

آینده پژوهی در علوم علف های هرز (مروری بر نیازهای تحقیقاتی آینده و فناوری های نوظهور)

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

ابراهیم ایزدی دربندی^۱، آرش مقصودی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۲۲

چکیده

علم علف های هرز در قیاس با سایر علوم زراعت، یک علم نوپا است. وجین از اولین روش های کنترل علف های هرز بود، اما با گذر زمان و اختراع ادوات کشاورزی، روش های جدیدی برای کنترل علف های هرز معرفی شد و تا به امروز کم و بیش مورد استفاده قرار گرفته است. امروزه چالش هایی در این علم ایجاد شده است که از مهمترین آنها می توان به ظهور بیوتیپ های مقاوم به علف کش ها و کاهش کارایی علف کش های قدیمی، کمبود روش های مدیریتی علف های هرز و کاهش روند معرفی علف کش هایی 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 علف کش های زیستی مورد توجه است. همچنین مهندسی ژنتیک به عنوان یک ابزار دیگر برای دست ورزی در خاصیت انتخابی علف کش ها و ایجاد روش های مدیریتی جدید مورد توجه خواهد بود. علوم کامپیوتر و رباتیک که شامل چشم های الکترونیک، سنسورهای تشخیص گیاهان زراعی از علف هرز و سایر ابزار مربوط به علوم مهندسی هستند نیز از ابزارهای مهم و مورد نیاز در مدیریت علف های هرز هستند که در حال پیشرفت و پردازش می باشند. لذا مطالعه و بررسی روش ها و ابزارهای نوین در علم علف های هرز میتواند در جهت رفع چالش ها کمک کند.

کلمات کلیدی: علف کش 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 علف‌های هرز 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 علف‌های هرز داشته باشند. نقل قول‌های زیادی راجع به قوانین علف‌های هرز 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 علف‌های هرز بسیار موثر بود. تا آنجایی که بذر گندم (*Triticum aestivum* L.) این مناطق به خالص بودن و پاک بودن از بذر علف‌های هرز معروف شد. همچنین نویسندگان بریتانیایی از جمله شکسپیر، در قرون ۱۶، ۱۷ و ۱۸ میلادی اشاراتی در ارتباط با زیست‌شناسی علف‌های هرز و مشکلاتی را که باعث می‌شوند، کرده‌اند (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 علف‌های هرز 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 علف‌های هرز توسط علف‌کش‌های آلی آغاز شد (Holm & Johnson, 2009). بعد از کشف فنوکسی‌ها، گروه‌های جدید دیگری از علف‌کش‌ها 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 علف‌های هرز 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 (Petty, 1948).

پروژه کنترل گل‌راعی (*Hypericum perforatum*) توسط سوسک *Chrysolina* در انگلستان و در سال ۱۹۲۰ میلادی آغاز شد. در بین سال‌های ۱۹۳۵ تا ۱۹۴۴ میلادی، سوسک‌ها 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

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

راعی را کنترل کردند (Holloway, 1964) (شکل ۱).

سوسک‌ها حدود ۴۰۰ هزار ایکر از مناطق آلوده به گل



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

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

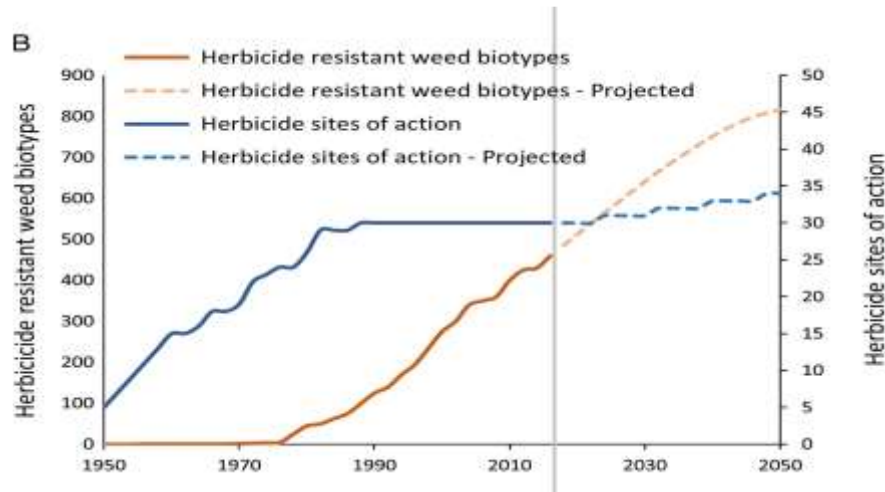
در رابطه با مدیریت علف‌های هرز در آینده اطلاعات خوبی را در این رابطه برای ما فراهم آورده است (Bajwa, et al., 2017; Shaner & Beckie, 2014). برخی از محققین به ضرورت آگاهی بیشتر با اکولوژی و تکامل علف‌های هرز واقف بوده و بر آن تاکید می‌کنند. گروهی کاربرد و توجه بیشتر به مدیریت تلفیقی علف‌های هرز را پیشنهاد می‌کنند و عده‌ای دیگر تلفیق علوم پایه با علوم کاربردی یا تلفیق فرصت‌های جدید در علم علف‌های هرز را پیشنهاد می‌کنند. در این موضوعات همه اتفاق نظر دارند و ما در این مقوله می‌خواهیم نشان دهیم که کنترل علف‌های هرز در آینده به چه شکلی خواهد بود و روش‌های مدیریت علف‌های هرز در دهه‌های آینده چه تغییرات اساسی خواهد داشت.

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

علف‌های هرز 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 علف‌های هرز 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 علف‌های هرز به عنوان یک چالش غیر قابل برآورد و نامحدود همچنان به عنوان یک مشکل باقی خواهد بود. علف‌های هرز به مقاومت در مقابل روش‌های 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

علف کش های موجود در حال حاضر، در آینده کارایی نداشته باشند (شکل ۲).

از طرفی شیوع و گسترش مقاومت علف های هرز به علف کش ها و همچنین نبود علف کشی جدید با نحوه عمل جدید، منجر به این تهدید شده است که هیچ کدام از



شکل ۲. روند توسعه مقاومت و معرفی علف کش های جدید در طی زمان.

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

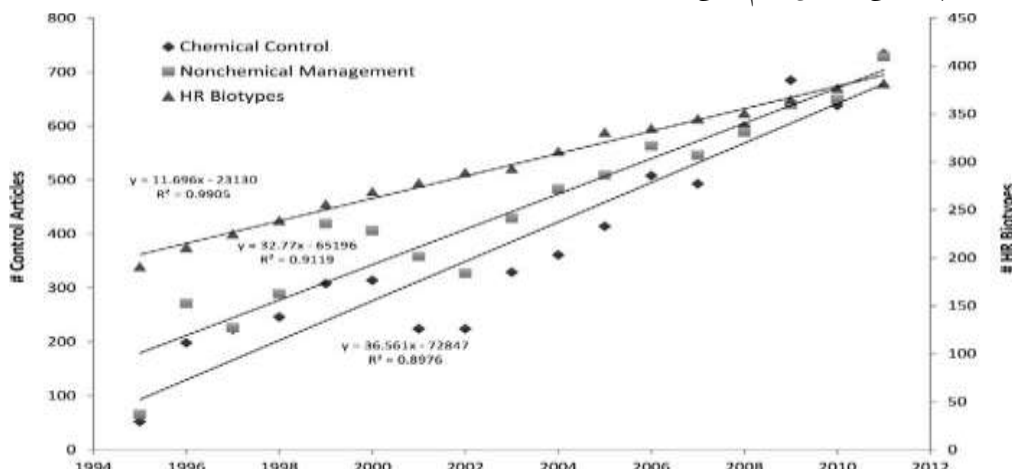
واقعیت این است که روند تحقیقات و روش های کنترل علف های هرز همچون سایر علوم، فراز و نشیب داشته است. اما آنچه که مسلم است، با توجه به روند رو به رشد و فزاینده علوم زیستی، در آینده اولویت های تحقیقاتی جدیدی خواهد بود که نیاز به توجه و برنامه ریزی جدی است. در گزارشی به روند پژوهش ها و تعداد انتشارات تحقیقاتی در علوم علف های هرز از جمله کنترل شیمیایی (علف کش ها) 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 علف کش ها در بیوتیپ های علف های هرز با سرعتی فزاینده و همراستا با تلاش ها و پژوهش های

کمبود علف کش با نحوه عمل جدید و روند کم سرعت کشف علف کش هایی جدید، احتمالاً به دلیل عوامل مختلفی است از جمله می توان به همکاری مجدانه بین شرکت های صنعت آفت کش ها به منظور جلوگیری از معرفی علف کش های جدید، معرفی گیاهان زراعی مقاوم به گلايفوسیت، هزینه ها و سخت گیری های زیاد در تولید و معرفی علف کش جدید و برگشت مالی کم هزینه ها پس از معرفی علف کش جدید اشاره کرد. در این راستا، استفاده از علف کش های مخلوط به عنوان یک راهکار ارزان نیز نتوانست این مشکل را رفع کند. بطور کلی، علف کش های جدید با نحوه عمل قدیمی و گیاهان زراعی تراریخته مقاوم به آنها در جهت رفع معضل مقاومت به علف کش ها در علف های هرز، به عنوان راهکارهایی کوتاه مدت هستند. زیرا مقاومت نسبت به این علف کش ها همچنان وجود خواهد داشت و رفع نخواهد شد.

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

غیر اجتناب است که نیاز به توجه و برنامه ریزی ویژه‌ای دارد (Harker & O'donovan, 2013).

مرتبط برای کنترل آنها، زنگ خطری جدی برای تغییر نگرش و خط سیر تحقیقات آینده علوم علف‌های هرز است. لذا آینده پژوهشی در این علم یکی از ضروریات



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.

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 می‌توانند 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 شده‌اند. با معرفی گیاهان زراعی

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 چرخه‌های 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

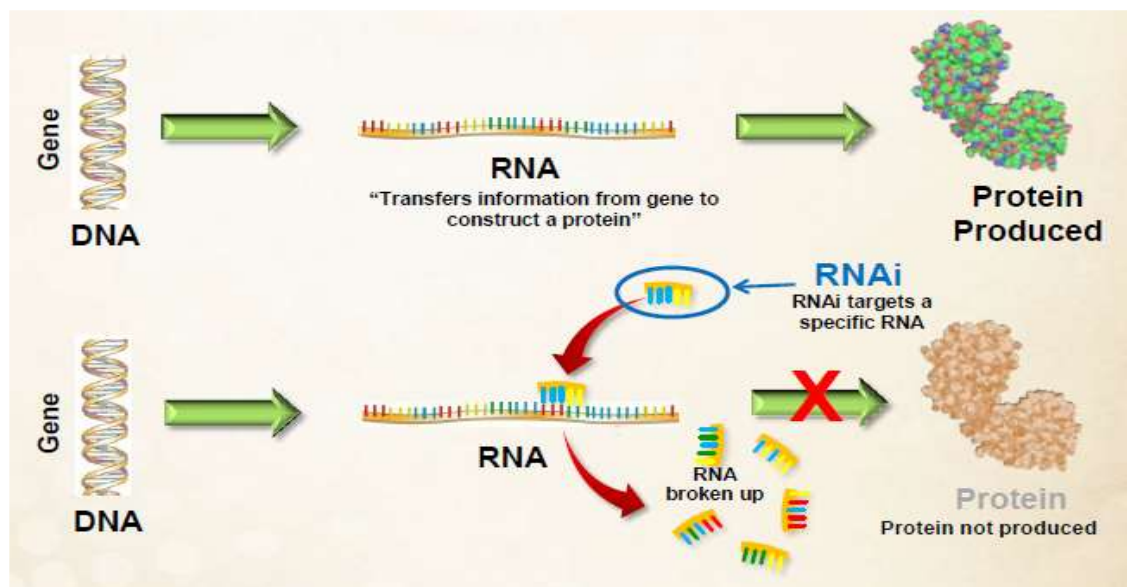
اخیر با پیشرفت در ابزارهای تحقیقات مولکولی، شرایط بهتری برای تحقیقات در این زمینه فراهم شده است.

را نسبت به یک علف کش 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 می کنند، پروتئین مورد نظر ترجمه نخواهد شد و در نتیجه آنزیم مورد نظر تولید نخواهد شد.

مقاوم به علف کش گلایفوسیت، تحقیقات در این زمینه تحت تاثیر قرار گرفت و کمرنگ شد، اما در سال های

مهندسی ژنتیک و علف کش های مداخله کننده RNA

فناوری های جدید، این پتانسیل را دارند که با استفاده از رهیافت تداخل RNA (RNAi)، ژن های مهم علف های هرز را خاموش کنند. بطوری که علف های هرز



شکل ۴. نحوه عمل علف کش های مداخله کننده RNA.

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

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 فناوری های نوین در توسعه علف کش ها، استفاده از مهندسی ژنتیک است. برای مثال، در گذشته، فسفید به عنوان یک علف کش معرفی شد، اما سمیت آن در گیاهان زراعی مشکل ساز بود. مهندسی ژنتیک با ایجاد مسیر متابولیسم تبدیل فسفید به فسفات در گیاهان زراعی،

فائق آمدن بر مشکلات تجاری سازی علف کش های مداخله کننده RNA، از جمله فرمولاسیون مناسب برای جذب بهتر در گیاهان هدف به صورت محلول پاشی، از موانع تولید این علف کش ها هستند. مشکل دیگر، توسعه روش هایی برای تولید مقرون به صرفه این محصول است، اگرچه هزینه های تولید این محصول نسبتاً کاهش یافته است. علاوه بر این، هنوز سرعت ایجاد مقاومت علف های هرز به این محصول شناخته شده نیست. از سوی دیگر، ثبت چنین علف کش هایی به زمان طولانی نیاز دارد و مشخص نیست که این فناوری چه زمانی قابل استفاده

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

تولید مثلی علف‌هرز (خودگشن و دگرگشن)، طول دوره رشد، قابلیت زنده ماندن 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، زیست‌شناسی و مدیریت علف‌های هرز

پژوهش‌های اخیر نشان دهنده‌ی شدیدتر شدن مشکلات علف‌های هرز 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 علف‌های هرز می‌شود. دانشمندان طبق تبادلاتی که در زمینه بوم‌شناسی و مدیریت علف‌های هرز 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).

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 هموزن 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 پالم (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

جدول ۱- رده بندی ۳۰ اولویت تحقیقاتی در زمینه مدیریت و اکولوژی علف های هرز. 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	اکولوژیست ها چگونه می توانند با جامعه، دولت و بخش خصوصی به منظور تسهیل کردن تلاش های سرمایه گذاران برای مدیریت علف های هرز و گیاهان مهاجم تلاش کنند؟	تحقیقات بین رشته ای
۲	ما چگونه می توانیم در همکاری با جامعه شناسان بهترین روش های پیش گیری و کنترل علف های هرز را به سرمایه گذاران معرفی کنیم؟	تحقیقات بین رشته ای
۳	نقش اپی ژنتیک در سازگاری علف های هرز در اکوسیستم ها چیست؟	تکامل علف هرز
۴	اثرات تغییر اقلیم بر چگونگی پراکنش علف های هرز و تاثیر آن بر تهاجم و تحمل آنها به تغییرات اقلیمی چیست؟	تغییر اقلیم
۵	چقدر تنوع صفات کارکردی علف های هرز در کاهش عملکرد گیاه زراعی و باقی ماندن در اکوسیستم اهمیت دارد؟	آگرواکولوژی
۶	چه چیزی مانع سازگاری مدیریت تلفیقی علف های هرز می شود؟ کشاورزان سعی دارند چه به ما بگویند؟	سازگاری
۷	چگونه با افزایش تنوع گونه ای در سیستم های کشاورزی، تولیدات را افزایش دهیم؟	آگرواکولوژی
۸	آیا می توانیم گونه هایی را که در اثر گرمایش زمین خاصیت علف هرز/ تهاجمی پیدا می کنند پیش بینی کنیم؟	تغییر اقلیم
۹	نقش تنوع ژنتیکی و انعطاف پذیری علف های هرز در به تعویق انداختن و زنده مانی آنها چیست؟	تکامل علف هرز
۱۰	نقش میکروب های خاک در تعیین جمعیت علف هرز و پاسخ آنها به روش های مدیریتی چقدر است؟	آگرواکولوژی
۱۱	چگونه میتوان سیستم های کشاورزی را برای مقاومت بیشتر به علف های هرز طراحی کرد؟	آگرواکولوژی
۱۲	آیا میتوان با تنوع دادن به گیاهان زراعی و روش های مدیریتی علف های هرز، تکامل مقاومت را به تاخیر انداخت؟	تکامل علف هرز
۱۳	با آزاد سازی دشمنان طبیعی، نرخ تهاجم علف های هرز دچار کاهش یا افزایش خواهد شد؟	تهاجم
۱۴	آیا اثرات مخرب تغییر اقلیم بر اکوسیستم ها منجر به تهاجم پذیری بیشتر آنها خواهد شد؟	تغییر اقلیم
۱۵	حضور علف های هرز در اکوسیستم های 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 علف های هرز خواهند گذاشت؟	تغییر اقلیم
۱۷	تغییرات اقتصادی/ اجتماعی چگونه بر تهاجم علف های هرز اثر میگذارند؟ آیا قابل پیش بینی یا پیش گیری است؟	تحقیقات بین رشته ای
۱۸	پراکنش و مدیریت علف های هرز چگونه ارتباطی با نظام های اجتماعی دارد؟	تحقیقات بین رشته ای
۱۹	نحوه رفتار کشاورزان، چگونه بهترین تاثیر را برای بهبود روش های مدیریت پایدار علف های هرز دارد؟	سازگاری
۲۰	مشکلات علف های هرز در سطوح مختلفی در اثر متقابل با یکدیگر هستند. چگونه می توان 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 گونه های مهاجم را پیش بینی کند؟	تهاجم
۲۲	چگونه می توان علوم پایه و کاربردی را در تحقیقات علف های هرز به هم مرتبط ساخت؟	علوم علف های هرز
۲۳	چگونه می توان دانشجویان با استعداد را در این علم جذب کرد؟	علوم علف های هرز
۲۴	آیا برخی خصوصیات گیاهان که ما به آنها اطمینان داریم، تحت تاثیر تغییر اقلیم قرار خواهند گرفت؟	تغییر اقلیم
۲۵	آیا سازگاری گونه های 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 علف هرز/ گونه مهاجم در نظر میگیرند؟	*
۲۷	چگونه تحقیقات علف های هرز را از سقوط در فاصله خالی بین علوم کاربردی و تحقیقات پایه جلوگیری کنیم؟	علوم علف های هرز
۲۸	آیا توسعه مقاومت در روش های غیرشیمیایی به سرعت روش های شیمیایی است؟	تکامل علف هرز

* این سوال در هیچ کدام از دسته بندی های مذکور قرار نمی گیرد.

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

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

کشاورزی دقیق و رباتیک

نیاز به کشاورزی دقیق

در آینده مدیریت علف‌های هرز، تغییرات اساسی پیدا خواهد کرد و با توجه به مشکلاتی از جمله مقاومت و کاهش کارایی علف‌کش‌ها، مدیریت علف‌های هرز 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 وچین دستی مواجه خواهد شد (Fennimore & Doohan, 2008; Taylor et al., 2014). چنین موانعی منجر به کاهش تمایل شرکت‌ها برای سرمایه‌گذاری 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 علف‌های هرز 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 می‌تواند 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 وچین و تنک مزرعه شد (Mosqueda et al., 2015; Smith, 2017; Machine vision).

ربات‌ها، همزیستی بین انسان، ماشین و گیاه زراعی

به منظور توسعه اهداف کنترل علف‌های هرز 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 چغندرقد 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 علف‌های هرز در گیاهان زراعی ردیفی قابل استفاده و اجرا است و در شرایطی خوب عمل می‌کند که تراکم علف‌های هرز کم باشد. با این حال، در چنین شرایطی نیز کنترل علف‌های هرز به صورت ۱۰۰ درصدی صورت نمی‌گیرد و کاربرد وسیع و اقتصادی این فناوری کاملاً بستگی به گیاه زراعی و نوع علف‌های هرز 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 علف‌های هرزی 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 موفقیت‌های تجاری نیز حاصل شده است که در مراحل اولیه رشد، زمانی که تراکم علف‌های هرز 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^۳ و سیستم‌های کشت مبتنی بر نقشه‌یابی» است.

تصویربرداری فراطیفی (شکل ۵) روشی قدرتمند برای شناسایی علف‌های هرز 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.

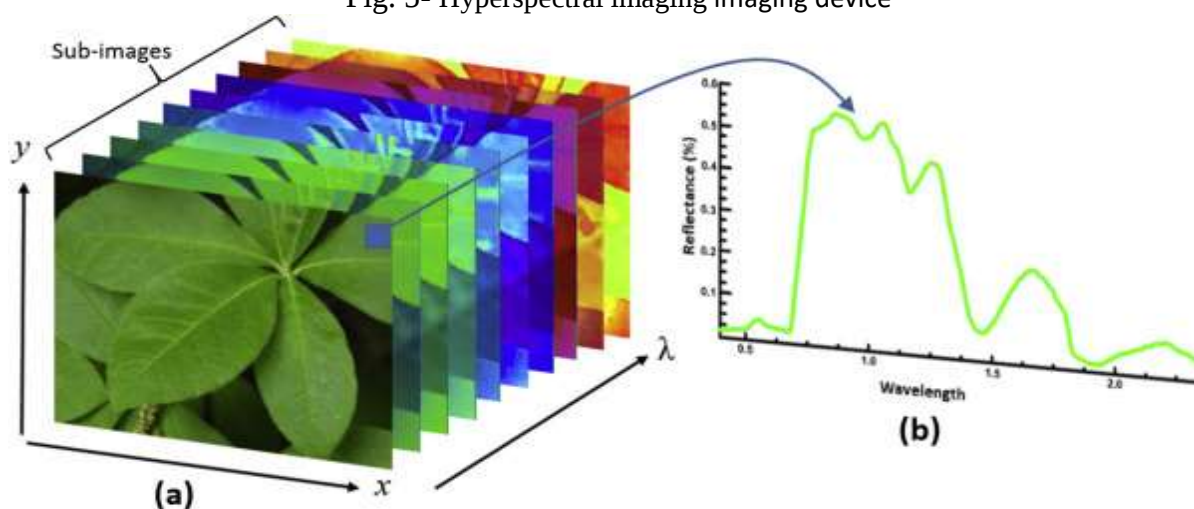
³ Hyperspectral imaging

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



شکل ۵. دستگاه تصویربرداری چند لایه

Fig. 5- Hyperspectral imaging device



شکل ۶. آنالیز تصویربرداری فراطیفی در شناسایی طیف بازتابی گیاهان

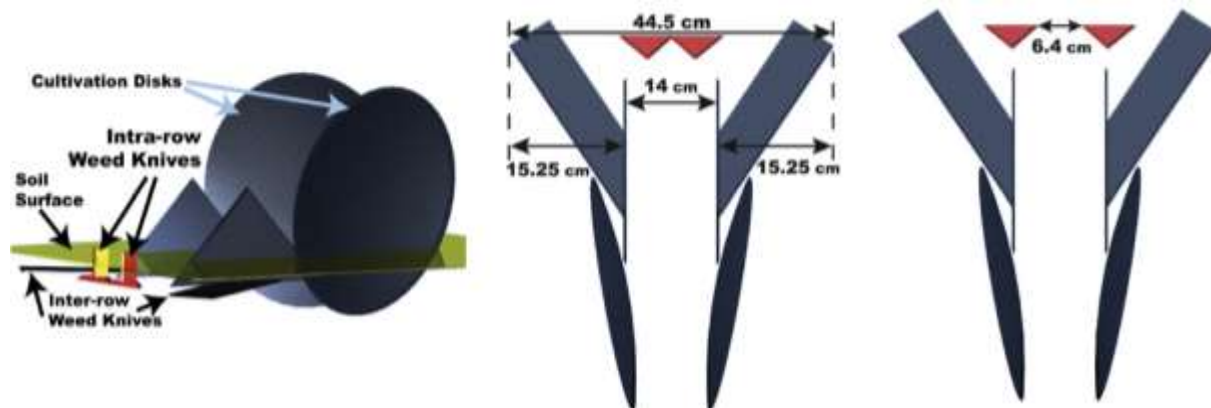
Fig.6- Analysis of hyperspectral imaging in identification the reflectance spectrum of plants.

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 علف‌های هرز را وجین کند (Ehsani et al., 2004; Sun et al., 2010) (شکل ۷).

نظام‌های کشت مبتنی بر نقشه‌یابی 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 علف‌های هرز خواهد شد. ربات‌ها با در اختیار داشتن نقشه کاشت، توانایی تشخیص علف‌هرز از گیاه زراعی را با

زمان از فصل رشد پیدا می کنند و می توانند علف های هرز بین گیاهان زراعی روی ردیف را کنترل کنند.

همچنین در فناوری جدیدتر با کمک سیستم مکان یاب جهانی (GPS) محل دقیق حضور گیاه زراعی را در هر



شکل ۷. نمایی از دستگاه های وجین کار خودکار

Fig.7- A view of automatic weeding machines

پهن است که فاصله بین گیاهان زراعی را بر روی ردیف کشت با عمق یک الی دو سانتی متر از سطح خاک وجین می کند. این دستگاه با کمک کامپیوتر گیاه زراعی را تشخیص داده و هنگام رسیدن تیغه ها به گیاه زراعی تیغه ها 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 ردیف های کشت که در قبل توضیح داده شد، علف هرز و گیاه زراعی را از یکدیگر تشخیص دهد. در دستگاه روبواتور^۴، بر روی هر ردیف یک دوربین قرار دارد که تصاویر را به کامپیوتر منتقل می کند و پس از پردازش تصاویر و تعیین مکان گیاه زراعی، باز و بسته شدن تیغه های کولتیواتور زمان بندی

آغاز عصر ربات های وجین کننده و پهبادهای سمپاش

مکاترونیک و فناوری ماشین های خودکار در آینده ی کنترل علف های هرز نقش موثری خواهند داشت و در حال حاضر در کشورهای پیشرفته مورد استفاده قرار می گیرند (King, 2017). به عنوان نمونه، سبزی کاری هایی مانند کلم بروکلی (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.)، گل های زینتی، گیاهان دارویی، کاهو، پیاز و گوجه فرنگی از جمله گیاهانی هستند که کنترل علف های هرز 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

⁴ Robovator

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

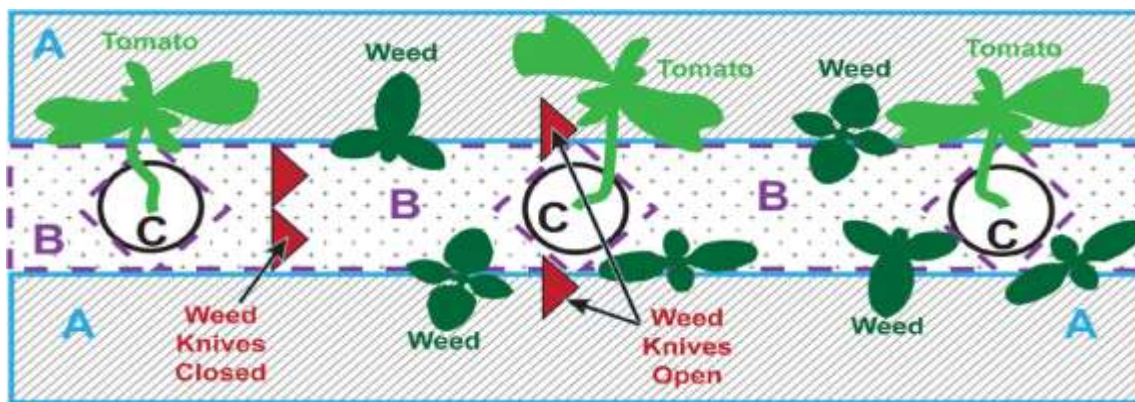
هستند، ولی با اینحال فناوری‌هایی جدید نظیر لیزر، شعله و نازل‌های ساینده نیز وجود دارد (Westwood *et al.*, 2018). در کنترل خودکار علف‌های هرز به دنبال تلفیق ربات‌ها با روش‌های سنتی هستند و تلفیق این روش‌ها منجر به تولید ابزاری موثرتر خواهد شد.

با ظهور فناوری‌های نوین و ساخت پرنده‌های 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 پرنده‌ها، در حال حاضر امکان تهیه تصاویری با وضوح بسیار بالا را از سطح زمین فراهم کرده است و این توانایی امکان ثبت پدیده‌های 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 دام‌ها در مراتع را در فرایند آنالیز تصویر به وجود آورده است (شکل ۹-الف).

می‌شود. این دستگاه موجب کاهش زمان وجین علف‌های هرز نسبت به کولتیواتورهای معمولی می‌شود.

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 علف‌های هرز است که بدون نیاز به شناسایی مکانی گیاه زراعی، قادر به تشخیص علف‌های هرز است. در تراکم‌های پایین علف‌هرز، چنین فناوری منجر به کاهش چشمگیر مصرف علف‌کش‌ها می‌شود.

کنترل خودکار علف‌های هرز 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



شکل ۸. نقشه کار کولتیواتور رباتیک بین ردیفی.

Fig. 8- Working plan of robotic cultivator.

دقیق می باشد، بسیار سودمند بوده و می تواند مبنایی برای کاربرد سمپاشی دقیق و لکه ای باشد که این مساله در مصرف 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).

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 می تواند به عنوان روشی جایگزین به جای علف کش ها بکار گرفته شود. لیزرها با انتقال انرژی زیاد در مدت زمان کوتاه به سلول های گیاه، باعث افزایش دما و توقف رشد می شوند. با کمک لیزر می توان به دو صورت علف های هرز را کنترل کرد؛ که یکی به صورت برش دادن از ساقه (Stem cutting) و دیگری سوزاندن

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

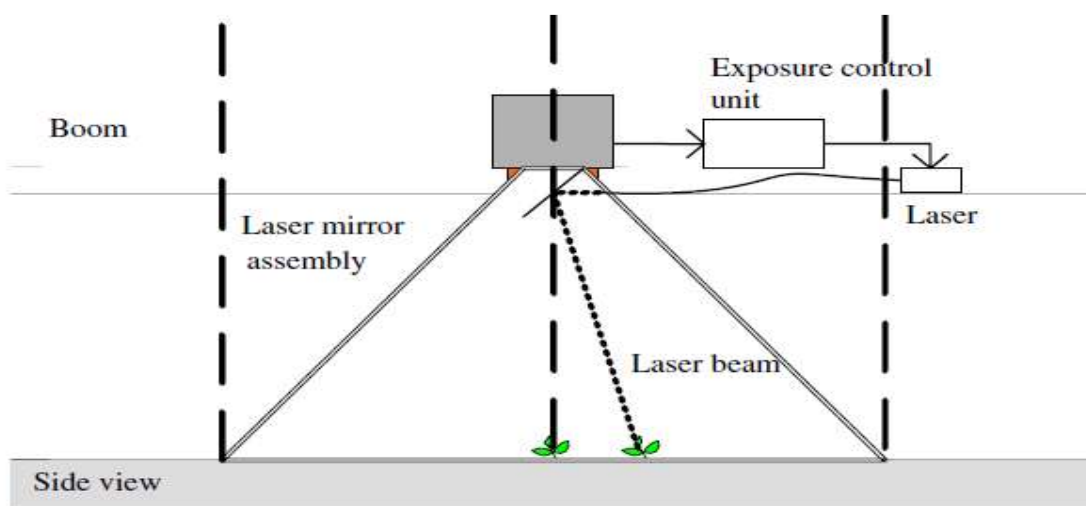
آینده پژوهی در علوم علف‌های هرز (مروری بر نیازهای تحقیقاتی آینده و فناوری‌های نوظهور)

در این روش، هدف لیزر نقاط مرستمی گیاه است و بخصوص مرستم‌های 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 می‌توان از لیزر به عنوان یک روش فیزیکی در کنترل علف‌های هرز استفاده کرد. با اینحال ادامه تحقیقات در این زمینه کمک کننده به پیشرفت این تکنولوژی است.

مرستم‌های انتهایی است. برای بهبود کاربرد کنترل علف‌های هرز به وسیله لیزر، باید مشکلاتی از جمله تلفیق چشم‌های بینا و ابزار لیزر، توانایی تشخیص مرستم‌های 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*) 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).



شکل ۱۰- نمایی از کاربرد دستگاه لیزر در شناسایی و کنترل علف‌های 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 مرستمی 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 Management 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. Lestrangle 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.

- Petty, 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.

Futures 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