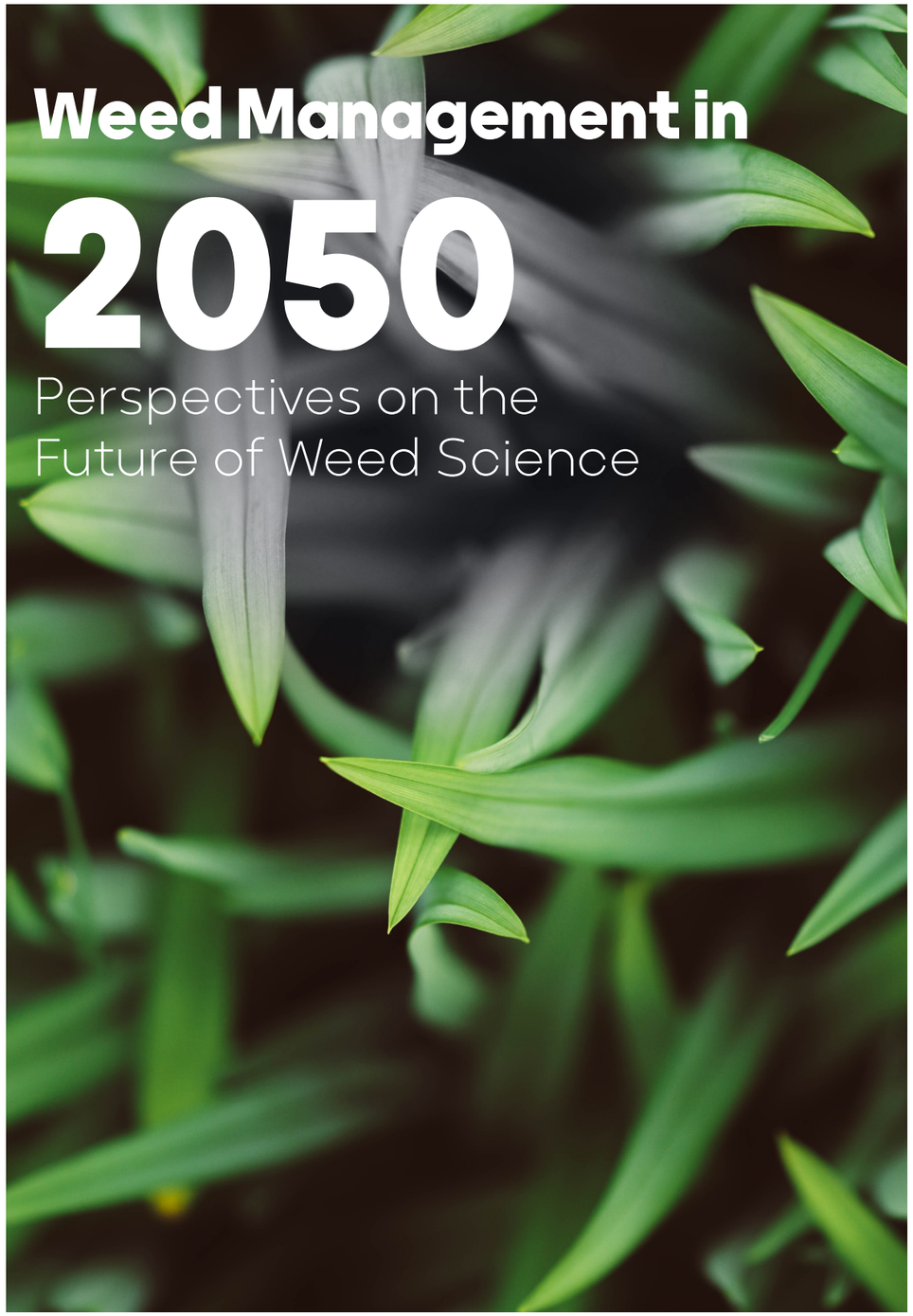
ابوذر اسماعیلی | دانشجوی دکتری علوم علف‌های هرز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
زینب رحیمی | دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

مدیریت علف‌های هرز در سال ۲۰۵۰

چشم‌اندازها در مورد آینده علوم علف‌های هرز

رشته علوم علف‌های هرز در یک مقطع حساس قرار دارد. چنددهه کنترل شیمیایی کارآمد علف‌های هرز منجر به افزایش تعداد جمعیت علف‌های هرز مقاوم در برابر علف‌کش‌ها شده، که با وجود تعداد کمی علف‌کش جدید با نحوه عمل مشابه برای مقابله با این روند، اغلب هیچ جایگزینی اقتصادی برای علف‌کش‌ها در محصولات با سطح زیر کشت وسیع وجود ندارد. درهمین‌زمان، جمعیت جهان درحال رشد بوده و افزایش تولید مواد غذایی برای تغذیه نه میلیارد نفر جمعیت پیش‌بینی شده تا سال ۲۰۵۰ ضروری است. در این‌جا ما این چالش‌ها را همراه با روندهای نوظهور در فناوری و نوآوری در نظر می‌گیریم که امید به ارائه مدیریت پایدار علف‌های هرز در آینده را فراهم می‌کند. ظهور محصول طبیعی منجر به کشف علف‌کش‌های جدید و سموم زیستی شده و نشان می‌دهد که می‌توان روش‌های جدیدی را کشف کرد، درحالی‌که مهندسی ژنتیک نیز گزینه‌های دیگری را برای دست‌کاری انتخاب علف‌کش و ایجاد رویکردهای کاملاً جدید برای مدیریت علف‌های هرز فراهم می‌کند. پیشرفت در درک اثرات متقابل پاتوژن گیاه به توسعه عوامل جدید کنترل بیولوژیکی کمک می‌کند و بینش در مورد اثرات متقابل گیاه-گیاه نشان می‌دهد که پاسخ محصولات به رقابت را می‌توان با دست‌ورزی بهبود بخشید. انقلاب ایجاد شده در قدرت محاسبه و اتوماسیون منجر به ایجاد یک صنعت نوپا با استفاده از دید ماشینی و اطلاعات سیستم موقعیت‌یاب جهانی برای تشخیص علف‌های هرز از محصولات و کنترل دقیق علف‌های هرز شده است. این فن‌آوری‌ها، از طریق مکانیسم‌های شیمیایی یا مکانیکی، امکانات متعددی را برای مدیریت کارآمد علف‌های هرز فراهم می‌کنند. همچنین برای تصمیم‌گیری خوب، تولیدکنندگان به اطلاعاتی نیاز دارند، که با کارآیی و ویژگی بی‌سابقه‌ای ارائه شده و جنبه‌های توسعه کار را متحول می‌کنند. ما فکر می‌کنیم تأمین نیازهای مدیریت علف‌های هرز کشاورزی تا سال ۲۰۵۰ و بعد از آن چالشی است که مستلزم تعهد آژانس‌های تامین بودجه، محققان و دانشجویان برای بومی‌سازی فن‌آوری‌های جدید به منظور حصول راه‌حل‌های با دوام مدیریت علف‌های هرز است. ادغام فن‌آوری‌های مدیریت علف‌های هرز قدیمی و جدید در سیستم‌های متنوع‌تر مدیریت علف‌های هرز، مبتنی بر درک بهتر زیست‌شناسی و اکولوژی علف‌های هرز بوده و می‌تواند استراتژی‌های مدیریت تلفیقی علف‌های هرز و مدیریت مقاومت را ارائه دهد، که پایدارتر از فن‌آوری‌هایی است که اکنون از بین رفته‌اند.

کلمات کلیدی: آفت‌کش‌های زیستی، رباتیک، فناوری اطلاعات، کشاورزی دقیق، کنترل بیولوژیکی



مقدمه

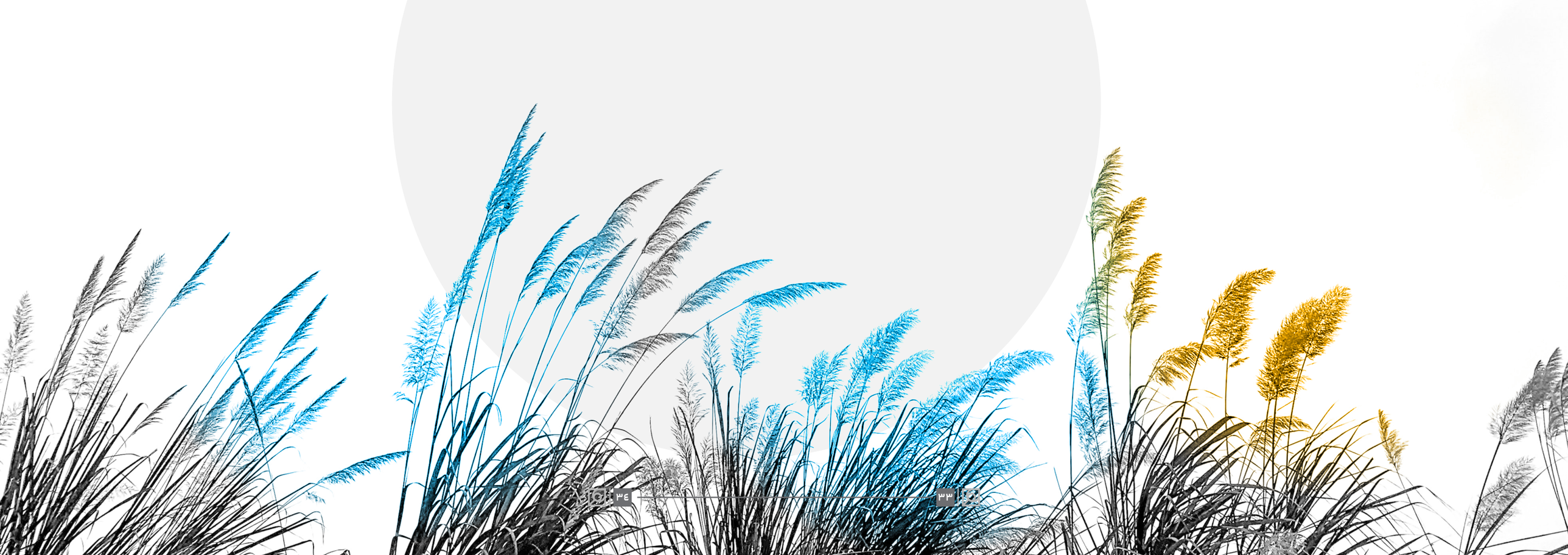
سال ۲۰۵۰ یک تاریخ مهم است که توسط دولت، صنعت، و رسانه‌ها مورد تامل قرار می‌گیرد. انتظار می‌رود که جمعیت انسانی جهان در حدود ۹ میلیارد نفر باشد و به ظرفیت جهانی برای تأمین انرژی کافی، آب شیرین و غذا فشار بیاورد. سطوح فعلی تولید محصول برای تغذیه جمعیت پیش‌بینی‌شده کافی نیست و برآورده ساختن این تقاضای پیش‌بینی‌شده به‌عنوان یک چالش بزرگ برای بشریت در نظر گرفته می‌شود. بار پاسخ‌گویی به این نیازها با تغییر آب و هوا، از دست دادن منابع آب، و کاهش زمین‌های قابل کشت به دلایل متعدد تشدید خواهد شد. مدیریت علف‌های هرز برای تولید کشاورزی و مدیریت مناظر و محیط‌زیست ضروری است و نقش مهمی در تعیین این‌که آیا ما نیازهای آینده تولید مواد غذایی را برآورده می‌کنیم یا خیر، ایفا خواهد کرد.

این مقاله نتیجه یک گردهمایی است که در کنفرانس WSSA در سال ۲۰۱۶ در شهر سان‌خوان کشور پورتوریکو برگزار شد. هدف از این گردهمایی در نظر گرفتن آینده بلند مدت کنترل علف‌های هرز و دانش مورد نیاز برای ایجاد یک سیستم پایدار برای مدیریت علف‌های هرز بود. از سخنرانان گردهمایی خواسته شد تا با درک این موضوع که افزایش محصول در کشاورزی برای حفظ جمعیت آینده جهان ضروری است، از تکنولوژی‌های فعلی و در حال ظهور برای تصور این‌که مدیریت علف‌های هرز در سال ۲۰۵۰ چه شکلی خواهد بود، برون‌یابی کنند. افزایش مداوم تعداد بیوتیپ‌های مقاوم به علف‌کش این نکته را تقویت می‌کند که فناوری کنترل علف‌های هرز باید به‌طور مداوم پیشرفت کند تا از تکامل و سازگاری علف‌های هرز جلوگیری کند. خوشبختانه، پیشرفت سریع فناوری و پیشرفت‌های جدید در علوم زیستی، پتانسیل روش‌های جدید و بهبود یافته مدیریت علف‌های هرز را فراهم می‌کند.

این ۳۲ سال منتهی به سال ۲۰۵۰ یک بازه زمانی نسبتاً طولانی فراهم می‌کند که در آن بسیاری از چیزها ممکن است، که برخی از آن‌ها را می‌توانیم تصور کنیم و بسیاری از آن‌ها را نمی‌توانیم. این هم یک فرصت و هم یک چالش است. با در نظر گرفتن این دیدگاه خوش‌بینانه که نوآوری در ژنتیک گیاهان برای برآوردن نیازهای تولید یک جمعیت جهانی در حدود ۹ میلیارد نفر کافی خواهد بود، چالش کنترل علف‌های هرز به طور نامحدود باقی خواهد ماند. علفهای هرز به تکامل و تداوم خود ادامه داده و ما باید این مسئله را به عنوان چالشی برای یافتن راه‌حل‌های پایدار واقعی برای مدیریت علف‌های هرز در نظر بگیریم.

بررسی‌های اخیر که به آینده مدیریت علف‌های هرز نگاه می‌کنند خلاصه‌ای عالی از نقاط قوت فعلی، شکاف‌های موجود و نیازهای علم علف‌های هرز را فراهم می‌کنند. نویسندگان مختلفی از چارچوب بهبود یافته سؤالات تحقیق جهت آشکارسازی اصول اساسی بوم‌شناسی و تکامل علف‌های هرز حمایت کرده‌اند، افزایش استفاده از رویکردهای مدیریت تلفیقی علف‌های هرز، ادغام بهتر دانش پایه با علم کاربردی علف‌های هرز، و یا بهره‌برداری از فرصت‌های تحقیقاتی جدید. ما به‌طورکلی با این تحلیل‌ها و توصیه‌ها موافق هستیم، اما در اینجا ما دیدگاه متفاوتی برای ارائه چگونگی کنترل علف‌های هرز در آینده نسبتاً دور ارائه می‌دهیم.

هدف از این تمرین تمرکز بر فن‌آوری‌های مدیریت علف‌های هرز است که ممکن است در طول دهه‌های آینده به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای تغییر کنند. اگرچه ما به‌طور مستقیم به بیولوژی علف‌های هرز نمی‌پردازیم، اما انتظار داریم که پیشرفت‌های مشابهی در علم و پردازش اطلاعات که به مدیریت جدید علف‌های هرز کمک می‌کند، انقلابی در درک رشد و توسعه گیاه، پاسخ به استرس و تعاملات محیطی ایجاد کند. در واقع، درک زیست‌شناسی و اکولوژی علف هرز برای مدیریت پایدار علف هرز ضروری است، چرا که جمعیت‌های علف هرز در پاسخ به فشارهای انتخابی جدید سازگار و تکامل می‌یابند. اولویت بودجه و آموزش در این حوزه‌ها در توصیه‌های ما منعکس شده است.



در سال ۲۰۵۰ از چه علف‌کش‌هایی استفاده خواهیم کرد؟

علف‌کش‌های شیمیایی سنتی

از اوایل دهه ۱۹۵۰ تا اوایل دهه ۱۹۸۰، هر ۲/۵ تا ۳ سال یک مکانیزم عمل جدید علف‌کش تجاری شد. با این حال، هیچ MOAs جدیدی از دهه ۱۹۸۰ تاکنون معرفی نشده است. اگرچه یک شرکت بزرگ بیان کرده است که آن‌ها درحال توسعه یک علف‌کش پهن‌برگ‌کش با طیف وسیع با یک MOA جدید هستند، افزایش خطی بی‌وقفه در مقاومت تکامل‌یافته علف‌های هرز در برابر علف‌کش از اواسط دهه ۱۹۷۰ نیاز زیادی به علف‌کش با MOAs جدید ایجاد کرده است. این درحالی است که، حتی از علف‌کش‌های جدید با MOAs قدیمی نیز استقبال می‌شود (با فرض این‌که هیچ مقاومت عرضی در برابر موارد مقاومت تکامل‌یافته ندارند)، اما حتی در معرفی علف‌کش‌های جدید با MOAs قدیمی یک کاهش وجود داشته است. فقدان هر MOAs جدید از دهه ۱۹۸۰ شگفت‌انگیز بوده است، زیرا بازده‌های عادی نزولی، کشف حداقل چند MOAs جدید را نشان می‌دهد. افزایش مقاومت تکامل‌یافته در برابر علف‌کش، همراه با فقدان MOAs جدید تهدیدی است که تقریباً تمام علف‌کش‌های موجود را تا سال ۲۰۵۰ غیرقابل استفاده می‌کند.

فقدان MOAs جدید و کند شدن خط کشف علف‌کش احتمالاً به دلیل چندین عامل است، از جمله تلفیق شدید صنعت آفت‌کش‌ها، کاهش قابل توجه بازار علف‌کش‌ها پس از معرفی محصولات مقاوم به گلایفوزیت، الزامات نظارتی سخت‌تر برای محصولات جدید (هزینه بسیار بیشتر برای رسیدن به یک محصول جدید به بازار)، و کاهش بازده روش‌های کشف علف‌کش. استفاده از شیمی ترکیبی برای تولید ارزان تعداد زیادی از ترکیبات برای آزمایش در ارزیابی‌های با بازده بالا تنگنا را شکسته است. به‌طورکلی، علف‌کش‌های جدید با MOAs قدیمی و محصولات تراریخته جدید که نسبت به علف‌کش‌های قدیمی مقاوم هستند (به‌عنوان مثال، توفوردی و دیکامبا) تنها راه‌حل‌های کوتاه مدت برای برخی از مشکلات علف‌های هرز موجود هستند، زیرا در حال حاضر مقاومت در برابر این علف‌کش‌ها وجود دارد.

استفاده از مقاومت عرضی منفی، افزایش حساسیت به یک علف‌کش از گروهی که مقاومت به آن تکامل یافته است، این پتانسیل را دارد که استفاده از برخی از علف‌کش‌های قدیمی ما را طولانی‌تر کند. مثالی از مقاومت عرضی منفی، جهش در گونه علف هرز هیدریلا [Hydrilla verticillata (L. f.) Royle] ژن phytoene desaturase (PDS) (تبدیل Arg-304 به Thr) که ۵۲ برابر مقاومت در برابر نورفلورازون ایجاد می‌کند، اما جهش PDS را ۵ برابر نسبت به دیفلوفنیکان حساس می‌کند. مثال‌های دیگری از مقاومت عرضی منفی به علف‌کش‌های با دیگر MOAsها وجود دارد، مانند مهارکننده‌های سیستم نوری II. بنابراین، علف‌کشی که مقاومت عرضی منفی به آن وجود دارد، می‌تواند با علف‌کشی که مقاومت برای جلوگیری و یا حذف گیاهان جهش‌یافته وجود دارد، مخلوط یا جایگزین شود. این استراتژی هنوز مورد استفاده قرار نگرفته است، اما می‌تواند در آینده برای طولانی کردن استفاده از علف‌کش‌های قدیمی‌تر مفید باشد.

اهداف جدید علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌های زیستی

آینده کنترل شیمیایی به کشف علف‌کش‌هایی با MOAs جدید بستگی دارد، اما این امر این سؤال را مطرح می‌کند که آیا مکان‌های هدف جدید نیز وجود دارند یا خیر. اول این‌که، هر آنزیمی که در یک مسیر متابولیکی قرار دارد هدف خوبی برای ساخت علف‌کش نیست. برای مثال، حتی اگر ۵- انول پیرووِیل شیکیمات ۳- فسفات سنتاز و استولاکتات سنتاز به ترتیب از مسیرهای شیکیمات و آمینو اسید زنجیره‌ای شاخه‌دار اهداف عالی علف‌کش باشند، مهارکننده‌های خوب دیگر آنزیم‌های این مسیرها به قدری علف‌کشی ضعیف هستند که نمی‌توان آن‌ها را تجاری کرد. یک آنزیم خاص از یک مسیر ممکن است هدف خوبی برای علف‌کش نباشد؛ اگر مقدار زیادی از آن باید مهار شود تا موجب مرگ گیاه شود، اگر پروتئین فراوانی نسبتاً بالایی داشته باشد، یا اگر بیش از یک مسیر آنزیمی برای محصول وجود داشته باشد. بنابراین، تنها بخش کوچکی از اهداف بالقوه علف‌کش قابل استفاده است.

بیش از ۲۵ محل عمل علف‌کشی تجاری وجود دارند که درحال‌حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرند، و تحقیقات با فیتوتوکسین‌های طبیعی چندین محل عمل علف‌کشی بالقوه جدید دیگر را نشان داده است. اما در بیشتر این موارد، علف‌کش طبیعی بسیارگران، بسیار سمی و یا فاقد ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مناسب (مانند جذب و انتقال) بوده، تا یک علف‌کش خوب باشد. با این حال، این ترکیبات می‌توانند به کشف محل‌های هدف جدید (به عنوان مثال، MOAs جدید) که می‌تواند تمرکز غربالگری آزمایشگاهی ترکیبات ارزان‌تر و یا سمی با خواص فیزیکوشیمیایی بهتر باشد، کمک کنند.

یک مسیر امیدوارکننده کشف و توسعه علف‌کش‌های جدید براساس محصولات طبیعی است که محصولات جانبی میکروارگانیسم‌ها یا عصاره‌های گیاهان هستند. تنها بخش کوچکی از تنوع‌زیستی میکروبی و گیاهی جهان برای فعالیت علف هرز غربال شده است. می‌دانیم که ترکیبات علف‌کشی جالب با مکانیزم‌های جدید عمل کشف شده‌اند، و برخی از این ترکیبات، علف‌کش‌های تجاری بسیار موفقی بوده‌اند (به عنوان مثال، گلوفوسینات بر پایه فسفینوتریسین، یک محصول تجزیه شده بی‌آلافوس کشف شده از Streptomyces viridochromogenes و S. hygroscopicus توسط محققان در ژاپن). شرکتی به نام Marrone Bio Innovations، عصاره‌ی آبی حدود ۱۵۰۰۰ میکروارگانیسم (باکتری، قارچ و اکتینومیست) و ۳۵۰ عصاره گیاهی را غربال و چندین ترکیب علف‌کشی جدید با محل‌های عمل جدید پیدا کرده است (P Marrone، ارتباطات شخصی). برخی از سویه‌های میکروبی و عصاره گیاهی در حال توسعه در Marrone Bio Innovations هستند و به‌عنوان علف‌کش‌های تجاری مقرون به صرفه عمل می‌کنند، اما براساس میزان موفقیت، توسعه یک علف‌کش زیستی مقرون به صرفه و طیف وسیع نسبت به یک قارچ‌کش یا حشره‌کش زیستی از نظر فنی چالش برانگیزتر است. در دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ بسیاری از شرکت‌ها تلاش‌های زیادی جهت کشف و غربالگری محصول طبیعی داشتند، اما ظهور محصولات مقاوم به گلیفوزیت منجر به از بین رفتن این عملیات‌ها شد. ابزارهای مولکولی و دیگر ابزارهای امروزی امکان غربال‌گری هدفمند و آگاهانه بیشتری را از طریق ژنومیک و متابولیت‌ها فراهم می‌کنند.

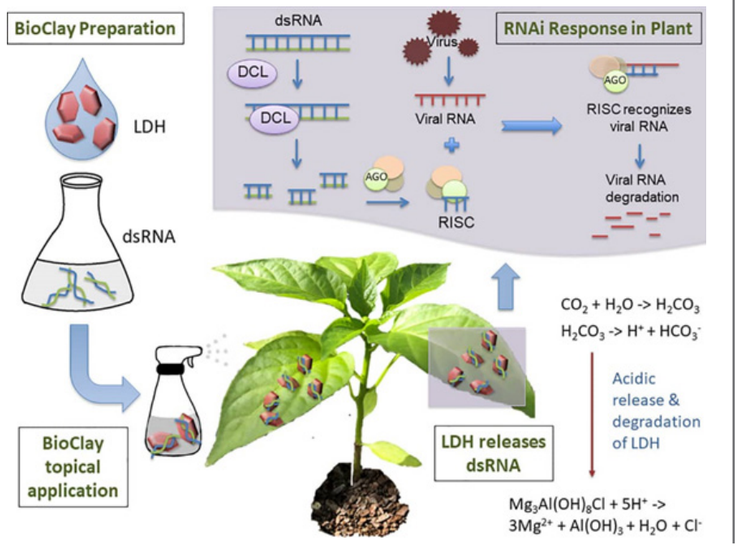
علف‌کش‌های تداخل کننده با RNA و مهندسی ژنتیک

یک فن‌آوری جدید بالقوه استفاده از RNA برای خاموشی ژن‌های کلیدی علف هرز از طریق فرآیند تداخل(RNAi) RNA است، که منجر به افزایش حساسیت علف هرز به علف‌کش‌ها یا مرگ کامل علف هرز می‌شود. RNA به عنوان یک اسپری، پتانسیل زیادی برای مدیریت علف‌های هرز دارد، زیرا توالی‌ها را می‌توان به گونه‌ای طراحی کرد که به‌طور انتخابی یک گونه علف هرز خاص یا گروهی از گونه‌های علف‌های هرز مرتبط را هدف قرار دهد. احتمالاً، اهداف علف‌کش‌های فعلی را می‌توان مهار کرد، اما هیچ مقاومت عرضی با علف‌کش‌های سنتی وجود نخواهد داشت، زیرا RNAi از طریق یک مکانیزم متفاوت کار می‌کند. اهداف جدید بالقوه را نیز می‌توان شناسایی کرد.

موانعی که ثبت تجاری علف‌کش‌های RNAi را محدود می‌کنند شامل مشکلات فنی مانند فرموله کردن RNA برای دستیابی به جذب مؤثر در گیاه هدف به عنوان یک محصول اسپری شده هستند. چالش دیگر، توسعه روش‌هایی برای تولید اقتصادی RNAها در مقیاس بزرگ است، اگرچه هزینه این کار به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد. علاوه‌براین، مشخص نیست که علف‌های هرز تا چه حد در برابر علف‌کش‌های RNAi مقاومت نشان خواهند داد. از دیدگاه نظارتی، مشخص نیست که چقدر طول می‌کشد تا یک علف‌کش جدید براساس این تکنولوژی ثبت شود، و مخالفت گروه‌های مصرف‌کننده نامشخص است. متأسفانه، هیچ مقاله تحقیقاتی با مرور دقیق در مورد موضوع RNAi قابل اسپری برای مدیریت علف‌های هرز وجود ندارد، بنابراین ما فقط گزارش‌های کنفرانس از یک شرکت بزرگ داریم که نشان می‌دهد تلاش قابل‌توجهی برای توسعه این فن‌آوری در حال انجام است.

سایر روش‌های جدید برای توسعه علف‌کش‌ها را می‌توان با مهندسی ژنتیک به کار برد. برای مثال، فسفیت سال‌ها پیش به‌عنوان علف‌کش پیشنهاد شد، اما سمیت آن بر روی محصولات یک مسأله است. مهندسی متابولیسم فسفیت به محصولات زراعی به طوری که بتوانند آن را به فسفات تبدیل کنند، هم‌نیاز به استفاده از کودهای فسفاته تأمین کرده و هم علف‌های هرز را از بین می‌برد. علاوه‌براین، فسفیت هم برای برخی از عوامل بیماری‌زای گیاهی سمی است و هم سیستم‌های دفاعی گیاه را در برابر عوامل بیماری‌زا تقویت می‌کند. ادامه کاهش علف‌کش‌های زیستی ناشی از افزایش مقاومت علف‌های هرز، چنین رویکردهای نوآورانه‌ای را جذاب‌تر خواهد کرد.

علف کش های تداخل کننده با ANR و مهندسی ژنتیک



کشاورزی دقیق و رباتیک

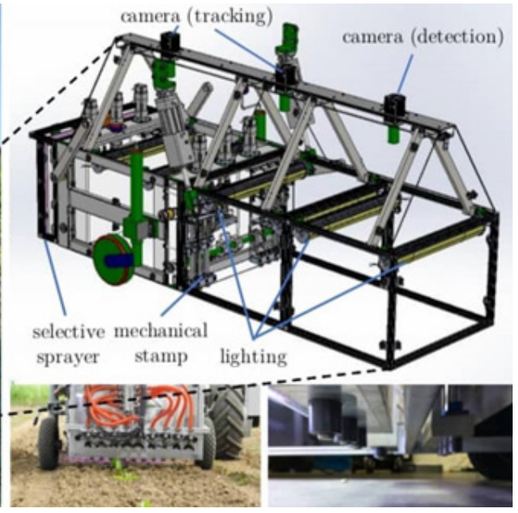
نیاز به دقت

مدیریت ضعیف در محصولات خاص تا سال ۲۰۵۰ به‌طور چشم‌گیری تغییر خواهد کرد. علاوه‌بر روند کشف و مقاومت علف‌کش که قبلا توضیح داده شد، مدیریت علف‌های‌هرز در محصولات با ارزش خاص مانند سبزیجات، گل‌ها و گیاهان با مشکلات خاصی مواجه است، مانند عدم تمایل ثبت‌کنندگان علف‌کش برای لیست کردن محصولات خاص روی برچسب‌های علف‌کش به‌دلیل بدهی‌های مالی، و همچنین کمبود نیروی کار مزرعه و سایر عواملی که منجر به افزایش هزینه وجین دستی شده‌اند. این روندها به احتمال زیاد در آینده باقی خواهند ماند، زیرا بعید است که هزینه توسعه علف‌کش کاهش یابد، که تولیدکنندگان آفت‌کش‌ها تمایل بیشتری به پذیرش مسئولیت بالقوه ناشی از آسیب علف‌کش به محصولات خاص داشته باشند، یا اینکه هزینه‌های نیروی کار مزرعه کاهش یابد. عامل دیگری که بازار را از علف‌کش‌های سنتی دور می‌کند افزایش تقاضا برای مواد غذایی ارگانیک است. شرایط برای تحقق پیشرفت‌های چشمگیر در روباتیک، دید ماشینی، تشخیص علف هرز بهینه است. به عنوان مثال، اتوماسیون کنترل علف هرز و توان خورشیدی، کارآیی، وزن بار مفید، عمر باتری ممکن است لبه پیشرو یک انقلاب تکنولوژیکی در مدیریت علف هرز گسترده‌تر در ۳۲ سال آینده را تشکیل دهد.

یک مثال از این‌که چگونه ترکیب دسترسی به نیروی کار کمیاب و دسترسی ناکافی به علف‌کش منجر به نوآوری شده است، توسعه تنک‌کننده‌های خودکار کاهو و کولتیواتورهای هوشمند است. اکثریت کاهو در آریزونا و کالیفرنیا به‌طور مستقیم روی پشته‌های عریض ۱ یا ۲ متری با ردیف‌های متعدد به فاصله ۴ تا ۷ سانتی‌متر کاشت می‌شوند. به‌طورسنتی، کارگران با کج‌بیل‌هایی کاهو را به فاصله ۲۲ تا ۳۰ سانتی‌متر بین ردیف کشت با هزینه تقریبی ۴۴۴ دلار در هکتار برای هر دو روش تنک کردن و وجین‌دستی کاهش می‌دهند. با این حال، تنک کردن نیاز به عملیات به موقع دارد و هنگامی که کمبود یا عدم‌دسترسی کارگران وجود داشته باشد، روش‌های جایگزین برای تنک کردن کاهو مورد نیاز است. بنابراین، شرکت‌های مهندسی کوچک برای پر کردن خلاء باقی مانده از کمبود نیروی کار وارد عمل شده‌اند. تنک‌کننده‌های خودکار کاهو و کولتیواتورهای هوشمند از یک دوربین برای دید ماشین، نظارت موقعیتی، و یک محرک که شامل یک چاقوی کولتیواتور یا نازل سمپاشی فعال شده با شیر برقی است، استفاده می‌کنند. دوربین‌های ماشینی اطلاعات را در یک پردازنده وارد کرده، که از یک الگوریتم برای تشخیص ردیف محصول (تشخیص الگو) و فاصله بین بوته‌های محصول در ردیف استفاده می‌کند.

آغاز دوران وجین رباتیک

تکنولوژی خودکار حذف علف‌های هرز، راه را برای ابزارهای جایگزین کنترل علف‌های هرز فراهم می‌کند که نسبت به شیوه سنتی توسعه علف هرز که در ۶۰ سال گذشته غالب بوده، بسیار امیدوارکننده‌تر است. کم‌تر از ۱۰ شرکت در جهان وجود دارند که ظرفیت کشف، توسعه و ثبت علف‌کش‌ها را دارند. در مقابل، شرکت‌های بیشتری با تخصص در زمینه روباتیک وجود دارند که می‌توانند تجهیزات خودکار حذف علف‌های هرز را بسازند، ضمن اینکه توسعه روباتیک به مراتب بسیار کم‌هزینه‌تر از توسعه علف‌کش‌ها است. تاکنون، تنک‌کننده‌های خودکار کاهو مجهز به کنترل خودکار نازل‌های سمپاشی برای استفاده دقیق از علف‌کش‌ها، اسیدها، یا محلول‌های کودی طراحی شده‌اند. کولتیواتورهای داخل ردیفی خودکار متکی به تیغه‌های کج‌بیل اصلاح شده توسط پردازنده‌هایی کنترل می‌شود. با این‌حال، سایر تکنولوژی‌های کنترل علف‌های هرز وابسته به اتوماسیون مانند لیزر، شعله‌افکنی متوالی، یا اسپری مواد سوزنده نیز وجود دارد. قدرت کنترل خودکار علف‌های هرز، ادغام تکنولوژی سنتی کنترل علف‌های هرز با دانش رباتیک است. هنگامی‌که تکنولوژی اتوماسیون، تشخیص علف هرز و تحریک با دستگاه کنترل علف هرز ترکیب می‌شوند، نتیجه ایجاد یک ابزار متفاوت و مؤثرتر است.



استفاده از زیست‌شناسی برای مدیریت علف هرز

افزایش گیاهان زراعی برای بهبود توانایی رقابتی

اصلاح گیاهان برای بهبود توانایی رقابت با علف‌های هرز از دیرباز یکی از اهداف علم علف‌های هرز بوده است. مطالعات اولیه در شناسایی ارقام پر محصول در شرایط تنش شدید علف هرز متمرکز بوده است. برنساید (۱۹۷۲) توانایی رقابتی ۱۰ رقم سویا (Glycine max (L.) Merr) را برای فشار علف‌های هرز بلند فصل مورد آزمایش قرار داد. سه رقم سویا، "Harosoy 63"، "Amsoy" و "Corsoy"، به‌عنوان رقابتی‌ترین ارقام با علف هرز شناسایی شدند. با این‌حال، هیچ تحلیلی در مورد این که چرا این ارقام پر بازده‌تر بودند، انجام نشد. مطالعه دیگری قدرت رقابتی سه رقم برنج (Oryza sativa L.) با عملکرد بالا و مقاوم در برابر خوابیدگی با جمعیتی از گیاه سوروف (Echinochloa crus-galli (L.) Beauv.) از ۱۰۰ تا ۲۰۰ پانیکول در متر مربع مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ارقام دیررس رقابتی‌تر بودند، اما باز هم هیچ شاخصی از مکانیسم‌هایی که ممکن است برای این توانایی رقابتی مؤثرتر باشند، در نظر گرفته نشد. توانایی رقابتی گندم پابلند (Triticum aestivum L.) نسبت به یولاف‌وحشی (Avena-ludoviciana) به تجمع سریع ماده خشک در واحد سطح در طول نمو اولیه گیاه‌چه نسبت داده شد. کورس و فرود-ویلیامز (۲۰۰۲) با تشخیص این‌که انتخاب رقم گیاه برای توانایی رقابت با علف‌های هرز موفقیت‌آمیز نیست، به این نتیجه رسیدند که تراکم محصول به جای انتخاب رقم، شاخص بهتری برای افزایش رقابت با علف‌های هرز است. در نهایت، واتسون و همکاران (۲۰۰۶) تحقیق خود را در مورد توانایی رقابت با علف‌های هرز در ۲۹ رقم جو (Hordeum vulgare L.)، با بیان این مطلب خلاصه کردند که "ضرایب همبستگی به اندازه کافی برای انتخاب مشترک قابل اطمینان در یک برنامه اصلاحی قوی نبودند". به‌طورخلاصه، جستجو برای افزایش توانایی رقابتی با علف هرز براساس صفات مورفولوژیکی منجر به دانش مورد نیاز توسط تولیدکنندگان گیاه برای افزایش قابلیت رقابت محصولات با علف‌های هرز نشده است.

یک راهبرد جایگزین متمرکز بر تحقیق برروی مکانیسم‌های مولکولی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی هر دو رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای است. برای انجام این کار، ما باید درک کنیم که چگونه گیاهان زراعی گیاهان مجاور را از طریق ارتباط گیاهی تشخیص می‌دهند و چگونه این دانش از طریق تغییرات مولکولی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی درون گیاه زراعی به عمل منتقل می‌شود. راجان و سانتون (۲۰۰۱) پیشنهاد کردند که تشخیص زود هنگام علف‌های هرز مجاور از طریق تغییرات در کیفیت نور، به‌ویژه نسبت نور قرمز به مادون قرمز، یک رویکرد جدید برای درک مکانیسم‌های رقابت اولیه گیاه خواهد بود. این فرضیه اصلاح می‌کند که رقابت گیاه زراعی- علف هرز در اوایل فصل به‌دلیل محدودیت منابع نبوده بلکه به دلیل تغییرات در کیفیت نور ناشی از حضور گیاهچه‌های علف هرز مجاور بود، و از آن زمان بیشتر مورد آزمایش و اثبات قرار گرفت. در غیاب رقابت مستقیم برای منابع نور، آب و مواد غذایی، گیاهچه‌های علف‌های هرز مجاور می‌توانند باعث تجمع H_2O_2 (شاخص تنش) در بافت هر دو گیاه ذرت (Zea mays L.) و سویا شوند. تغییرات مولکولی و فیزیولوژیکی که در نتیجه تشخیص گیاهچه‌های علف‌های هرز مجاور رخ می‌دهند، ممکن است اطلاعاتی را در مورد مکانیسم واقعی از دست دادن عملکرد محصول فراهم کنند.

همچنین فرصتی برای فکر کردن به تیمارهای بذر نه‌تنها برای حافظت از گیاه، بلکه به‌عنوان "محرک‌های ژن" وجود دارد که گیاهان زراعی را قادر می‌سازد تا در برابر تنش فیزیولوژیکی ناشی از متغیرهای زنده و غیرزنده مقاومت کنند. نشان داده شده است که تیمارهای بذری با حشره‌کش‌های نئونیکوتینوئید، رقابت گیاه را در حضور علف‌های هرز افزایش می‌دهند.

حشره‌کش تیامتوکسام به‌عنوان یک ضدعفونی کننده بذر به کار برده شده تا جوانه‌زنی بذر ذرت و رشد ریشه را افزایش داده و برای فعال کردن آنزیم‌های مهارکننده رادیکال‌های آزاد که تجمع H_2O_2 در گیاهچه‌های ذرت درحال ظهور در حضور علف‌های هرز مجاور در سطح زمین ظاهر می‌شوند را کاهش دهد. هنگامی که گیاهچه‌های سویا در حضور علف‌های هرز مجاور کشت شدند، تیامتوکسام نیز مانع از بین رفتن گره‌های ریشه می‌شود. توانایی قرار دادن مقدار کمی از مواد شیمیایی در یک بذر و ژن‌های محرک که تحمل به تنش را نسبت به علف‌های هرز افزایش می‌دهند، زمینه جدیدی از تحقیقات را برای دست‌کاری تعاملات گیاه- علف هرز باز می‌کند.

کنترل بیولوژیکی علف‌های هرز

پیش‌بینی راهبردهایی که ممکن است برای کنترل علف‌های هرز در سال ۲۰۵۰ مورداستفاده قرار گیرند، بدون در نظر گرفتن کنترل بیولوژیکی علف‌های هرز و علف‌کش‌های زیستی، ناقص خواهد بود. کنترل بیولوژیکی به‌عنوان استفاده از دشمن طبیعی یا مجموعه‌ای از دشمنان طبیعی (عوامل کنترل بیولوژیکی) برای سرکوب علف‌های هرز تعریف می‌شود. این عوامل می‌توانند بندپایان گیاه‌خوار (حشرات و کنه‌ها)، عوامل بیماری‌زای گیاهی (قارچ‌ها، باکتری‌ها، ویروس‌ها و نماتدها)، ماهی (به‌عنوان مثال، کپور علف‌خوار [Ctenopharyngodon idella])، پرندگان (به‌عنوان مثال، غازها (Anserini sp.)، و حیوانات دیگر مانند گوسفند (Ovis aries) باشند. واردات و استفاده از عوامل غیر بومی از بخش‌های مختلف از جهان برای کنترل (به‌عنوان مثال، سرکوب یا مدیریت) یک علف هرز مهاجم خارجی در خانه جدید خود"کنترل بیولوژیکی کلاسیک (classical biological control)" نامیده می‌شود. استفاده از عوامل بومی برای یک منطقه با افزایش تراکم جمعیت آن‌ها بالاتر از سطح نرمال برای جلوگیری از علف‌های هرز "راهبرد افزودگی (augmentation biocontrol strategy)" نامیده می‌شود. اصطلاح "علف‌کش‌های زیستی (bioherbicides)" دو معنی دارد. اول، این روش برای زیرمجموعه‌ای ازکنترل بیولوژیکی به‌کار می‌رود، که با تولید انبوه

عوامل بیماری‌زای بومی علف‌های هرز و استفاده از آن‌ها در تراکم‌های بالاتر از جمعیت طبیعی به‌منظور سرکوب علف‌های هرز مستعد به دست می‌آید. به عبارت دیگر، این یک راهبرد افزودگی است که به‌عنوان کنترل زیستی غیرمستقیم (inundative biocontrol) شناخته می‌شود. دوم، این اصطلاح به‌طور گسترده‌ای براساس اصطلاحات آژانس حفاظت از محیط‌زیست ایالات‌متحده برای نشان دادن سه نوع علف‌کش با پایه بیولوژیکی استفاده می‌شود: (۱) علف‌کش‌های بیوشیمیایی (متابولیت‌های میکروبی، ترکیبات مشتق شده از گیاهان، و برخی مواد شیمیایی که به‌طور طبیعی تولید می‌شوند؛ مورد بحث در "اهداف جدید علف‌کش‌ها و سموم زیستی")؛ (۲) علف‌کش‌های میکروبی حاوی میکروب‌های زنده یا مرده، بیماری‌زای گیاهی یا غیربیماری‌زا محلوط یا غیر مخلوط شده با متابولیت‌های خود؛ و (۳) گیاهان تغییرشکل‌یافته ژنتیکی که مواد استخراجی (علف‌کشی) را بیان می‌کنند (محافظین گیاهی). پیش‌بینی می‌شود که همه انواع روش‌های کنترل بیولوژیکی جهت کنترل علف‌های هرز تا سال ۲۰۵۰ ایفای نقش خواهند داشت، زیرا آن‌ها مزایای ذاتی شامل: هزینه نسبتاً کم کشف و استفاده، مزایای بلند مدت و پایداری، اثربخشی، و دوست‌دار محیط‌زیست را دارند. محصولات تغییرشکل‌یافته ژنتیکی برای تولید مواد شیمیایی جهت مبارزه با علف‌های‌هرز (ترکیبات شیمیایی آللوپاتیک) نشان‌دهنده حداقل توسعه این فناوری‌های کنترل زیستی هستند.

نتیجه‌گیری

تأمین نیازهای جهانی محصولات غذایی و فیبر در سال ۲۰۵۰ با توجه به روش‌های کنونی کنترل علف‌های هرز کار سختی است. چشم‌اندازها، بدون محل‌های عمل (MOAs) جدید علف‌کش یا یک استراتژی هماهنگ برای مدیریت و جلوگیری از توسعه علف‌های هرز مقاوم در برابر علف‌کش‌ها، تیره به نظر می‌رسد. اما روندهای قدرت محاسباتی، رباتیک و علوم‌زیستی مسیرهای مختلفی را که برای بهبود کنترل علف‌های هرز وجود دارد، نشان داده که می‌تواند با روش‌های موجود ادغام شده و سیستم‌های مدیریت علف‌های هرز پایدارتری ایجاد کند. بااین‌حال، زمان کوتاه بوده و ممکن است توسعه و پیاده‌سازی فن‌آوری‌های جدید سال‌ها به طول انجامد، بنابراین فوریت اجرایی ضروری است.

منابع

Bajwa, A.A., Mahajan, G., Chauhan, B.S. 2017. Nonconventional weed management strategies for modern agriculture. Weed Sci. 63, 723–747.

Ballare, C.L., Pierik, R. 2017. The shade-avoidance syndrome: multiple signals and ecological consequences. Plant Cell Environ. 40, 2530–2543.

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

Choe, E., Drnevich, J., Williams, M.M. 2016. Identification of crowding stress tolerance co-expression networks involved in sweet corn yield. PLoS ONE. 11, 20.

Erazo-Barradas, M.N., Friedrichsen C., Forcella, F., Humburg, D., Clay, S. 2017. Propelled abrasive grit applications for weed management in transitional corn grain production. Renew Ag Food Syst. doi:10.1017/S1742170517000031X.

Evans-Roberts K.M., Mitchenall L.A., Wall M.K., Leroux J., Mylne JS., Maxwell, A. 2016. DNA gyrase is the target for the quinolone drug ciprofloxacin in Arabidopsis thaliana. J Biol Chem. 291, 3136–3144.

Gal, J., Afifi, M., Lee, E., Lukens, L., Swanton, C.J. 2015. Detection of neighboring weeds alters soybean seedling roots and nodulation. Weed Sci. 63, 888–900.

Heap, I. 2017. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. www.weedscience.com. Accessed: July 7, 2017.

Jeschke, P. 2016. Progress of modern agricultural chemistry and future prospects. Pest Manag Sci. 72, 433–455.

Kim, H.W., Amirsadeghi, S., McKenzie-Gopsill, A., Afifi, M., Bozzo, G., Lee, E.A., Lukens, L., Swanton, C.J. 2016. Changes in light quality alter physiological responses of soybean to thiamethoxam. Planta. 244, 639–650.

McKenzie-Gopsill, A.G., Lee, E., Lukens, L., Swanton, C.J. 2016. Rapid and early changes in morphology and gene expression in soya bean seedlings emerging in the presence of neighboring weeds. Weed Res. 56, 267–273.

[WSSA] Weed Science Society of America. 2017. WSSA Herbicide Site of Action (SOA) Classification List. http://wssa.net/wssa/weed/herbicides. Accessed: November 3, 2017.