Management strategies for weedy rice in Asia

Bhagirath Singh Chauhan

IRRI

استراتژی های مدیریت علف هرز برنج قرمز (*Weedy rice*) در آسیا

مؤلف:

Bhagirath Singh Chauhan

ترجمه: افشین ولایی

کارشناس دفتر پیش آگاهی و کنترل عوامل خسارت‌زا

سازمان حفظ نباتات

خرداد ماه ۱۳۹۳ خورشیدی

Management strategies for weedy rice in Asia

Bhagirath Singh Chauhan

IRRI

پیش‌گفتار

برنج منبع اصلی غذایی بیش از نیمی از جمعیت جهان است. در آسیا، معمولاً کشت برنج بصورت نشایی پس از خاک‌ورزی زیاد در شرایط مرطوب (گل‌آب)، انجام می‌گیرد. با این حال در سال‌های اخیر تولید کنندگان در بسیاری از کشورهای آسیایی بدلیل کمبود نیروی کار، منابع آب و افزایش هزینه‌های تولید، به آرامی به سمت کشت مستقیم برنج در حال حرکت می‌باشند. سیستم‌های کشت مستقیم بذر برنج دارای چند مزیت بوده، با این حال، علف‌های هرز مشکل عمده‌ای در این سیستم محسوب می‌شوند.

در آسیا، اجرای سیستم‌های کشت مستقیم برنج باعث بروز یکی از مشکلات جدی برای کشاورزان یعنی آلودگی مزارع به علف‌هرز برنج قرمز، شده است. این عمدتاً به دلیل شباهت مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی برنج با این علف‌هرز و همچنین عدم غرقاب بودن کرت‌ها در زمان ظهور محصول است. آلودگی مزارع برنج، به علف‌هرز برنج قرمز باعث می‌شود هزینه‌های تولید افزایش یافته و درآمد کشاورزان و همچنین عملکرد دانه و کیفیت آن کاهش یابد. اقدامات کنترل شیمیایی برای مدیریت این علف‌هرز در ارقام معمولی برنج، به دلیل شباهت صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی بین برنج و برنج قرمز، روش مناسبی نیست. بنابراین، مدیریت علف‌هرز برنج قرمز مشکل فزآینده‌ای برای کشاورزان در آسیا است. در نبود علف کش‌های انتخابی، استراتژی های زراعی مدیریت علف‌هرز ممکن است به کاهش مشکل برنج قرمز کمک کند.

این نشریه به توصیف استراتژی‌های مختلف مدیریت علف‌های هرز، شامل هر دو شیوه پیشگیری و زراعی، به منظور کاهش این مشکل در سیستم‌های کشت مستقیم برنج می‌پردازد.

Robert S. Zeigler
مدیر کل موسسه تحقیقات بین المللی برنج IRRI

استراتژی های مدیریت علف هرز برنج قرمز در آسیا

برنج منبع اصلی مواد غذایی بیش از نیمی از جمعیت جهان است. بیش از ۹۰ درصد برنج در آسیا تولید و مصرف می‌شود. کشت برنج در آسیا معمولاً بوسیله انتقال نشاء پس از پادلینگ[1] کردن خاک (گل آب) صورت می‌گیرد.

. در سال‌های اخیر، نگرانی‌های از کمبود آب به علت رقابت با مناطق شهری وجود داشته است. تا سال ۲۰۲۵، تعداد قابل توجهی از مناطق برنج‌خیز ممکن است از کمبود میزان آب رنج ببرند. شالی‌کاری معمولاً با تلاش فراوان کشاورزان همراه بوده، و به تازگی تمایل کشاورزان به مهاجرت از مناطق روستایی به شهرها افزایش یافته است. این امر موجب افزایش بسیار سریع هزینه نیروی کار در برخی از مناطق شده، و این موضوع برای پیدا کردن نیروی کار در زمان بحرانی انتقال نشاء مشکل ساز گشته، که در نتیجه باعث کاهش عملکرد در روش نشاکاری می‌گردد. از آنجایی که این نگرانی‌ها و افزایش هزینه‌های تولید وجود دارد، تولید کنندگان را در بسیاری از کشورهای آسیایی به آرامی به سمت کشت مستقیم برنج هدایت می‌کند. در آسیا دو شیوه اصلی کشت مستقیم برنج: خشکه‌کاری و نم‌کاری وجود دارد. در روش خشکه‌کاری بذور در شرایط خشک پس از شخم و یا تحت شرایط بدون شخم کاشت می‌گردند (شکل ۱A). در روش نم‌کاری، بذور قبل از جوانه زدن پخش و یا با استفاده از ماشین درام **(Drum)** در سطح خاک گل آب شده کاشته می‌شوند (شکل ۱B). در مقایسه با کار فشرده و پر زحمت نشاءکاری برنج ، کشت مستقیم دارای چندین مزیت است که از جمله می‌توان به، کشت آسان‌تر، کار فشرده کمتر، مصرف آب کمتر، رسیدگی زودتر محصول، امکان کشت مکانیزه و انتشار کمتر گازهای گلخانه‌ای، اشاره نمود. با این حال گسترش علف‌های هرز، مشکل اصلی در سیستم‌های کشت مستقیم برنج، عمدتاً به دلیل: (۱) کاهش تأثیر آب ایستاده بر رشد علف‌هرز در مراحل سبز شدن محصول و (۲) از بین رفتن اختلاف سایز و اندازه بین محصول و علف های هرز، می‌باشد.

شکل ۱. کشت مستقیم برنج (A) روش خشک و (B) روش مرطوب

بکارگیری سیستم‌های کشت مستقیم برنج موجب افزایش هجوم علف‌هرز برنج قرمز در آسیا گردیده است

[1] puddling

علف هرز برنج **(Weedy rice)** (در آمریکا برنج قرمز نامیده می‌شود *Oriza sativa* L.)، که جزء گونه‌های یکساله *Oryza* بوده، به عنوان یکی از مشکل سازترین گونه‌های علف‌هرز در سیستم‌های تولید برنج شناخته شده است (شکل ۲). شباهت مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی برنج و علف‌هرز برنج قرمز و عدم وجود آب ایستا در زمان ظهور محصول، با توجه به سیستم‌های کشت مستقیم برنج در آسیا، موجب هجوم این علف‌هرز شده که یکی از مشکلات اساسی شالیکاران می‌باشد.

تصور می‌شود که برنج قرمز در نتیجه هیبریداسیون بین ارقام و یا تقاطع بین ارقام برنج زراعی و برنج وحشی، و یا در نتیجه جدایی نژادی از ارقام بومی بوجود آمده است. در ایالات متحده مدت زمان مدیدی است که برنج قرمز یک مشکل جدی محسوب می‌گردد. با این حال در آسیا، برنج قرمز مشکل جدیدی به حساب می‌آید. به عنوان مثال هجوم برنج قرمز، برای اولین بار در مالزی سال ۱۹۸۸، در فیلیپین سال ۱۹۹۰ و در ویتنام سال ۱۹۹۴، گزارش شده است. مزارع برنج تقریباً در تمام مناطق کشت برنج در جنوب و جنوب شرقی آسیا به این علف‌هرز آلوده می‌باشند. به عنوان مثال، دلتای رود مکونگ در ویتنام، تایلند، هند، مالزی، سریلانکا و فیلیپین، دارای مناطق قابل توجه آلوده به این علف‌هرز مشکل ساز است. در کشورهای مختلف، این علف‌هرز با نام‌های مختلف شناخته شده است: در مالزی padi angina ، هند jungli dhan، تایلند khoa nok و در سریلانکا valve.

شکل ۲. علف‌هرز برنج قرمز یا Weedy rice

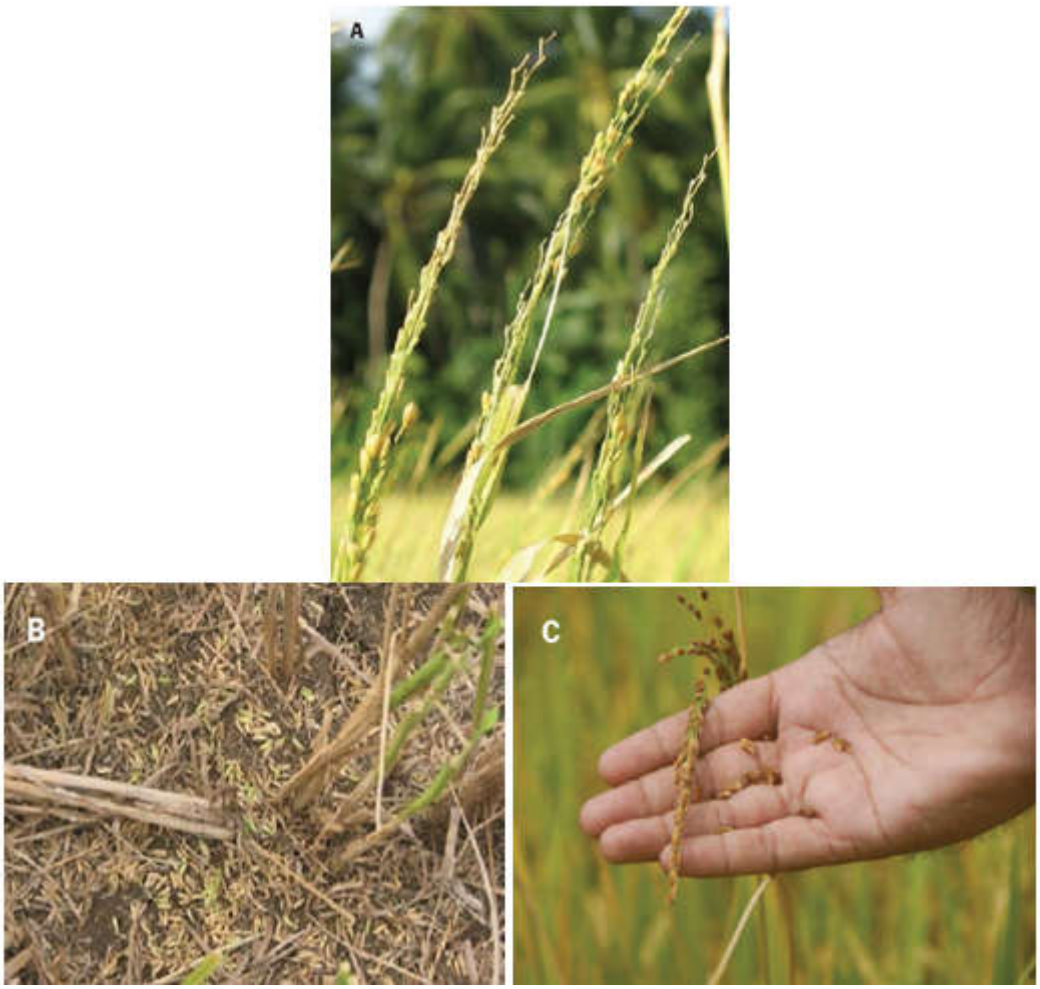
با آلوده شدن مزارع برنج به این علف‌هرز هزینه‌های تولید افزایش و عملکرد و درآمد کشاورزان کاهش می‌یابد. علاوه بر این، وجود این علف‌هرز ارزش برنج برداشت شده را بدلیل رنگ دانه و پوسته نامطلوب کاهش می‌دهد. افت عملکرد برنج به میزان آلودگی به علف‌هرز برنج قرمز بستگی دارد. این علف‌هرز می‌تواند با آلودگی متوسط (۱۵-۲۰ خوشه علف‌هرز در مترمربع) ۵۰-۶۰٪ ، با آلودگی بالا (۲۱-۳۰ خوشه در مترمربع)۷۰-۸۰٪، موجب کاهش عملکرد برنج و با آلودگی بسیار بالا باعث از دست دادن کل محصول بدلیل ورس گیاه برنج، گردد. در مالزی، وجود حدود ۳۵ خوشه از این علف‌هرز در مترمربع باعث کاهش عملکرد حدود ۱ تن در هکتار شده است. در ایالات متحده، ۱-۳ بوته در مترمربع برنج قرمز به عنوان آستانه برای جلوگیری از کاهش عملکرد برنج گزارش شده است، در حالی که تراکم مربوط به سوروف (علف هرز مشکل ساز کشیده برگ C_4) ۵-۱۰ بوته در مترمربع می‌باشد. این اطلاعات نشان می‌دهد که برنج قرمز ممکن است تهاجمی‌تر از دیگر علف‌های هرز باشد.

رشد بیوتیپ‌های مختلف علف‌هرز برنج قرمز بطور قابل توجهی متفاوت است.

رشد بیوتیپ‌های مختلف علف‌هرز برنج قرمز به علت تفاوت در ارتفاع بوته، پنجه زنی، و یا ظرفیت تولید برگ، بطور قابل توجهی متفاوت است. اخیراً در فیلیپین، بر اساس مقایسه‌ای که بین بیوتیپ‌های برنج قرمز صورت گرفته، بیوتیپ I نسبت به بیوتیپ II به طور قابل توجهی عملکرد دانه برنج را بیشتر کاهش داد. این نتایج نشان می‌دهد که بیوتیپ‌های مختلف بر عملکرد دانه برنج بطور متفاوت تأثیر می‌گذارند. برخی از ویژگی‌های مهم برنج قرمز عبارتند از:

ریزش زود هنگام بذر (شکل A ،B ۳)، خواب متغیر بذر، پایداری بالای بذر در خاک و جدا شدن آسان بذور آن از خوشه (شکل C ۳).

با این حال، ریزش دانه در میان بیوتیپ‌های مختلف برنج قرمز متفاوت است. برنج قرمز جزء گونه های یکساله است و برای بقاء وابسته به تولید بذر بوده، و تضمین آن ریزش زود هنگام قسمتی از بذر علف‌هرز برنج قرمز در سطح خاک قبل و در هنگام برداشت برنج می‌باشد. و در این راه، ریزش بذر، موجب تداوم و گسترش این علف هرز می‌شود. طول عمر بذر این علف‌هرز به طور کلی طولانی‌تر و متغیر تر از برنج کشت شده است.



شکل ۳. ریزش زود هنگام بذر برنج قرمز (A.B) در مزرعه و (C) جدا نمودن بذر آن با دست

صفات مهم علف‌هرز برنج قرمز ریزش زود هنگام بذر، خواب متغیر بذر، و پایداری بالای بذر در خاک، هستند.

علاوه بر ریزش زود هنگام و خواب بذر ، این علف‌هرز واکنش بیشتری به مواد غذایی نسبت به برنج نشان می‌دهد. در آسیا و ایالات متحده آمریکا، گونه‌ای از آن یافت شده است که بازده بیشتری در استفاده از نیتروژن برای تولید زیست توده (بیوماس)، از برنج زراعی داشته است. این علف‌هرز همچنین پتانسیل تبدیل شدن به علف‌هرز مشکل سازتر در آینده را دارد. به عنوان مثال در ایالات متحده، قدرت رقابت بیشتری از یک رقم زراعی برنج در شرایط افزایش غلظت دی اکسید کربن را دارد. این اطلاعات نشان می‌دهد که کنترل این علف‌هرز ممکن است حتی در شرایط آب و هوایی آینده مشکل‌تر باشد. از آنجا که صفات مشابه فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی بین برنج و این علف‌هرز وجود دارد، علف‌کش‌های انتخابی برای کنترل این علف‌هرز در سیستم‌های معمولی کشت برنج در دسترس نیست، بنابر این مدیریت آن مشکل و چالش بزرگ و فزآینده‌ای برای کشاورزان در آسیا است. در غیاب علف‌کش‌های انتخابی، روش‌های زراعی مدیریت علف‌های هرز می‌تواند به کاهش

مشکل این علف‌هرز کمک کند. اطلاعات مورد استفاده در این نشریه از مقاله: استراتژی برای مدیریت علف‌هرز برنج قرمز در آسیا اقتباس شده است (Bhagirath Singh Chauhan, Crop Protection, 2013).

استراتژی های مدیریت

پیشگیری

مهمترین اقدام پیشگیرانه در کاهش آلودگی به علف‌هرز برنج قرمز استفاده از بذور پاک برنج می‌باشد. در بسیاری از کشورها، بذر این علف‌هرز از یک منطقه آلوده به یک منطقه پاک از طریق توزیع بذور برنج به کشاورزان باعث گسترش آلودگی می‌شود. مقدار کمی بذر برنج قرمز ممکن است باعث آلودگی شدید در عرض چند فصل زراعی شود. آلودگی از این رو مهم است که این علف‌هرز موجب کاهش محصول و افت عملکرد می‌شود. تولیدکنندگان باید از بذور گواهی شده برای جلوگیری از گسترش بذر آلوده استفاده کنند. از آنجا که در برخی از مناطق از بذور گواهی شده کمتر استفاده می‌گردد بنابر این در این مناطق بذر برنج قرمز و بذر سایر علف‌های هرز دیگر می‌توانند به عنوان آلاینده اصلی بذر برنج محسوب شوند. در برخی مناطق، به عنوان مثال، در سریلانکا، علف‌هرز برنج قرمز را از ریشه کنده و به درون کانال‌های آبیاری انداخته که این امر ناآگاهانه باعث گسترش آن به سایر مزارع می‌شود.

استفاده از بذور برنج عاری از بذر علف‌های هرز و برنج قرمز

ادوات کشاورزی مورد استفاده برای آماده سازی زمین، کاشت، برداشت محصول و خرمن کوبی باید قبل از انتقال از یک مزرعه به مزرعه دیگر تمیز شوند. مرزهای، حاشیه مزارع و کانال‌های آبیاری عاری از علف‌های هرز نیز می‌توانند در کاهش مشکلات علف‌هرز کمک کنند. نیاز است کشاورزان مزارع خود را به طور منظم بررسی نمایند و در صورت وجود علف‌هرز برنج قرمز نسبت به کنترل آن اقدام نمایند. برای درک بهتر اهمیت بذور تمیز و مشکلات علف‌هرز برنج قرمز، نیاز به افزایش آگاهی در این مورد بین کشاورزان وجود دارد.

ادوات کشاورزی قبل از ورود به مزرعه باید پاک و تمیز شوند

بکارگیری روش بستر کاذب بذر[۲] و خاک‌ورزی

بانک بذر علف‌هرز برنج قرمز و علف‌های هرز دیگر را می‌توان با استفاده از روش بستر کاذب بذر کاهش داد. در این روش، پس از یک شستشوی سبک خاک و یا آبیاری، بذور برنج قرمز، بذور برنج‌های موجود در خاک، و دیگر علف‌های هرز جوانه زده و سپس با استفاده از علف‌کش‌ها

[۲] Stale seedbed practice

غیرانتخابی (گلیفوزیت و پاراکوات) و یا خاک‌ورزی از بین می‌روند (شکل ۴). استفاده از روش بستر کاذب بذر کمک می‌کند تا میزان بانک بذر و تعداد بوته علف‌هرز برنج قرمز در محصول کاهش یابد. با این حال، تأثیر این کار بستگی به میزان خواب بذر این علف‌هرز دارد، خواب بذر موجب واکنش ظهور دراز مدت علف‌هرز می‌شود. کشاورزان باید خود تصمیم بگیرند که آیا به اندازه کافی زمان برای بهره برداری از مزایای این روش(عمل بستر کاذب بذر) به خصوص در زمان کشت فشرده محصول را دارند.

روش بستر کاذب بذر به کاهش بانک بذر علف‌هرز و تراکم آن در محصول کمک می‌کند

شکل ۴. عمل بستر کاذب بذر

کشاورزان در برخی از مناطق (به عنوان مثال، هند و سریلانکا) کاه و کلش بدست آمده از محصول را می‌سوزانند (شکل ۵) و معتقدند سوزاندن یک استراتژی موثر در کاهش بذر علف‌هرز برنج قرمز موجود بر سطح خاک می‌باشد. با این حال، این عمل به طور عمده به دلیل ایجاد آلودگی هوا مطلوب نیست. علاوه بر این، نگرانی‌هایی در مورد کاهش مواد آلی خاک وجود دارد. بنابراین، سوزاندن کاه وکلش نباید در مزرعه انجام شود.

شکل ۵. سوزاندن کاه و کلش

شخم عمیق می توانید بذور علف‌هرز برنج قرمز را زیر حداکثر عمق جوانه زنی آن دفن کند

در سیستم‌های مختلف کشت مستقیم، خاک‌ورزی در شرایط خشک یا مرطوب خاک انجام می‌شود. در سیستم بذر خشک برنج، کشت در شرایط خاک خشک صورت گرفته، در حالی که، در روش بذر مرطوب برنج، کشت در شرایط مرطوب خاک صورت می‌گیرد. تأثیر آماده سازی کامل زمین برای کنترل علف‌های هرز به خوبی شناخته شده است. عملیات خاک‌ورزی مکرر ممکن است در کاهش بانک بذر و گیاهچه این علف‌هرز در مزارع برنج کمک کند. گیاهچه‌های برنج قرمز که قبل از کشت ظاهر می‌شوند، می‌توانند پس از عملیات کشت از بین بروند. عملیات مختلف خاک‌ورزی می‌تواند بذر این علف‌هرز را در عمق زیاد دفن کرده، به طوری که نتواند از آن عمق پدیدار شوند. بیشتر گیاهچه‌های این علف‌هرز از بالای سطح ۶-۸ سانتی‌متر عمق خاک پدیدار می‌شوند. این اطلاعات نشان می‌دهد که می‌توان از ظهور علف‌هرز برنج قرمز توسط شخم عمیق و بردن بذور آن به زیر عمق ۸ سانتی‌متری خاک جلوگیری کرد. با این حال در این مواقع، پس از دفن بذور، عملیات خاک‌ورزی کم عمق باید در چند فصل زراعی آینده برای جلوگیری از بازگرداندن بذور مدفون شده و زنده به سطح خاک، صورت گیرد. بذور آورده شده به سطح خاک ممکن است مزرعه را دوباره آلوده نمایند.

روشهای استقرار

در برخی از کشورها (به عنوان مثال، مالزی، ویتنام و سریلانکا)، مرطوب کردن بذر برنج قبل از کشت مدت‌ها است که انجام می‌شود. در حال حاضر، کشاورزان در این کشورها با مشکل علف‌هرز برنج قرمز روبرو هستند. در سیستم‌های پخش مستقیم بذر، تفکیک بین برنج و علف‌هرز برنج قرمز در مراحل اولیه به دلیل اینکه هر دو به طور همزمان ظاهر می‌شوند، دشوار است. تعویض و تناوب روش استقرار محصول از کشت بذر مرطوب برنج به انتقال نشاء ممکن است به کاهش آلودگی این علف هرز کمک نماید. همانطور که پیش‌تر در بالا ذکر شد ، به دلیل در دسترس نبودن کارگر و یا بالا بودن هزینه نیروی کار، تولید کنندگان ممکن است قادر به استخدام نیروی کار برای انتقال نشاء

نباشند. با این حال، آزادی عمل برای انتقال مکانیزه نشاء با استفاده از نشاکارها وجود دارد (شکل ۶). این نشاکارها در حال حاضر در بسیاری از کشورهای آسیایی، از جمله هند و مالزی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

علف‌هرز برنج قرمز را می توان با بکارگیری سیستم‌های نشا کاری کنترل کرد.

شکل ۶. نشاکاری مکانیزه

در روش نشاکاری، گیاهچه برنج در برابر گیاهچه تازه ظاهر شده علف‌هرز برنج قرمز رقابتی‌تر بوده و تشخیص آن از گیاهچه برنج کشت شده آسان است. آب موجود در زمین نشاکاری در زمان انتقال نشاء، به جوانه زنی و ظهور گیاهچه علف‌هرز برنج قرمز کمک می‌کند. کشاورزان در بسیاری از کشورها، مانند کره، مالزی، و ویتنام، موفق به کاهش آلودگی علف‌هرز برنج قرمز بوسیله نشاکاری شده‌اند. با این حال در بسیاری از کشورهای آسیایی، توسعه سیستم مکانیزه نشاکاری ضروری می‌باشد زیرا بسیاری از تولید کنندگان قادر به خرید ماشین آلات نمی‌باشند. در برخی مناطق، به عنوان مثال، در سریلانکا و ویتنام، پخش نشاء در صورت عدم وجود نشاکار مکانیزه مؤثر واقع گردید. در این روش، نشاها رشد کرده در خزانه به طور تصادفی بر روی خاک puddle (زمین گل) آب شده) پرتاب و پخش می‌شوند. آب موجود در این زمین‌ها در زمان پخش نشاء به کنترل علف‌هرز برنج قرمز کمک می‌کند. نتایج بدست آمده در مالزی، بیانگر این است که، روش پخش نشاء، در کاهش آلودگی علف‌هرز برنج قرمز بسیار مؤثر بوده است.

در برخی از مناطق به عنوان مثال، در سریلانکا و ویتنام، سعی می‌شود کشت بذر در آب به منظور سرکوب علف‌هرز برنج قرمز و بذور سایر علف‌های هرز در اثر آب گرفتگی زمین و دفن شدن بذور در خاک انجام شود(شکل ۷). در این روش، بذور برنج را قبل از جوانه زدن در آب راکد (ارتفاع آب ۱۰ تا ۵۰ سانتی‌متر) پخش می‌کنند. کشت بذر در آب با روش بذر مرطوب برنج که هیچ آب ایستایی در زمان پخش بذر وجود ندارد، متفاوت است. با این حال در حال حاضر، کشت بذر در آب به طور وسیع توسط کشاورزان انتخاب نمی‌گردد، چرا که ارقام با توانایی جوانه زنی در شرایط بی‌هوازی به طور گسترده در آسیا در دسترس نمی‌باشد.

شکل ۷. کشت بذر در آب

ارقام

در هر محصول و یا سیستم کاشت، رقابت ارقام با علف‌های هرز، باید به عنوان یک روش در استراتژی مدیریت یکپارچه علف‌هرز دخیل باشد. ارقام پا بلند در برابر علف‌های هرز معمولاً رقابتی‌تر بوده، اما دارای پتانسیل عملکرد پایین‌تری نسبت به ارقام جدید پا کوتاه هستند. با توجه به جمعیت رو به رشد جهان، فشار بیشتری بر کشاورزی آینده برای تولید بیشتر در اراضی کوچکتر خواهد بود. به همین دلیل، ارقام پا بلند نمی‌توانند به طور گسترده ای در آینده مورد استفاده قرار گیرند. در این مواقع، تولیدکنندگان مجبور به استفاده بیشتر از کود نیتروژنه بوده در حالیکه ازت بالا عامل اصلی ورس محصول شناخته شده است. به طور کلی، اطلاعات در مورد اثر رقابت ارقام برنج با علف‌هرز برنج قرمز در آسیا بسیار محدود است. در نبود چنین اطلاعاتی، استفاده از ارقام با صفات قدرت اولیه بالا و بسته شدن سریع تاج پوشش (کانوپی) ممکن است به کاهش رشد علف‌هرز برنج قرمز کمک کند. رسیدگی ارقام پا کوتاه زودتر از علف‌هرز برنج قرمز نیز ممکن است به کاهش بانک بذر این علف‌هرز کمک کند.

در صورت عدم وجود استراتژی مدیریت مؤثر برای کنترل علف‌هرز برنج قرمز، استفاده از ارقام با برگ ارغوانی (برگ تیره‌تر)، ممکن است به کاهش آلودگی و بانک بذر این علف‌هرز کمک نماید (شکل ۸). در سیستم‌های پخش بذر برنج، تشخیص گیاهچه برنج و این علف‌هرز در مراحل اولیه رشد دشوار است. استفاده از ارقام با برگ های ارغوانی (برگ تیره‌تر) در تشخیص گیاهچه‌ها از هم و حذف این علف‌هرز، می‌تواند کمک کند. سابقاً در هند، استفاده از این ارقام در حذف گیاهچه این علف‌هرز به کشاورزان کمک زیادی کرده است. با این حال، به دلیل پتانسیل عملکرد پایین آنها، در میان کشاورزان محبوب نیستند. به جای اینکه مزارع با آلودگی بالا به این علف‌هرز رها و آیش گذاشته شوند، بهتر است از چنین ارقامی در تناوب‌های کشت مستمر برنج جهت کاهش جدی بانک بذر برنج قرمز، استفاده کرد. درصورتیکه این ارقام قابل عرضه بوده و توانایی کاهش آلودگی برنج قرمز را دارند، لازم است اقداماتی در جهت اصلاح و افزایش پتانسیل تولیدی ارقام برگ ارغوانی انجام پذیرد.

استفاده از ارقام با برگ ارغوانی ممکن است به کاهش آلودگی علف‌هرز برنج قرمز و بانک بذر آن کمک کند

شکل۸. ارقام برنج ارغوانی رنگ (Purple-colored rice)

تراکم کاشت بالا و کشت ردیفی

محصول متراکم ممکن است به کنترل علف‌های هرز در برنج کمک نماید. کشاورزان در بسیاری از مناطق آسیا استفاده از میزان بذر بالا جهت کاهش اثر علف‌های هرز و استقرار مناسب محصول را برای افزایش کیفیت دانه، مد نظر قرار می‌دهند. همچنین جهت جبران خسارات ناشی از پرندگان، جوندگان، حشرات، نماتدها و حلزون مصرف میزان بذر زیاد صورت می‌گیرد. در آسیا، کشاورزان به طور عمده از میزان بذر بالا (تا ۱۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار) در محصول برنج استفاده می‌کنند، اما در سایر نقاط جهان (به عنوان مثال، آمریکا جنوبی)، میزان بذر بالا در کشت ردیفی مکانیزه برنج نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از میزان بذر بالا در مناطق آلوده به علف‌هرز قرمز به عنوان مثال در مالزی، به کاهش این مشکل کمک می‌نماید. میزان بذر بالا عملکرد برنج را در شرایط محیط عاری از علف‌هرز افزایش نمی‌دهد، اما ممکن است تا حدی به کاهش خسارت محصول ناشی از آلودگی به علف‌های هرز کمک نماید. مطالعات اخیر در فیلیپین نشان می‌دهد که افزایش تداخل محصول برنج بطور قابل ملاحظه ای می‌تواند موجب کاهش پنجه، تعداد برگ، سطح برگ و بیوماس اندام هوایی علف‌هرز برنج قرمز گردد. با این حال، همان میزان علف‌هرز برنج قرمز که باقی مانده ممکن است به اندازه کافی بذر برای آلودگی در سال زراعی آینده تولید کند. بنابراین، نیاز به ترکیب دیگر روش‌های مدیریت علف‌هرز با روش استفاده از میزان بذر بالا، وجود دارد.

استفاده از میزان بذر بالا ممکن است به کنترل رشد علف‌هرز برنج قرمز کمک نماید

در بسیاری از کشورهای آسیایی، کشت مستقیم توسط پخش بذر خشک برنج (بذر خشک برنج) و یا بذر مرطوب قبل از جوانه زدن (بذر خیس برنج) صورت می‌گیرد. با این حال در چنین روش‌های

کاشت ، تشخیص گیاهچه برنج و علف‌هرز برنج قرمز تا زمانی که به مرحله گلدهی برسند، دشوار می‌باشد. در مناطق آلوده به برنج قرمز، استفاده بیشتر از کاشت ردیفی برنج نسبت به پخش نشاء می‌تواند در تشخیص آسان این علف‌هرز در حال ظهور در بین ردیف‌ها کمک نماید (شکل ۹). در کاشت ردیفی برنج ، وجین دستی و مکانیکی بسیار آسان تر انجام می‌شود. علاوه بر این، تولید کنندگان به راحتی می‌توانند گیاهچه برنج قرمز که در زمین باقی مانده را در مراحل بعد بیرون کشیده و مانع از تولید بذر آن شوند. با توجه به در دسترس بودن بذرکار مناسب برای تراکتورهای دو یا چهار چرخ، تولید کنندگان در برخی از کشورها (به عنوان مثال، بنگلادش، هند و پاکستان) در حال حرکت به سمت سیستم‌های کشت ردیفی، بذر خشک برنج هستند.

در کاشت ردیفی محصول ، گیاهچه های برنج و برنج قرمز در حال ظهور بین ردیف‌ها را می توان به آسانی تشخیص داد و اقدام به بیرون کشیدن نمود

شکل ۹. کشت ردیفی محصول

سیستم کشت بذر مرطوب برنج در سریلانکا و کشورهای جنوب شرقی آسیا رواج دارد و در حال حاضر، کشاورزان به طور گسترده از این سیستم در پخش بذر برنج قبل از جوانه زدن استفاده می‌کنند. با این حال، بذر مرطوب برنج نیز می‌تواند بصورت کشت ردیفی با استفاده از، ماشین بذرکار درام(Drum) یا دیگر سیستم‌های کاشت مکانیزه کاشته شود. بذرکارهای درام مدت‌ها پیش در آسیا معرفی شدند؛ با این حال، پذیرش آن بین کشاورزان بدلیل در دسترس نبودن و پر هزینه بودن بسیار کم است. علاوه بر این، حرکت آن برای کشاورزان در خاک puddled (گل آب) راحت نیست.

مترجم: عکس از Google Image. کارنده Drum

گاهی اوقات، به دلیل وزن سنگین کارنده، مخزن بذر با سطح خاک تماس داشته که باعث مسدود شدن منافذ خروجی بذر در محل اتصال به خاک می‌شود. بنابراین، نیاز به بررسی انواع مختلف کارنده بذر است که بتواند توسط تراکتور دو یا چهار چرخ در خاک puddled کشیده شوند. همانطور که قبلاً ذکر شد، بسیاری از کشاورزان در آسیا دارای زمین‌های کوچک بوده و بسیاری از آنها قادر به تهیه ماشین بذرکار و یا ماشین آلات کاشت نمی‌باشند. بنابر این نیاز به تقویت نظام حمایتی وجود دارد.

غرقاب کردن

در هر روش استقرار برنج، مدیریت آب جهت مدیریت علف‌های هرز بسیار مهم است. زمان بندی مطلوب، مدت زمان و عمق آب در مدیریت علف‌های هرز و علف‌هرز برنج قرمز در سیستم‌های کشت مستقیم برنج ، بسیار حائز اهمیت است (شکل ۱۰). به عنوان مثال، غرقاب در مراحل اولیه از سایر مراحل در کنترل ظهور و رشد علف‌هرز برنج قرمز موثرتر است. به همین ترتیب، عمق آب مناسب غرقاب نیز در میزان سرکوب این علف‌هرز تعیین کننده است. عمق آب از ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر ممکن است بطور موثر قادر به کنترل جوانه زنی و سبز شدن بذور برنج قرمز به طور مؤثر شود. غرقاب نمی‌تواند اثر معنی‌داری بر ظهور و بیوماس گیاهچه برنج قرمز هنگامی که بذور آن بر روی سطح خاک قرار دارند، داشته باشد. با این حال، هنگامی که دانه‌ها موجود در خاک دفن شوند، غرقاب ممکن است سبز شدن و بیوماس را کاهش دهد. این اطلاعات بیانگر این موضوع است که غرقاب کردن می‌تواند بر ظهور و رشد بذور برنج قرمز موجود بر سطح خاک یا دفن شده در آن، اثر متفاوتی داشته باشد.

شکل ۱۰. غرقاب می‌تواند ظهور و رشد علف هرز برنج قرمز را کنترل کند

زمان بندی مناسب، مدت زمان و عمق غرقاب در مدیریت علف‌هرز برنج قرمز و علف‌های هرز دیگر در سیستم‌های کشت مستقیم برنج حیاتی هستند

در روش نشائی، غرقاب کردن را می‌توان چند روز پس از نشاء انجام داد با این حال، در سیستم‌های کشت مستقیم ، غرقاب تنها پس از پدید آمدن محصول صورت گرفته، که در آن زمان، گیاهچه برنج قرمز نیز ممکن است ظاهر شده باشد. ظهور گیاهچه برنج قرمز در مدیریت غرقاب ممکن است با مشکل مواجه شود. در حال حاضر در آسیا، ارقامی که قابلیت ظهور از خاک در حالت غرقاب را داشته باشند، موجود نیست. در دسترس بودن و استفاده از ارقام برنجی که قدرت رشد تحت شرایط بی هوازی خاک را داشته باشند می‌تواند به کنترل ظهور برنج قرمز، رشد و ظهور محصول در سیستم‌های کشت مستقیم برنج و همچنین به کاهش مصرف علف‌کش در سیستم‌های کشت مستقیم برنج کمک کند. این کار در موسسه تحقیقات بین المللی برنج (IRRI) و دیگر موسسات تحقیقاتی به منظور توسعه ارقام مناسب برای مناطق مختلف که قادر به رشد در شرایط بی‌هوازی هستند، در حال انجام است.

استفاده از ارقام برنج که قادر به جوانه‌زنی و رشد در شرایط بی هوازی خاک می‌باشند ظهور و رشد علف‌هرز برنج قرمز را در طول جوانه‌زنی و رشد محصول در سیستم‌های کشت مستقیم برنج کنترل می‌نماید

کنترل شیمیایی

جهت از بین بردن علف‌های هرز مزارع برنج مانند علف‌هرز برنج قرمز از علف‌کش‌های غیرانتخابی استفاده می‌شود. گیاهچه برنج قرمز پس از آبیاری در مزرعه ظاهر شده، و علف‌کش‌های غیرانتخابی (گلیفوزیت و پاراکوآت) جهت کنترل آن و سایر علف‌های هرز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در سیستم‌های کشت برنج علف‌کش‌های انتخابی برای کنترل این علف‌هرز وجود ندارد زیرا از لحاظ صفات آناتومیک و فیزیولوژیکی مشابه گیاه برنج زراعی بوده و هر دو گیاه متعلق به یک گونه

هستند. علف‌کش‌های قبل از کاشت (**Pre plant**) در کنترل این علف‌هرز مؤثر می‌باشند. با این حال، نیاز به اصلاح روش و زمان بندی مصرف علف‌کش‌ها وجود دارد. کشاورزان در برخی از کشورها، علف‌کش **pretilachlor** (همراه با ایمن ساز **safener**[۳]) را قبل یا بعد از عملیات شخم در زمین آب گرفته برای کاهش آلودگی برنج قرمز مصرف می‌کنند. بعد از ۲ تا ۴ روز و قبل از جوانه زدن دانه‌های برنج پخش شده، آب زمین تخلیه می‌شود. علف کش‌هایی مانند **oxadiazon** و **metolachlor** در دز بالا نیز ممکن است کنترل مؤثری از برنج قرمز را فراهم آورند. با این حال، مصرف بیش از حد این علف‌کش‌ها می‌تواند اثر سمیت (**phytotoxic**) برای گیاه برنج در حال ظهور داشته باشند. برای جلوگیری از هر گونه اثر فیتوتوکسینی (سمیت) بر روی برنج، این علف‌کش‌ها باید در حدود ۲ هفته قبل از کاشت برنج استفاده شوند. اثر فیتوتوکسینی (سمیت) در برنج را می‌توان با استفاده از میزان بذر بالا به حداقل رساند.

ارقام برنج مقاوم در برابر علف‌کش (ارقام تراریخته)

ارقام برنج مقاوم به یک علف‌کش خاص یا سایر علف‌کش‌ها، ارقامی هستند که در برابر کاربرد آنها آسیب نمی بینند. این علف کش خاص در رقم برنج مقاوم به آن تأثیر نمی‌گذارد اما علف‌هرز برنج قرمز و علف‌های هرز دیگر را از بین می‌برد. بنابراین، در شرایطی که از علف‌کش‌های انتخابی در سیستم‌های مرسوم برنج استفاده می‌گردند، استفاده از رقم برنج مقاوم در برابر علف‌کش می‌تواند یک راه حل مدیریتی مناسب جهت حل مشکلاتی از قبیل برنج قرمز و دیگر گونه‌های علف‌هرز مشکل ساز از لحاظ کنترل، را فراهم نماید. تا کنون، سه سیستم مقاومت به علف‌کش در برنج توسعه داده شده است: ارقام مقاوم در برابر **imidazolinone**، **glufosinate** و **glyphosate**. مقاومت در برابر **imidazolinone** بر اساس جهش شیمیایی صورت گرفته (غیر تراریخته) ، در حالی که مقاومت در برابر **glufosinate** و **glyphosate** در برنج تراریخته است.

برنج مقاوم در برابر علف‌کش یک شمشیر دو لبه است

دو رقم برنج مقاوم در برابر **imidazolinone** (**Clear- field** ®) در مالزی در سال ۲۰۱۰ برای کاهش آلودگی برنج قرمز اصلاح گردیدند و به زودی ممکن است در سایر کشورهای آسیایی معرفی شوند. برنج مقاوم در برابر علف‌کش یک شمشیر دو لبه است. استفاده از برنج مقاوم در برابر علف‌کش ممکن است از طریق بهبود کنترل علف‌هرز برنج قرمز و کاهش هزینه های کنترل علف‌های هرز در کوتاه مدت برای کشاورزان مفید واقع شود. مقدمه این فن‌آوری در آسیا شروع گردیده و همچنان ادامه دارد، با این حال، سوالاتی در این مورد مطرح می‌گردد از جمله، پتانسیل جریان ژن به برنج وحشی و برنج قرمز، کنترل گیاهچه‌های برنج خودرو، تأثیر بر الگوهای در حال تغییر کاربرد علف‌کش ها، خطر صدمه زدن به محصولات مجاور توسط رانش یا Drift علف کش، و

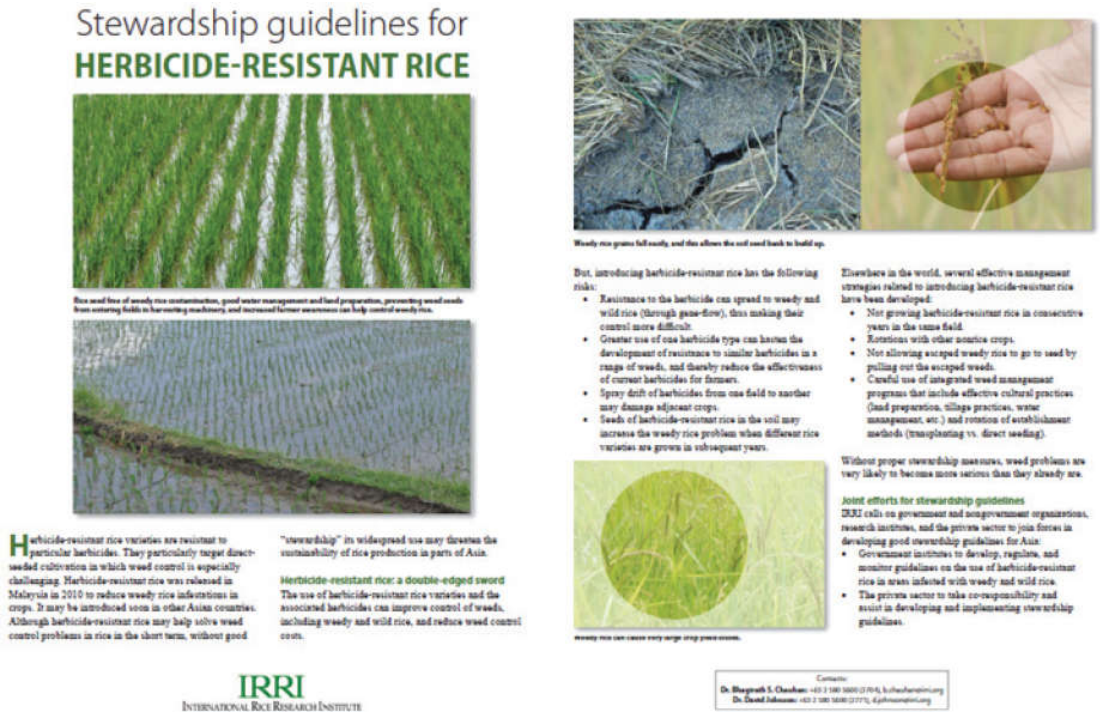
---

[۳] **Safener که به فارسی ایمن ساز گویند، مولکول‌های می‌باشند که مورد استفاده در ترکیب علف کش برای کاهش اثر آن در گیاهان زراعی، قرار می‌گیرند.**

عواقب ناشی از وابستگی رو به افزایش کشاورزان. علاوه بر این، استفاده مداوم از یک علف‌کش باعث بروز پدیده مقاومت به علف‌کش در سایر علف‌های هرز می‌شود. علاوه بر این، باقی مانده **imidazolinone** در خاک ممکن است بر ظهور محصولات غیر متحمل در تناوب تأثیر بگذارد. در کشورهایی که برنج مقاوم در برابر علف‌کش‌ها برای مدت زمان طولانی مطرح بوده، تکامل مقاومت در برنج قرمز باعث بوجود آمدن عوارض بیشتری در مدیریت آن شده است. در نتیجه، برخی از کشورها ارقام برنج مقاوم در برابر علف‌کش را به دلیل آلودگی شدید به برنج قرمز مقاوم در مزارع برنج، از رده خارج نموده‌اند.

رقم برنج مقاوم در برابر علف‌کش می‌تواند در مدیریت برنج قرمز در کوتاه مدت بسیار مؤثر باشد. با این حال، خطر شکست این روش در دراز مدت وجود دارد

در کوتاه مدت، برنج مقاوم در برابر علف‌کش ممکن است یک ابزار مؤثر برای مدیریت برنج قرمز محسوب گردد. در دراز مدت، بدون اجرای دقیق دستورالعمل‌های مدیریتی، برنج مقاوم در برابر علف کش ممکن است مشکلات بیشتری را در مدیریت علف‌هرز برنج قرمز و برنج خودرو ایجاد نماید. به عنوان مثال، رقم برنج مقاوم در برابر علف‌کش، نباید بطور متوالی در همان زمین کشت گردد و هر بوته برنج قرمز که از سمپاشی سالم مانده بلافاصله قبل از تولید بذر بیرون کشیده شود. محصول غیر برنج باید در تناوب با رقم برنج مقاوم در برابر علف‌کش قرار گیرد. در آسیا، نیاز فوری به منظور توسعه دستورالعمل‌های نظارت برای استفاده از ارقام برنج مقاوم در برابر علف‌کش وجود دارد. سازمان‌های دولتی و غیر دولتی ، موسسات تحقیقاتی و بخش خصوصی باید در کنار یکدیگر با تلاش مشترک در توسعه و اجرای دستورالعمل‌ها نظارت داشته باشند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. نمونه‌ای از دستورالعمل‌های نظارت برای کشت برنج مقاوم در برابر علف‌کش

نیاز مبرم برای توسعه دستورالعمل‌های استفاده از برنج مقاوم در برابر علف‌کش وجود دارد

تناوب زراعی

کشت مداوم برنج با شیوه‌های مدیریت مشابه باعث می‌شود علف‌هرز برنج قرمز در آن سیستم کشت غالب گردد. با این حال، کشت محصولات با شیوه‌های مختلف مدیریت می‌توانند به ایجاد اخلال در چرخه رشد این علف‌هرز کمک نمایند. بنابراین، تناوب زراعی به عنوان اقدام کنترلی مؤثر برای علف‌هرز برنج قرمز و دیگر گونه‌های علف‌هرز مشکل ساز در نظر گرفته می‌شود. در سیستم‌های کشت برنج، برنج و یا برنج برنج، یک محصول برنج می‌تواند(ترجیحاً در فصل خشک) با محصولات پا بلند مانند ذرت، سویا، کنجد، ماش، و غیره در تناوب قرار گیرد. (شکل ۱۲). در این محصولات پابلند، گیاهچه پدید آمده برنج قرمز را می توان با استفاده از علف کش های مختلف، که در محصول برنج به دلیل عدم دسترسی به علف کش های انتخابی جهت کنترل برنج قرمز نمی‌توان استفاده کرد، از بین برد. هر چند احتمال انتخاب یک تناوب زراعی نیاز به بررسی و انتخاب محصول موجود در منطقه و تخیله آب از مزارع برنج در برخی مناطق دارد، علاوه بر این، سود حاصل از محصولات غیر برنج نباید کمتر از آن بوده در غیر این صورت در تناوب قرار نمی‌گیرند.

تناوب زراعی اجازه می‌دهد تا با استفاده از شیوه‌های مختلف زراعی در چرخه رشد برنج قرمز اخلال بوجود آید

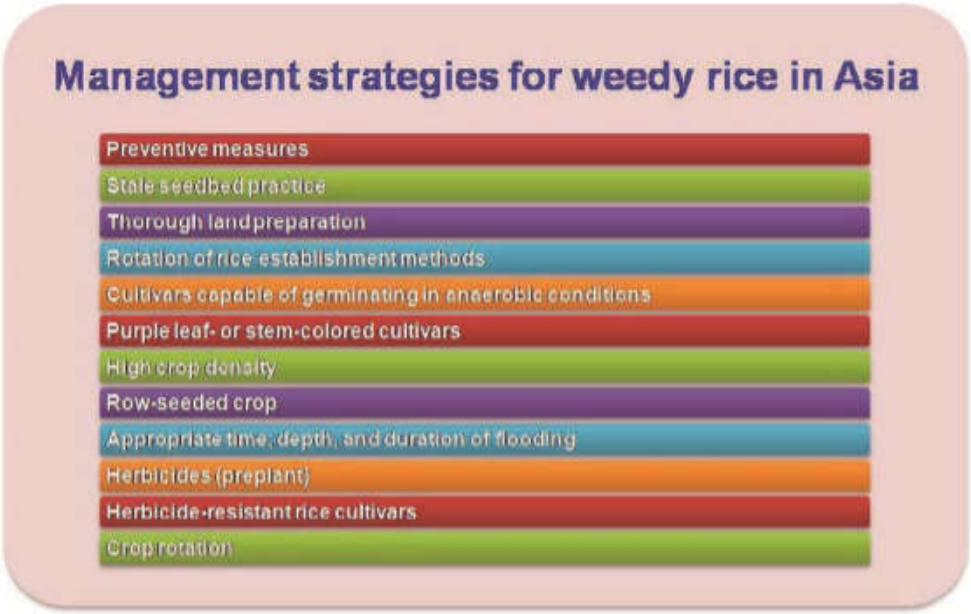
کشت یک محصول برنج در سیستم‌های کشت برنج را می‌توان با یک محصول پا بلند در تناوب قرار داد

شکل. ۱۲. تناوب برنج با ذرت و یا سویا ممکن است به کاهش مشکلات برنج قرمز کمک کند

نتیجه گیری:

در آسیا، مسئله علف‌هرز برنج قرمز مشکل در حال ظهور در سیستم‌های کشت مستقیم برنج است. این موضوع موجب افزایش هزینه‌های تولید و کاهش درآمد کشاورزان به سبب افت عملکرد و کاهش کیفیت دانه گردیده است. علف‌کش‌های انتخابی برای کنترل این علف‌هرز در سیستم کشت برنج معمولی در دسترس نیست. بنابراین مدیریت آن مشکل فزآینده‌ای برای کشاورزان است. با این حال استراتژی‌های مختلف زراعی مدیریت علف‌های هرز، ممکن است به کاهش مشکل علف‌هرز برنج قرمز کمک کند. این استراتژی ها می‌تواند شامل استفاده از اقدامات پیشگیرانه مؤثر (بذر تمیز و بهداشت ماشین آلات)، استفاده از روش بستر کاذب بذر، آماده سازی کامل زمین، تناوب روش‌های استقرار برنج، استفاده از ارقام رقابتی با علف‌هرز، ارقام برگ ارغوانی، استفاده از تراکم بالای محصول، کاشت ردیفی محصول، استفاده از زمان، عمق، مدت مناسب غرقاب، کاربرد علف‌کش های مناسب و استفاده از تناوب زراعی باشد (شکل ۱۳).

شکل ۱۳. استراتژی‌های مدیریت ممکن برای علف‌هرز برنج قرمز در آسیا



References

Abeysekara ASK, Nugaliyadde L, Herath HMS, Wick- rame UB, Iqbal YB. 2010. Weedy rice: a threat to direct seeded rice culture in Sri Lanka. Dis- sanayake N, editor. Rice Congress 2010, Gan- noruwa, Sri Lanka. Rice Research and Devel- opment Institute, Department of Agriculture.

Allard JL, Pradith W, Kotzian RK. 2005. New application technique of pretilachlor/fenclorim for weedy rice control in direct seeded wet sown rice in South East Asia. Proceedings of 20th Asian- Pacific Weed Science Society Conference.

Azmi M, Abdullah MZ. 1998. A manual for the identifi- cation and control of padi angin (weedy rice) in Malaysia. Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Serdang, Malaysia. 18 p.

Azmi M, Karim SMR. 2008. Weedy rice: biology, ecol- ogy and management. Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Kuala Lumpur, Malaysia. 56 p.

Azmi M, Muhamad H, Johnson DE. 2005a. Impact of weedy rice infestation on rice yield and influ- ence of crop establishment technique. Proceed- ings of the 20th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, Ho Chi Minh City, Viet- nam. Asian Pacific Weed Science Society.

Azmi M, Adbdullah MZ, Muhammad H. 2005b. Weedy rice (Padi angin): a real threat to rice industry and farmers. Proceedings of 4th National Seed Symposium, Putrajaya, Malaysia. Malaysian Association of Seed Technologists.

Azmi M, Abdullah MZ, Mislamah B, Baki BB. 2000. Management of weedy rice (Oryza sativa L.): the Malaysian experience. In: Baki BB et al, editors. Wild and weedy rice in rice ecosystems in Asia: a review. Limited Proceedings No. 2. Los Baños (Philippines): International Rice Re- search Institute. p 91-96.

Azmi M, Azlan S, Yim KM, George TV, Chew SE. 2012. Control of weedy rice in direct-seeded rice us- ing the Clearfield production system in Malay- sia. Pakistan J. Weed Sci. Res. 18:49-53.

Azmi M, Muhamad H, Mislamah AB, Rafee U. 2004. Manual Teknologi Kawalan Padi Angin. Ma- laysian Agricultural Research and Develop- ment Institute (MARDI), Serdang, Malaysia.

Baker JB, Sonnier EA. 1983. Red rice and its control. Weed control in rice. Manila (Philippines): In- ternational Rice Research Institute. p 327-333.

Burgos NR, Norman RJ, Gealy DR, Black H. 2006. Com- petitive N uptake between rice and weedy rice. Field Crops Res. 99:96-105.

Chauhan BS. 2012a. Weed ecology and weed manage- ment strategies for dry-seeded rice in Asia. Weed Technol. 26:1-13.

Chauhan BS. 2012b. Weedy rice (Oryza sativa). II. Response of weedy rice to seed burial and flooding depth. Weed Sci. 60:385-388.

Chauhan BS, Johnson DE. 2010a. The role of seed ecology in improving weed management strategies in the tropics. Adv. Agron. 105:221-262.

Chauhan BS, Johnson DE. 2010b. Comparative growth of weedy rice and rice in Asia. Agricultural Segment: 1 (1) AGS/1520.

Chauhan BS, Johnson DE. 2010c. Weedy rice (Oryza sativa L.). I. Grain characteristics and growth response to competition of weedy rice variants from five Asian countries. Weed Sci. 58:374-380.

Chauhan BS, Johnson DE. 2011a. Ecological studies on Echinochloa crus-galli and the implications for weed management in direct-seeded rice. Crop Prot. 30:1385-1391.

Chauhan BS, Johnson DE. 2011b. Competitive interactions between weedy rice and cultivated rice as a function of added nitrogen and the level of competition. Weed Biol. Manage. 11:202-209

Chauhan BS, Singh VP, Kumar A, Johnson DE. 2011. Relations of rice seeding rates to crop and weed growth in aerobic rice. Field Crops Res. 121:105-115.
Chauhan BS. 2013a. Strategies to manage weedy rice in Asia. Crop Prot. 48:51-56.
Chauhan BS. 2013b. Effect of shade on growth and yield of weedy rice (*Oryza sativa* L.) biotypes and a rice (*Oryza sativa* L.) cultivar from Asia. J. Crop Improve. 27:272-280.
Chauhan BS. 2013c. Effect of weedy rice variants and weedy rice density on the growth and yield of two rice cultivars in the Philippines. Can. J. Plant Prot. 1:28-34.
Chin DV. 2001. Biology and management of barnyardgrass, red sprangletop and weedy rice. Weed Biol. Manage. 1:37-41.
Chin DV, Hien TV, Thiet LV. 2000a. Weedy rice in Vietnam. In: Baki BB et al, editors. Wild and weedy rice in rice ecosystems in Asia: a review. Limited Proceedings No. 2. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. p 45-50.
Chin DV, Hach CV, Thanh NC, Tai NT. 2000b. Weedy rice situation in Vietnam. FAO Report on Global Workshop on Red Rice Control, Varadero, Cuba. 30 August-3 September 1999. Information Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
Delouche JC, Burgos NR, Gealy DR, de San Martin GZ, Labrada R, Larinde M, Rosell C. 2007. Weedy rices: origin, biology, ecology and control. FAO Plant Production and Protection Paper 188. FAO, Rome. 144 p.
Diarra A, Smith Jr RJ, Talbert RE. 1985a. Interference of red rice (*Oryza sativa*) with rice (*O. sativa*). Weed Sci. 33:644-649.
Diarra A, Smith Jr RJ, Talbert RE. 1985b. Growth and morphological characteristics of red rice (*Oryza sativa*) biotypes. Weed Sci. 33:310-314.
Eleftherohorinos IG. Dhima KV. 2002. Red rice (*Oryza sativa*) control in rice (*O. sativa*) with preemergence and postemergence herbicides. Weed Technol. 16:537-540.
Estorninos Jr LE, Gealy DR, Talbert RE, Gbur EE. 2005. Rice and red rice interference. I. Response of red rice (*Oryza sativa*) to sowing rates of tropical japonica and indica rice cultivars. Weed Sci. 53:676-682.
Estorninos LE, Gealy DR, Talbert RE. 2002. Growth response of rice (*Oryza sativa*) and red rice (*O. sativa*) in a replacement series study. Weed Technol. 16:401-406.
Ferrero A. 2001. Red rice control in rice. Cah. Options Mediterr. 28:1-8.
Ferrero A, Vidotto F. 1997. Influence of the rotation on seed bank evolution of red rice (*Oryza sativa* L. var. sylvatica). Proceedings of the International Symposium on rice quality. Quality and competitiveness of European rices. Concerted Action-EC-DG VI (AIR3-PL93-2518), Nottingham, UK.
Fischer AJ. Ramirez A. 1993. Red rice (*Oryza sativa* L.): competition studies for management decisions. Int. J. Pest Manage. 39:133-138.
Fogliatto S, Vidotto F, Ferrero A. 2010. Effects of winter flooding on weedy rice (*Oryza sativa* L.). Crop Prot. 29:1232-1240.
Gealy DR, Saldain NE, Talbert RE. 2000. Emergence of red rice (*Oryza sativa*) ecotypes under dryseeded rice (*Oryza sativa*) culture. Weed Technol. 14:406-412.
Gealy DR, Mitten DH, Rutger JN. 2003. Gene flow between red rice (*Oryza sativa*) and herbicideresistant rice (*O. sativa*): implications for weed management. Weed Technol. 17:627-645.
Goss WL, Brown E. 1939. Buried red rice seed. J. Am. Soc. Agron. 31:633-637.
Green JM. 2012. The benefits of herbicide-resistant crops. Pest Manage. Sci. 68:1323-1331.
Gressel J, Valverde BE. 2009. A strategy to provide longterm control of weedy rice while mitigating herbicide resistance transgene flow, and its potential use for other crops with related weeds. Pest Manage. Sci. 65:723-731.
Kane NC, Baack EJ. 2007. The origins of weedy rice. Mol. Ecol. doi: 10.1111/j.1365-294X.2007.03520.x.
Kaushik RP, Shekhar J, Srivastava A. 2011. Status paper on rice in Himachal Pradesh. Rice Knowledge Management Portal (www.rkmp.co.in). Directorate of Rice Research, Rajendranagar, Hyderabad. p 1-34.
Kim SY, Son Y, Park ST, Kim HY. 2000. Cultural management to control weedy rice in paddy field. Korean J. Crop Sci. 45:232-236.
Kwon SL, Smith Jr RJ, Talbert RE. 1991. Interference of red rice (*Oryza sativa*) densities in rice (*O. sativa*). Weed Sci 39:169-174.
Kwon SL, Smith Jr RJ, Talbert RE. 1992. Comparative growth and development of red rice (*Oryza sativa*) and rice. Weed Sci. 40:57-62.
Labrada R. 1997. Problems related to the development of weed management in the developing world. Expert Consultation on Weed Ecology and Management (available at www.fao.org/ag/AGP/ AGPP/IPM/Weeds/Download/auldwec.pdf). p 8-13.
Labrada R. 2007. Weedy and wild rices: their impact and management. In: Marambe B, editor. Proceedings of the 21st Asian Pacific Weed Science Society (APWSS) Conference (Plenary Papers), Colombo, Sri Lanka. University of Peradeniya and Chemical Industries Ltd., Sri Lanka.
Liebman M, Mohler CL, Staver CP. 2001. Ecological management of agricultural weeds. Cambridge University Press, Cambridge.
Luat NV. 2000. Integrated weed management and control of weeds and weedy rice in Vietnam. In: Baki BB et al, editors. Wild and weedy rice in rice ecosystems in Asia: a review. Limited Proceedings No. 2. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. p 1-3.
Mahajan G, Chauhan BS, Gill MS. 2011. Optimal nitrogen fertilization timing and rate in dry-seeded rice in northwest India. Agron. J. 103:1676-1682.
Mahajan G, Chauhan BS, Gill MS. 2013. Dry-seeded rice culture in Punjab State of India: lessons learned from farmers. Field Crops Res. 144:89-99.

Mahajan G, Chauhan BS, Timsina J, Singh PP, Singh K. 2012. Crop performance and water- and nitrogen-use efficiencies in dry-seeded rice in response to irrigation and fertilizer amounts in northwest India. Field Crops Res. 134:59-70.
Mai V, Chien HV, Van V, Thi V, Suong T, Thiet LV. 2000. Rice seed contamination in Vietnam. In: Baki BB, Chin DV, Mortimer M, editors. Wild and weedy rice in rice ecosystems in Asia: a review. Limited Proceedings No. 2. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. p 17-19.
Mortimer M, Pandey S, Piggin C. 2000. Weedy rice: approaches to ecological appraisal and implications for research priorities. In: Baki BB et al, editors. Wild and weedy rice in rice ecosystems in Asia: a review. Limited Proceedings No. 2. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. p 97-105.
Noldin JA. 2000. Red rice status and management in the Americas. In: Baki BB et al, editors. Wild and weedy rice in rice ecosystems in Asia: a review. Limited Proceedings No. 2. Los Baños (Philip16 pines): International Rice Research Institute. p 21-24.
Noldin JA, Chandler JM, McCauley GN. 1999. Red rice(*Oryza sativa*) biology. I. Characterization of red rice ecotypes Weed Technol. 13:12-18.
Olofsdotter M, Valverde BE, Madsen KH. 2000. Herbicide resistant rice (*Oryza sativa* L.): global implications for weedy rice and weed management. Ann. Appl. Biol. 137:279-295.
Ottis BV, Smith KL, Scott RC, Talbert RE. 2005. Rice yield and quality as affected by cultivar and red rice (*Oryza sativa*) density. Weed Sci. 53:499-504.
Pantone DJ, Baker JB. 1991. Weed-crop competition models and response-surface analysis of red rice competition in cultivated rice: a review. Crop Sci. 31:1105-1110.
Pyon JY, Kwon WY, Guh JO. 2000. Distribution, emergence, and control of Korean weedy rice. In: Baki BB et al, editors. Wild and weedy rice in rice ecosystems in Asia: a review. Limited Proceedings No. 2. Los Baños (Philippines). International Rice Research Institute. p 37-40.
Rao SR, Harger TR. 1981. Mefluidide-bentazon interactions on soybeans (*Glycine max*) and red rice (*Oryza sativa*). Weed Sci. 29:208-212.
Sankula S, Braverman MP, Jodari F, Linscombe SD, Oard JH. 1997. Evaluation of glufosinate on rice (*Oryza sativa*) transformed with the BAR gene and red rice (*O. sativa*). Weed Technol. 11:70-75.
Second G. 1991. Report on *Oryza officinalis* as a weed and a new genome 'A' weed which appeared last year. Report on observations made on a trip to San Jose area (Occidental Mindoro), weekend of 19-20 October 1991, International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines.
Shivrain VK, Burgos NR, Gealy DR, Moldenhauer KAK, Baquireza CJ. 2008. Maximum outcrossing rate and genetic compatibility between red rice (*Oryza sativa*) biotypes and Clearfield™ rice. Weed Sci. 56:807-813.
Shivrain VK, Burgos NR, Anders MM, Rajguru SN, Moore J, Sales MA. 2007. Gene flow between Clearfield™ rice and red rice. Crop Prot. 26:349-356.
Smith Jr RJ. 1976. Crop and herbicide systems for red rice control in rice. Proc. Southern Weed Sci. Soc. 29:164.
Smith Jr RJ. 1981. Control of red rice (*Oryza sativa*) in water-seeded rice (*O. sativa*). Weed Sci. 29:663-666.
Smith Jr RJ. 1989. Cropping and herbicide systems for red rice (*Oryza sativa*) control. Weed Technol. 3:414-419.
Suh HS. 2008. Weedy rice. National Institute of Crop Science, Rural Development Administration (RDA), Korea. 240 p.
Tewari AN. 2008. Weedy rice and its management. In: Singh Y et al, editors. Direct seeding of rice and weed management in the irrigated rice-wheat cropping system of the Indo-Gangetic Plains. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute, and Pantnagar (India): Directorate of Experiment Station, G.B. Pant University of Agriculture and Technology. p 205-211.
Thanh NC, Chin DV, Tai NT, Son TT. 1999. Study on the dormancy characteristic of five popular weedy rice varieties in the Mekong River Delta. Omonrice 7:155-157.
Tuong TP, Bouman BAM. 2003. Rice production in water-scarce environments. In: Kijne JW et al, editors. Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvements. CABI Publishing, UK. p 53-67.
Vidotto F, Ferrero A. 2000. Germination behavior of red rice (*Oryza sativa* L.) seeds in field and laboratory conditions. Agronomie 20:375-382.
Vongsaroj P. 2000. Wild and weedy rice in Thailand. In: Baki BB, et al, editors. Wild and weedy rice in rice ecosystems in Asia: a review. Limited Proceedings No. 2. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. p 55-58.
Wahab AH, Suhaimi O. 1991. *Padi angin* characteristics, adverse effects and methods of its eradication [in Malay with English abstract]. Teknol Padi7:21-31.
Watanabe H. 1995. Weedy rice problems in Southeast Asia and control strategy. Proceedings of the15th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, Tokyo. Asian Pacific Weed Science Society.
Watanabe H, Vaughan DA, Tomooka N. 1998. Weedy rice complexes: case study from Malaysia, Vietnam and Suriname. International Symposium on Wild and Weedy Rices in Agroecosystems, Ho Chi Minh City, Vietnam.
Watanabe H, Vaughan DA, Tomooka N. 2000. Weedy rice complexes: case studies from Malaysia, Vietnam, and Surinam. In: Baki BB et al, editors. Wild and weedy rice in rice ecosystems in Asia: a review. Limited Proceedings No. 2. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. p 25-34.
Wells BR, Faw WF. 1978. Short-statured rice response to seeding and N rates. Agron. J. 70:477-480.
Zhao D. 2006. Weed competitiveness and yielding ability of aerobic rice genotypes. PhD thesis, Wageningen University, The Netherlands.
Ziska LH, Tomecek MB, Gealy DR. 2010. Competitive interactions between cultivated and red rice as a function of recent and projected increases in atmospheric carbon dioxide. Agron. J. 102:118-123.