, it is important to introduce natural compounds as a suitable option to discover a new site of action and produce bio-herbicides. Also, genetic engineering will be considered as another tool for adjusting the selective properties of herbicides and creating new management methods. Computer science and robotic, which include electronic eyes, sensors for distinguishing crops from weeds, and other tools related to engineering sciences, are also important and needed in weed management that are being developed and processed. Also, combining old methods with new tools can be considered as a suitable option for sustainable management of weeds.

Key worlds: Biological herbicide, Precision Agriculture, Robotic Agriculture, Resistance