



سازمان حفظ نباتات کشور

برنج هرز (برنج قرمز) در کشت مستقیم برنج در بستر مرطوب



نگارندگان

سمیه نکاسی^۱ و افشین ولایی^۲

۱۴۰۱

^۱ عضو عتبت علمی بخت تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

^۲ رئیس گروه پیش آگاهی و شبکه‌های مراقبت دفتر پیش آگاهی و کنترل عوامل خسارت‌زا، سازمان حفظ نباتات

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار.....	۱
معرفی برنج هرز.....	۳
روش‌های کنترل برنج هرز.....	۶
پیشگیری.....	۸
بستر بذر کاذب.....	۹
سوزاندن بقایای برنج در زمین پس از برداشت.....	۱۱
خاک‌ورزی.....	۱۱
تغییر روش کشت.....	۱۲
انتخاب رقم برنج.....	۱۴
تراکم کشت.....	۱۵
کشت ردیفی.....	۱۵
مدیریت آب.....	۱۷
کشت در آب.....	۱۷
غرقاب زمستانه.....	۱۸
تناوب گیاهی.....	۲۰
کنترل شیمیایی.....	۲۰
بیوتکنولوژی.....	۲۴
مدیریت تلفیقی.....	۲۵
نتیجه‌گیری نهایی.....	۲۶
فهرست منابع.....	۲۷

پیشگفتار

برنج منبع اصلی غذای بیشتر از نصف مردم جهان است. این گیاه تقریباً در ۱۵۳ میلیون هکتار در کل دنیا کشت می‌شود که حدود ۹۰ درصد آن در آسیا می‌باشد (Arya and Ameena, 2015). روش سنتی کشت برنج در آسیا، نشاکاری دستی در خاک پادل شده است. در سال‌های اخیر به دلیل مشکل کمبود نیروی کارگری و آب به‌ویژه در آسیا و افزایش هزینه‌های کارگری، کشاورزان به کشت مستقیم برنج (DSR)^۳ روی آورده‌اند (Mahajan *et al.*, 2013; Chauhan, 2013a, c). Tuong and Bouman (2003) پیش‌بینی کرده‌اند که تا سال ۲۰۲۵ مناطق زیر کشت برنج به‌طور معنی‌داری با کمبود نیروی کارگری و آب مواجه خواهند شد. در کشت نشایی برنج، هزینه‌های کارگری درصد بالایی از هزینه‌های کشت برنج را در بر می‌گیرند، از مزایای کشت مستقیم برنج کاهش هزینه‌های کارگری به‌میزان زیاد، سرعت بخشیدن به عملیات کشت، ساده‌تر انجام شدن عملیات کشت، نیاز به آب کمتر، رسیدگی زودتر بذر برنج (حدود ۱۰ روز زودتر) و همچنین عملکرد بالاتر نسبت به روش نشایی می‌باشد (Farooq *et al.*, 2011). Chauhan *et al.* (2015) بیان کردند که روش کشت مستقیم بذر که به منظور مدیریت کمبود نیروی کارگری اجرا می‌شود، پتانسیل کاهش مصرف آب را نیز نسبت به روش کشت آبی دارا می‌باشد. بر اساس گزارش سال ۲۰۰۹، کشت برنج در کشورهای مالزی، چین، فیلیپین و هند به‌ترتیب در ۷۱، ۹، ۴۰ و ۷۰ درصد از زمین‌های تحت کشت برنج به صورت کشت مستقیم بذر بوده است (Gressel and Valverde, 2009).

روش کشت مستقیم بذر در بستر مرطوب شامل خیس کردن بذر برنج در آب تمیز به مدت ۲۴ ساعت و پس از آن نگهداری بذور به مدت ۲۴ تا ۳۶ ساعت می‌باشد، سپس بذور پیش‌جوانه‌زده روی خاک آبیاری شده و پادل شده به صورت سراسری پخش می‌شوند و بعد از چند روز زمین آبیاری می‌شود (آب‌گیری کردن زمین در این سیستم ضرورت ندارد). با وجود مزایای زیادی که کشت مستقیم برنج دارد، این روش دارای مشکلاتی نیز می‌باشد. محدودیت‌های کشت مستقیم بذر شامل نیاز به بذر بیشتر برنج، آلودگی بیشتر علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها بیان شده است (Chauhan and Johnson, 2010; Chauhan *et al.*, 2015). در این سیستم، علف‌های هرز دارای فلور متنوع‌تر و فراوانی بیشتر در مقایسه با سیستم کشت نشایی برنج می‌باشند (Chauhan, 2013a and c). بر اساس گزارش‌های مختلف در سیستم کشت مستقیم بذر، مشکل علف‌های هرز سوروف (Marambe and Amarasinghe, 2002)، اویارسلام (Marambe, 2006) و برنج‌هرز (Marambe and Amarasinghe, 2000; Marambe, 2005) بیشتر می‌باشد. Labrada (2003) و Chauhan (2013b) دو علف‌هرز مهم و مشکل‌ساز کشت مستقیم برنج را سوروف و برنج‌هرز گزارش کردند. Varshney and Tiwari (2008) نیز گزارش کردند که برنج‌هرز مشکل‌سازترین علف‌هرز قرن ۲۱ است که به طور جدی عملکرد

³ Direct seeded rice

برنج را تحت تأثیر قرار می‌دهد، آنها علت بروز مشکل برنج هرز را در کشت برنج به تغییر سیستم کشت از نشایی به مستقیم بیان کردند. Delouche *et al.* (2007) نیز بیان کرد که گسترش آلودگی برنج‌هرز در جنوب شرق آسیا به دلیل توسعه سیستم کشت مستقیم بذر می‌باشد.

در ایالات متحده آمریکا، برنج‌هرز سال‌هاست که به‌عنوان یک مشکل بزرگ در سیستم کشت مستقیم برنج مطرح است. اولین بار در ایالات متحده آمریکا در سال ۱۸۴۶ مشکل برنج‌هرز در کشت برنج گزارش شد (Londo and Schaal, 2007). در آسیا نیز در مالزی از سال ۱۹۸۸، در فیلیپین از سال ۱۹۹۰، در ویتنام از سال ۱۹۹۴، در هند از سال ۱۹۹۴ مشکل برنج‌هرز مطرح شد. امروزه در کشورهای ویتنام، تایلند، هند، مالزی، سریلانکا، کره و فیلیپین مزارع برنج به‌میزان زیادی آلوده به برنج‌هرز می‌باشند (Delouche *et al.*, 2007; Mortimer *et al.*, 2000). در سریلانکا نیز گزارش شده است که برنج‌هرز یکی از مهمترین علف‌های هرز در دسرساز است که به سختی مدیریت می‌شود (Marambe, 2009). امروزه برنج‌هرز در بیش از ۵۰ کشور در آفریقا، آسیا و آمریکای لاتین حضور دارد (Arya and Aameena, 2015).

در مقایسه بین میزان خسارت سوروف و برنج‌هرز بیان شده است که ۵ تا ۱۰ بوته سوروف در متر مربع، آستانه خسارت برای پیشگیری از کاهش عملکرد برنج است، در صورتی‌که این آستانه خسارت برای برنج‌هرز، ۱ تا ۳ بوته در مترمربع می‌باشد (Smith, 1988) که بیان‌کننده تهاجمی‌تر بودن برنج‌هرز نسبت به سایر علف‌های هرز از جمله سوروف می‌باشد (Chauhan, 2013a and c). میزان کاهش عملکرد برنج به میزان آلودگی مزرعه به برنج‌هرز بستگی دارد، در آلودگی متوسط (۲۰-۱۵ پانیکول برنج‌هرز در مترمربع) ۵۰-۶۰ درصد کاهش عملکرد برنج، در آلودگی بالا (۳۰-۲۱ پانیکول برنج‌هرز در مترمربع)، ۸۰-۷۰ درصد کاهش عملکرد و در آلودگی سنگین احتمال از دست رفتن کل محصول وجود دارد. در آسیا کاهش عملکرد برنج ناشی از آلودگی برنج‌هرز، ۱۶ تا ۷۴ درصد گزارش شده است (Azmi *et al.*, 1994; Chin, 2001). در گزارش دیگری بیان شده است که تراکم ۴۰ بوته برنج‌هرز در مترمربع موجب ۴۶ و ۵۸ درصد کاهش عملکرد به ترتیب در دو رقم برنج شد (Eleftherohorinos *et al.*, 2002). Marambe and Eleftherohorinos (2000) بیان کردند که کاهش عملکرد برنج ناشی از برنج‌هرز بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد می‌باشد. Eleftherohorinos *et al.*, 2002 نیز بیان کرد که تراکم ۴۰ بوته برنج‌هرز در مترمربع موجب ۵۸-۴۶ درصد کاهش عملکرد در ارقام مختلف برنج می‌شود. با آلوده شدن مزارع به برنج‌هرز، هزینه‌های تولید افزایش، عملکرد برنج کاهش چشمگیری می‌یابد، به‌علاوه به دلیل اختلاط دانه برنج زراعی با برنج‌هرز، ارزش بازارپسندی برنج برداشت‌شده به‌میزان زیادی کاهش می‌یابد (Chauhan, 2013a and c).

معرفی برنج هرز

برنج هرز^۴ به نام برنج قرمز^۵ نیز شناخته می‌شود، گیاهی یک‌ساله است. Arrieta-Espinoza *et al.* (2005) گزارش کردند بیشتر نژادهای برنج هرز دارای بذر قرمز می‌باشند (شکل ۱)، ولی به میزان کمتر نژادهایی نیز هستند که دارای بذر با پریکارپ به رنگ سفید می‌باشند.

برنج زراعی و برنج هرز از یک جنس و گونه ولی از شکل‌های^۶ مختلف هستند، در مورد منشأ برنج هرز چند نظریه وجود دارد (Kane and Baack, 2007): ۱- برنج هرز ممکن است از برنج وحشی به‌دست آمده باشد، ۲- برنج هرز ممکن است از بذور برنج اهلی مشتق شده و صفات علف‌هرز را تکامل بخشیده است؛ یا ۳- برنج هرز هیبرید بین برنج زراعی و برنج وحشی باشد. برنج هرز بومی آسیا است (Londo *et al.*, 2006) ولی اولین بار در کارولینای شمالی، ایالات متحده آمریکا در سال ۱۸۴۶ ثبت شد. یک قرن بعد به‌عنوان یک علف‌هرز مشکل‌ساز و جدی در آرکانزاس، ایالات متحده آمریکا شناخته شد (Smith, 1981). امروزه برنج هرز به‌طور گسترده در مناطق تحت کشت برنج در سراسر دنیا به‌خصوص در کشت مستقیم برنج در جنوب و جنوب شرق آسیا، آمریکای جنوبی و شمالی و اروپای جنوبی ایجاد مشکل می‌کند (Cao *et al.*, 2006; 2007; Vinod *et al.*, 2010) و یکی از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین علف‌های هرز در کشت برنج در دنیا می‌باشد (Shivrain *et al.*, 2010).

⁴ weedy rice

⁵ red rice

⁶ form



شکل ۱. برنج هرز

(منبع عکس‌ها: Lei *et al.*, 2020 و Chauhan, 2013a)

تداخل بین برنج زراعی و برنج‌هرز از سه هفته پس از سبز شدن برنج شروع می‌شود (Arya and Ameena, 2015). دوره بحرانی کنترل^۷ برنج‌هرز در کشت مستقیم برنج با احتساب ۵ درصد کاهش عملکرد، بین روزهای ۱۶ تا ۵۳ روز پس از کشت برنج می‌باشد (Azmi *et al.*, 2007) ولی به دلیل وجود شباهت بسیار زیاد برنج قرمز با برنج زراعی شناسایی برنج‌هرز در دوره بحرانی کنترل علف‌هرز امکان‌پذیر نیست، از طرفی نیز امکان کنترل شیمیایی برنج‌هرز با علف‌کش‌های پس‌رویشی انتخابی برنج نیز میسر نمی‌باشد (Arya and Ameena, 2015).

⁷ Critical period

برنج‌هرز با رقابت بر سر مواد غذایی، آب و نور موجب کاهش عملکرد و کیفیت دانه برنج می‌شود، به‌دلیل آشیان بوم‌شناختی^۸ مشابه برنج و برنج‌هرز، این دو گیاه از منابع مشترک در زمان یا فضا استفاده می‌کنند و همچنین به‌دلیل خصوصياتی مانند رشد اولیه قوی‌تر، تعداد پنجه و ارتفاع بیشتر، برنج‌هرز در رقابت نسبت به برنج زراعی موفق‌تر عمل می‌کند و به‌طور معنی‌داری عملکرد برنج زراعی را کاهش می‌دهد (Streck *et al.*, 2008). بوته‌های بلند برنج‌هرز بر روی برنج کشت‌شده سایه‌اندازی می‌کنند یا می‌خوابند و برداشت محصول را بسیار مشکل می‌سازند (Shivrain *et al.*, 2009; Chung and Park, 2010). ارزش بازاریپسندی برنج به‌دلیل مخلوط شدن دانه‌های قرمز برنج‌هرز با برنج زراعی کاهش می‌یابد (Benvenuti *et al.*, 2004) (شکل ۱) و در آلودگی‌های سنگین برنج‌هرز در مزرعه، کل محصول از بین می‌رود (Azmi *et al.*, 2000). نتایج یک بررسی نشان داد که برنج‌هرز ۶۰ درصد کود نیتروژن به‌کاربرده شده در مزرعه برنج را جذب کرد و کارایی مصرف بالاتری در تولید زیست‌توده نسبت به برنج زراعی داشت (Burgos *et al.*, 2006). نتایج بررسی‌های مختلف دیگر در آسیا و ایالات متحده آمریکا نشان داد که برنج‌هرز راندمان بالاتری در مصرف نیتروژن در تولید زیست‌توده نسبت به برنج زراعی دارد (Chauhan, 2013a and b). Ziska *et al.* (2010) بیان کردند که برنج‌هرز به افزایش دی‌اکسیدکربن نسبت به برنج زراعی بهتر پاسخ می‌دهد و توانایی رقابتی بیشتری دارد. آنها بیان کردند که با افزایش سطح دی‌اکسیدکربن در آینده به‌دلیل تغییرات آب و هوایی، مشکل برنج‌هرز به‌مراتب بیشتر خواهد شد. برنج‌هرز در مقایسه با برنج زراعی مقاومت بیشتری در برابر شرایط نامطلوب از جمله خشکی دارد. به‌دلیل قدرت رقابتی بالا این گیاه یک مشکل جدی برای کشت برنج در سراسر دنیا است (Chauhan *et al.*, 2015; Noldin *et al.*, 2006; Saha *et al.*, 2014). سبز شدن بذر برنج‌هرز سریع‌تر از برنج زراعی است، گیاهچه برنج‌هرز نسبت به برنج کشت‌شده سریع‌تر رشد می‌کند، سیستم ریشه‌ای قوی‌تری تشکیل می‌دهد، تعداد پنجه، پانیکول و زیست‌توده بیشتری تولید می‌کند، ارتفاع بلندتری دارد، بنابراین نسبت به برنج کشت‌شده برای جذب مواد غذایی، نور، آب و دیگر منابع رشدی در رقابت موفق‌تر است. همچنین مستعدتر برای خوابیدگی است و کاه بیشتری تولید می‌کند (Delouche *et al.*, 2007; Singh *et al.*, 2013). برنج‌هرز دارای ارتفاع ۱۴۵-۱۳۰ سانتی‌متر است، در صورتی که ارتفاع بلندترین ارقام برنج زراعی ۱۱۰-۹۰ سانتی‌متر است (Arya and Ameena, 2015) (شکل ۲).

^۸ نیچ اکولوژیکی



شکل ۲. تفاوت شکل ظاهری برنج هرز و برنج زراعی (Yang, 2019)

برنج‌هرز دارای ویژگی رسیدگی زودتر بذر نسبت به برنج زراعی، ریزش زودتر و زیادتر بذور است، بذور برنج هرز با تکان کوچکی از پانیکول جدا شده و می‌ریزند (شکل ۳)، همچنین بذور برنج‌هرز دارای خواب و ماندگاری بالایی در خاک می‌باشند (Ferrero, 2003). ریزش زود و زیاد بذور برنج هرز یکی از عوامل اصلی مشکل‌ساز بودن این علف‌هرز بیان شده است که موجب انتشار گسترده و افزایش زنده‌مانی بذور می‌گردد. رفتار ریزش بذور در بیوتیپ‌های مختلف برنج‌هرز بین چند روز تا چند هفته بیان شده است (Azmi and Karim, 2008). نتایج مطالعه‌ای در ویتنام نشان داد که زمان و درصد ریزش بذور برنج‌هرز با هم همبستگی ندارد و ریزش بذور از ۲۰ تا ۹۵ درصد در فصول و بیوتیپ‌های مختلف متفاوت است (Chin et al., 2000). Jose et al. (2013) نیز گزارش کردند بذور یک پانیکول برنج‌هرز دارای خواب متفاوت از دو ماه تا یک سال یا بیشتر می‌باشند، آنها بیان کردند که بذور برنج‌هرز در شرایط غرقاب به حالت خواب باقی می‌مانند و قادرند تحت شرایط مرطوب حتی از عمق ۴ سانتی‌متر خاک جوانه بزنند. همچنین خواب اکوتیپ‌ها و شرایط مختلف ذخیره بذر برنج‌هرز نیز متفاوت است و بین چندماه تا چندسال می‌باشد (Suh, 2008). Leopold et al. (1998) بیان کردند که از بین رفتن خواب در بذور برنج‌هرز در رطوبت ۱۴-۶ درصد سریع و در رطوبت ۵٪ و ۱۸٪ خیلی کم است. Noldin et al. (2006) بیان کردند که میزان زنده‌مانی (طول عمر) بذور برنج‌هرز با افزایش عمق دفن شدن بذور در خاک افزایش می‌یابد. بنابراین با افزایش عمق شخم، ماندگاری بذور برنج‌هرز در خاک افزایش می‌یابد (Singh et al., 2013).



شکل ۳. ریزش سریع بذور برنج‌هرز (شکل سمت راست) و بذور ریزش یافته برنج‌هرز بر روی سطح زمین (شکل سمت چپ)

(منبع: Fogliatto *et al.*, 2020)

Baltazar and Janiya (2000) گزارش کردند که غالب بذور برنج‌هرز قبل از برداشت برنج زراعی ریزش می‌کنند و با پر شدن بانک بذر خاک با بذر برنج‌هرز، عملکرد برنج در زمین به مرور کمتر می‌شود.

میزان خواب بذور برنج‌هرز در بیوتیپ‌های مختلف متفاوت است (Ferrero, 2003)، ماندگاری بذور در خاک تا ۱۲ سال گزارش شده است (Diarra *et al.*, 1985). همچنین ارتفاع گیاه، پنجه‌زنی، میزان تولید برگ در بیوتیپ‌های مختلف برنج‌هرز متفاوت می‌باشد. در فیلیپین، در مقایسه دو بیوتیپ برنج‌هرز مشاهده شد که یکی از بیوتیپ‌های برنج هرز عملکرد دانه برنج زراعی را بیشتر از دیگری کاهش داد. میزان ریزش بذور برنج‌هرز نیز در بیوتیپ‌های مختلف، متفاوت است (Chauhan, 2013b).

برنج‌هرز گیاهی یک‌ساله است و زنده‌مانی گیاه به بذر وابسته است، ریزش زودهنگام بذور این امر را میسر می‌سازد. بخشی از بذور گیاه برنج‌هرز قبل از برداشت برنج زراعی و بخشی حین برداشت محصول برنج بر روی سطح زمین می‌ریزند و این پدیده به پایداری و گسترش بیشتر برنج‌هرز کمک می‌کند. زنده‌مانی بذور برنج‌هرز در خاک نیز طولانی‌تر از بذر برنج زراعی است. یکی دیگر از دلایلی که کنترل برنج هرز را بسیار دشوار می‌سازد این است که جوانه‌زنی بذور برنج‌هرز در یک دوره طولانی در طول دوره رشد برنج زراعی صورت می‌گیرد (Fogliatto *et al.*, 2010).

به‌طور کلی می‌توان گفت که شباهت ظاهری و فیزیولوژیکی برنج‌هرز با برنج، سازگاری برنج هرز با سیستم کشت مستقیم، عدم آب ایستاده در زمان سبز شدن محصول باعث شده است که برنج‌هرز به یک مشکل جدی در کشت مستقیم برنج تبدیل شود (Azmi and Karim, 2008; Chauhan and Johnson, 2010; Chauhan 2012 a and b).

روش‌های کنترل برنج هرز

تنوع مورفولوژیکی زیاد، رفتار رشدی مشابه و قرابت بیولوژیکی بالای برنج‌هرز با برنج زراعی، کنترل برنج‌هرز را پیچیده و دشوار می‌سازد (Song *et al.*, 2014; Sudianto *et al.*, 2016, Mispan *et al.*, 2015). saha *et al.* (2014) بیان کردند که کنترل برنج‌هرز

بسیار هزینه‌بر و زمان‌بر است و اغلب منجر به ریشه‌کنی کامل آلودگی برنج‌هرز نمی‌شود. یک کاربرد روش کنترل نیز به‌تنهایی نمی‌تواند به‌طور مؤثر برنج‌هرز را کنترل کند، با کاربرد روش‌های مختلف شامل پیشگیری، زراعی، مکانیکی، شیمیایی و ژنتیکی می‌توان میزان کنترل برنج‌هرز را افزایش داد.

Chauhan (2013) نیز بیان کرد به‌دلیل وجود شباهت‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی بین برنج‌هرز و برنج زراعی، انتخاب علف-کش انتخابی برای کنترل برنج‌هرز امکان‌پذیر نمی‌باشد، بنابراین مدیریت برنج‌هرز یک چالش و مشکل بزرگ برای کشاورزان برنج-کار در آسیا می‌باشد. در غیاب علف‌کش انتخابی، روش‌های مدیریت زراعی می‌توانند کمک‌کننده باشند و مشکلات برنج‌هرز را کاهش دهند. برای کنترل مؤثر برنج‌هرز در سیستم کشت مستقیم بذر نیاز به اجرای مدیریت تلفیقی و به‌کارگیری روش‌های مختلف پیشگیری، زراعی، شیمیایی، مکانیکی و بیوتکنولوژی می‌باشد (Chauhan, 2013a and c).

در مالزی از تلفیق روش‌های سوزاندن کاه و کاش برنج، خاک‌ورزی کم‌عمق، کاربرد علف‌کش‌های پیش‌رویشی، خاک‌ورزی چندگانه (خشک و تر)، کشت بذور جوانه‌دار شده برنج زراعی، غرقاب، وجین‌دستی، بریدن خوشه‌های برنج‌هرز برای مدیریت برنج‌هرز استفاده می‌شود (Azmi and Abdullah, 1998; Azmi *et al.*, 2000; Azmi and Karim, 2008).

Delouche *et al.* (2007) و Ferrero (2003) بیان کردند به‌دلیل تنوع فنوتیپی و اکولوژیکی بالایی که در برنج‌هرز وجود دارد، کنترل آن را به مراتب پیچیده و دشوار ساخته است و به‌کارگیری یک روش کنترل به‌تنهایی نمی‌تواند برنج‌هرز را به‌طور مؤثری کنترل کند، بنابراین پیشنهاد کردند که از تلفیق روش‌های پیشگیری، زراعی و شیمیایی برای فائق آمدن بر مشکل برنج‌هرز بایستی بهره گرفته شود (جدول ۱).

جدول ۱. استراتژی‌ها و روش‌های مختلف کنترل برنج‌هرز	
استراتژی کنترل	روش کنترل
پیشگیری	بذر گواهی شده
	تمیز کردن ماشین آلات
	بازرسی میدانی
زراعی	شخم (حداقل شخم)
	آیش
	سوزاندن بقایا و کاه
	بستر بذر کاذب
	کشت بذر در آب
	مدیریت آب
	رقم برنج
	وجین دستی
	نشاکاری
	تناوب گیاهی
مکانیکی	قبل از کشت برنج

بعد از کشت برنج	
شیمیایی	کاربرد علفکش پیش از کاشت
	کاربرد علفکش پس از کاشت
ژنتیکی	بیوتکنولوژی و کاربرد ارقام برنج مقاوم به علفکش
منبع: Ferrero, 2003	

پیشگیری

پیشگیری مهم‌ترین مرحله مدیریت علف‌های هرز به‌ویژه برنج‌هرز می‌باشد و لازم است که حتماً برای کاهش آلودگی برنج‌هرز در مزارع تحت کشت مستقیم بذر اجرا شود. گسترش آلودگی برنج‌هرز خیلی سریع از مناطق آلوده به غیرآلوده اتفاق می‌افتد. بنابراین آگاهی‌دادن به کشاورزان از منابع انتشار آلودگی می‌تواند به پیشگیری از گسترش آلودگی به مناطق غیرآلوده کمک نماید (Arya and Ameena, 2015). روش‌های پیشگیری شامل:

۱- کاربرد بذر پاک و عاری از بذر برنج‌هرز

اولین و مهم‌ترین مرحله در کاهش آلودگی برنج‌هرز کاربرد بذر گواهی‌شده یا پاک از منبع مشخص و شناخته‌شده که عاری از بذر برنج‌هرز باشد، است. در بسیاری از کشورها، بذر برنج‌هرز از مناطق آلوده به مناطق غیرآلوده از طریق توزیع بذر برنج آلوده به کشاورزان انتقال می‌یابد. کاربرد بذر برنج ذخیره شده توسط کشاورزان در مناطق آلوده عامل بزرگ گسترش برنج‌هرز به مناطق جدید است. حضور درصد بسیار کمی از بذر برنج‌هرز در بذر برنج زراعی، امکان آلودگی سنگین را پس از چند فصل رشد فراهم می‌کند. بنابراین کاربرد بذر پاک، باکیفیت و گواهی‌شده برنج زراعی بهترین روش برای پیشگیری از ورود یا انتشار برنج‌هرز به مناطق جدید است (Chauhan, 2013a and c; saha *et al.*, 2014; Kadir and Kamariah, 2003). گسترش برنج‌هرز در چین طی ۳۰ سال گذشته ناشی از کاربرد بذر برنج ذخیره‌شده کشاورزان برای کشت بیان شد که حاوی بذر برنج‌هرز بودند (Saha *et al.*, 2014). بذور گواهی‌شده تولیدی از سیستم کشت مستقیم نیز ممکن است حاوی بذر برنج‌هرز باشند، بر اساس نمونه‌گیری از ۱۰ تولیدکننده بذر در تولید بذر گواهی‌شده برنج از کشت مستقیم حدود ۰/۴۳ تا ۳/۰۵ پانیکول در مترمربع برنج‌هرز یافت شد (Azmi *et al.*, 2005a).

۲- آگاهی دادن به کشاورزان درباره خطرات آلودگی مزارع به برنج‌هرز

به منظور درک بهتر اهمیت روش پیشگیری به‌عنوان یک روش مهم کنترل و کاهش مشکلات ناشی از برنج‌هرز، افزایش آگاهی کشاورزان و تولیدکنندگان بذر نسبت به مضرات و مشکلات ناشی از برنج‌هرز ضروری می‌باشد (Chauhan, 2007; Delouche et al., 2013a and c). در مناطق آلوده لازم است که کشاورزان مزارع را به‌طور منظم بازدید نمایند و بوته‌های برنج‌هرز را در صورت مشاهده از زمین خارج کنند. بوته‌های برنج‌هرز معمولاً بلندتر از برنج زراعی می‌باشند، پس می‌توان خوشه‌های برنج‌هرز را با دست در مرحله گلدهی حذف نمود که اگر چه کار بسیار دشواری است ولی به کاهش بانک بذر برنج‌هرز در خاک کمک زیادی می‌کند (Baki, 2010; Baki and Shakirin, 2010). گاهی نیز گزارش می‌شود که سختی کار و هزینه بالای کارگری موجب می‌شود زارعین مزارع آلوده به برنج‌هرز را رها کنند (Kadir and Kamariah, 2003; Mispan et al., 2015).

مرزهای بین مزارع و کانال‌های آبیاری نیز باید عاری از علف‌های‌هرز نگه داشته شوند تا به کاهش مشکلات ناشی از علف‌های‌هرز کمک شود. انتشار آلودگی برنج‌هرز از یک مزرعه به مزرعه دیگر به‌راحتی از طریق کانال‌های آبیاری یا آب آبیاری انجام می‌گیرد (Arya and Ameena, 2015). در برخی مناطق مانند سریلانکا، کشاورزان بوته‌های برنج‌هرز را از ریشه در می‌آورند ولی به دلیل عدم آگاهی، گاهی این گیاهان را در کانال‌های آبیاری و جوی‌های آب می‌ریزند و ناخواسته بذر برنج‌هرز را به سایر مزارع انتشار می‌دهند.

نکته دیگری که باید به آن دقت کرد این است که به مناطق مجاور مناطق آلوده به برنج‌هرز باید هشدار داده شود تا از شروع آلودگی در آنها پرهیز گردد. یک راه پیشگیری از انتشار برنج‌هرز از مزارع آلوده به مزارع غیرآلوده، تمیز کردن ادوات و ماشین‌آلات آماده‌سازی زمین، کاشت، برداشت و خرمن‌کوبی قبل از ورود به زمین‌های غیرآلوده است (Saha et al., 2014).

بستر بذر کاذب

برنج‌هرز و برنج زراعی متعلق به یک گونه می‌باشند و دارای شباهت‌های آناتومیکی و فیزیولوژیکی زیادی هستند، بنابراین کنترل برنج‌هرز با کاربرد علف‌کش‌های پس‌رویشی انتخابی^۹ برنج بسیار مشکل است. گزارش‌های متعددی وجود دارند که می‌توان برنج‌هرز را به‌طور مؤثری در مرحله قبل از کشت برنج کنترل نمود (Azmi and Karim, 2008; Chauhan, 2013a and c). عملیات خاک‌ورزی متناوب طی آماده‌سازی زمین و عملیات مدیریت پیش از کاشت در سیستم‌های کشت به‌خصوص سیستم کشت مستقیم بذر یکی از روش‌های کاهش بانک بذر برنج‌هرز می‌باشد (Azmi et al., 2000; Chauhan, 2013a and c). یک تکنیک

^۹post emergence

موفق کنترل برنج هرز، کاربرد بستر بذر کاذب¹⁰ (SSB) و به دنبال آن کاربرد علف کش می باشد. تکنیک بستر بذر کاذب برای کاهش آلودگی برنج هرز توسط Delouche et al., 2007 و Saha et al., 2014 نیز پیشنهاد شده است تا بانک بذر برنج هرز و سایر علف های هرز در خاک کاهش یابد. Arya and Ammenda (2015) بیان کردند که روش بستر بذر کاذب مؤثرترین روش زراعی کنترل برنج هرز است. اگر کشاورزان فرصت کافی برای انجام روش بستر بذر کاذب را داشته باشند، این روش بسیار مفید و قابل توصیه می باشد.

در روش بستر بذر کاذب، مزرعه آبیاری یا شخم سبک زده می شود و به مدت ۱۵-۱۲ روز به صورت غیرکشت گذاشته می شود و اجازه داده می شود آب در زمین نفوذ کند و شرایط بستر مرطوب فراهم شود تا بذور برنج هرز جوانه بزنند، سپس بسته به داشتن زمان و میزان آلودگی، گیاهچه های سبز شده برنج هرز از بانک بذر با شخم کم عمق (در حالتی که زمین خشک است) یا با کاربرد علف کش از بین می روند (Arya and Ammenda, 2015; Chauhan, 2012a and 2013b; Azmi et al., 2000) (شکل ۴). علف کش های باریک برگ کش مانند دالاپون، کلتودیم، سیکلوکسیدیم یا علف کش های عمومی مانند گلیفوسیت و پاراکوات، یک بار بر روی علف های هرز سبز شده در مرحله ۲-۳ برگی در این سیستم به کار برده می شوند (Vidotto et al., 1998). Jose et al. (2013) توصیه کردند که ۱۰ روز پس از کاربرد علف کش گلیفوسیت (به میزان ۰/۸ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار)، زمین دوباره به مدت ۱۵-۱۰ روز غرقاب شود، با این کار در مناطقی که آلودگی بسیار بالاست با انجام دو بار آماده سازی بستر بذر کاذب حداکثر کاهش بانک بذر برنج هرز اتفاق می افتد.

طول دوره بستر کاذب باید به اندازه ای باشد که اولاً اجازه دهد گیاهچه های برنج هرز تا مرحله ۲-۳ برگی رشد کنند و ثانیاً کشت برنج را به تأخیر نیندازد. این روش نه تنها جمعیت برنج هرز را در محصول کاهش می دهد، بلکه بانک بذر برنج هرز را در خاک نیز کاهش می دهد (Delouche et al., 2007). پس از اجرای این روش، بذر برنج باید در حداقل دستکاری خاک کاشته شود تا از انتقال بذور جدید دفن شده برنج هرز در عمق خاک به سطح خاک که منطقه جوانه زنی بذر است، جلوگیری شود (Chauhan, 2013). در اجرای برنامه مدیریتی بستر بذر کاذب باید دقت کرد که از انجام شخم پاییزه نیز پرهیز شود، زیرا موجب دفن شدن بذور برنج هرز در خاک می شود. همچنین قبل از انجام غرقاب در این روش نیز شخمی زده نشود و ابتدا زمین آب گیری شود و اجازه داده شود که آب در زمین نفوذ کند و برنج هرز سبز شود و دو هفته بعد سمپاشی صورت گیرد. دو هفته پس از سمپاشی زمانی که خاک به میزان کافی برای ورود ماشین آلات به مزرعه مناسب بود، دیسک زده شود (Espino et al., 2017).

¹⁰ Stale seed bed



شکل ۴. عملیات بستر بذر کاذب، در این عملیات زمین آبیاری سبک شده و اجازه داده می شود که برنج هرز سبز، سپس با کاربرد علف کش (با تراکتور بوم دار یا دستی) و شخم از بین می روند.
(منبع: Chauhan, 2013a)

سوزاندن بقایای برنج در زمین پس از برداشت

سوزاندن بقایای برنج به عنوان یک روش مؤثر برای از بین بردن بذور برنج هرز روی سطح خاک می باشد (Azmi and Karim, 2008; Arya and Ammena, 2015) (شکل ۵). تولیدکنندگان در برخی مناطق مانند هند و سریلانکا کاه و کلش برنج را می سوزانند و معتقدند که سوزاندن یک روش مناسب برای کاهش بذر برنج هرز بر روی سطح خاک می باشد، ولی این عمل به دلیل ایجاد آلودگی محیط زیست مطلوب نیست، به علاوه این نگرانی وجود دارد که مواد آلی خاک کاهش یابند، بنابراین این روش قابل توصیه به کشاورزان نمی باشد. این روش تقریباً در بسیاری کشورها به دلیل ایجاد آلودگی محیط زیست ممنوع شده است (Chauhan, 2013a and c).



شکل ۵. سوزاندن بقایا

(منبع: Chauhan, 2013a)

خاک‌ورزی

بذور برنج‌هرز نسبت به برنج زراعی زنده‌مانی طولانی‌تری دارند (Suh, 2008; Noldin *et al.*, 2006) و قادرند به مدت طولانی در خاک به‌حالت خواب باقی بمانند (Moldenhauer and Gibbons, 2003; Ye *et al.*, 2015). انتقال بذور از سطح به عمق خاک منجر به حفظ خواب بذور شده و یا خواب ثانویه را در آنها القاء می‌کند و باعث افزایش طول عمر یا زنده‌مانی آنها می‌گردد. همچنین انتقال بذور از عمق به سطح خاک موجب از بین رفتن خواب بذور و جوانه‌زنی آنها می‌شود (Benvenuti *et al.*, 2001; Noldin *et al.*, 2006; Fogliatto *et al.*, 2010; Bhullar and Chauhan, 2015). افزایش سن بذر، عمق دفن شدن بذر، شرایط غرقاب و خاک سنگین نیز اثرات منفی بر روی جوانه‌زنی و سبز شدن بذور برنج‌هرز دارند (Ferrero and Finassi, 1995). بر اساس این اطلاعات در سیستم کشت مستقیم بذر، شخم در کنترل جمعیت برنج‌هرز نقش مهمی ایفا می‌کند. بذور برنج‌هرز قادرند از لایه‌های سطحی خاک (۶-۸ سانتی‌متری بالای سطح خاک) سبز شوند، ولی از اعماق بیشتر سبز نخواهند شد. با انجام شخم عمیق و دفن بذور به زیر عمق ۸ سانتی‌متری خاک، دیگر بذور برنج‌هرز قادر به سبز شدن نخواهند بود (در سیستم‌های شخم رایج، بذور علف‌های‌هرز تا عمق ۵ تا ۱۰ سانتی‌متری زیر سطح خاک دفن می‌شوند (Bhullar and Chauhan, 2015). در چنین شرایطی باید دقت کرد که انجام شخم عمیق در فصل کشت بعدی، بذور از عمق به سطح خاک انتقال می‌یابند و مشکل دوباره ایجاد خواهد شد که در این شرایط بذور برنج‌هرزی که در لایه‌های بالایی خاک هستند را می‌توان با ایجاد بستر کاذب از بین برد (Chauhan 2012b and 2013b).

تغییر روش کشت

کشت برنج در شرایط غرقاب (کشت نشایی) منجر به بازدارندگی یا تأخیر جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز از جمله برنج‌هرز نسبت به کشت برنج به روش مستقیم می‌شود. Chin (2001) از ویتنام، Azmi *et al.* (2005) و Azmi *et al.* (2004) از مالزی گزارش کردند که کشت نشایی نسبت به کشت مستقیم برنج در زمین‌های آلوده به برنج‌هرز، دارای عملکرد برنج بیشتری است. عملیات گل‌خرابی پادلینگ در طول آماده‌سازی زمین و آب ایستاده در شرایط غرقاب در کشت نشایی امکان ایجاد شرایط نامطلوب برای جوانه‌زنی بذور برنج‌هرز را فراهم می‌کنند (Mansor *et al.*, 2012). حدود ۵۰ درصد زمین‌های تحت کشت برنج اروپا در ایتالیا می‌باشند و افزایش مشکلات ناشی از برنج‌هرز در این مناطق ناشی از تغییر سیستم کشت نشایی به کشت مستقیم بوده است (Fogliatto *et al.*, 2010). در ویتنام و مالزی تغییر سیستم کشت از نشاکاری به کشت مستقیم عامل افزایش آلودگی برنج‌هرز بیان شده است (Azmi *et al.* 2000; Baki and Shakirin, 2010; Chauhan *et al.*, 2015). نکته قابل توجه دیگر این است که در کشت مستقیم، تشخیص برنج‌هرز و برنج زراعی از هم در مراحل اولیه بسیار دشوار است، زیرا گیاهچه‌های برنج‌هرز و برنج زراعی هم‌زمان سبز می‌شوند. تغییر سیستم کشت در نواحی آلوده به برنج‌هرز از کشت مستقیم به کشت نشایی می‌تواند به کاهش آلودگی برنج‌هرز کمک نماید. پیشنهاد می‌شود که در مناطق آلوده به برنج‌هرز، اگر مشکل کمبود آب و نیروی کارگری وجود نداشته باشد از روش کشت نشایی به جای کشت مستقیم استفاده شود. با جایگزینی سیستم کشت از مستقیم به نشایی آلودگی برنج‌هرز به‌میزان ۹۵-۹۸ درصد کاهش می‌یابد (Arya and Ammena, 2015) (شکل ۶). Gressel and Valverde, 2009 و Azmi *et al.*, 2005b نیز بیان کردند که سیستم کشت نشائی روش مهمی برای کنترل برنج‌هرز است و می‌توان مشکلات ناشی از هزینه‌های بالا و کمبود کارگر سیستم نشایی را با سیستم کشت نشایی مکانیزه کاهش داد، از این ابزارها در سال‌های اخیر در برخی از کشورهای آسیایی مانند هند و مالزی استفاده می‌شود. Fogliatto *et al.* (2010) نیز یکی از روش‌های مؤثر کنترل برنج‌هرز را غرقاب بیش از ۵ سانتی‌متری آب بیان کردند و نشاکاری دستی یا ماشینی را یک روش جایگزین با سیستم کشت مستقیم برای جلوگیری از آلودگی برنج‌هرز بیان کردند. نشاهای برنج در رقابت در برابر بذور تازه سبز شده و گیاهچه‌های برنج‌هرز موفق‌تر هستند و قابل تشخیص برای وجین‌دستی نسبت به برنج هستند. به‌علاوه آب ایستاده یا غرقاب که سطح خاک را به‌طور کامل پوشش دهد در زمان انتقال نشاء از جوانه‌زنی برنج‌هرز ممانعت می‌کند.



شکل ۶. نشاکاری ماشینی برنج

(منبع: Chauhan, 2013a)

کشاورزان در بسیاری از کشورها مانند کره، مالزی، ویتنام با تغییر سیستم کشت از مستقیم به نشایی بر مشکل برنج‌هرز فائق آمده‌اند. سیستم نشاکاری برنج به‌جای کشت مستقیم پس از ۳-۴ سال می‌تواند مشکل برنج‌هرز را کاهش دهد و به کاهش بانک بذر برنج‌هرز در خاک کمک کند (Chauhan, 2013a and c). نتایج بررسی دیگری نشان داد که پس از سه سال تغییر از سیستم متوالی کشت مستقیم بذر در بستر مرطوب به سیستم نشاکاری ماشینی مشکل برنج‌هرز به‌طور مؤثری کاهش یافت (Shon *et al.* 2013). از طرفی نیز نتایج یک پایش صحرایی توسط Imaizumi (2018) در ژاپن نشان داد که ارتباطی بین سیستم کشت برنج و آلودگی به برنج‌هرز وجود ندارد. نتایج بررسی آنها نشان داد که سیستم نشایی، روش کشت برنج در اغلب مناطق آلوده به برنج‌هرز در ژاپن بود. از ۲۷ منطقه مورد بررسی، ۴ مورد سیستم کشت مستقیم بذر بود و ۲۲ مورد دیگر سیستم کشت مستقیم نبودند. آنها بیان کردند که برنج‌هرز در سال‌های آینده در ژاپن به یک مشکل اساسی حتی در سیستم کشت نشایی تبدیل خواهد شد. آنها دلایل مختلفی برای بروز مشکل برنج‌هرز در کشت برنج بیان کردند: ۱- کاربرد علف‌کش‌ها یکی از دلایل سبز شدن برنج‌هرز در سیستم کشت نشایی می‌باشد. در دهه ۱۹۸۰ چندین علف‌کش سولفونیل‌اوره برای کنترل علف‌های هرز یک‌ساله و چندساله شالیزار به‌جز سوروف ثبت شد. این علف‌کش‌ها پیش‌رویشی یا پس‌رویشی زود به‌کار رفتند (Watanabe, 2011). ترکیب کاربرد سولفونیل‌اوره‌ها + گراس‌کش‌های قبلی مانند تیوبنکارب و پرتیلاکتر تحت عنوان one-shot herbicide نامیده می‌شدند و برای کنترل علف‌های هرز از طریق یک‌بار کاربرد پس از نشاکاری به‌کار می‌رفتند (Watanabe, 2011). کنترل برنج‌هرز حتی در سیستم کشت نشایی با کاربرد سیستم one-shot بسیار مشکل بود. ۲- علت دیگر سبز شدن برنج‌هرز را تغییر فصل نشاکاری بیان کردند. طبق بررسی‌ها، برنج‌هرز اغلب در ماه May (خرداد) و کمی نیز در ماه June (تیر) سبز می‌شود. فصل نشاکاری در سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۳ دو هفته زودتر از سال‌های ۱۹۶۴ تا ۱۹۷۳ بوده است. در کشت ماه June، برنج‌هرز با شخم قبل از انتقال نشا در سیستم

کشت نشایی کنترل می‌شد ولی در سال‌های اخیر دو هفته زمان کشت را جلو انداختند و این عامل کنترلی حذف شد. ۳- علت دیگر افزایش مشکل برنج‌هرز را حذف وجین‌دستی بیان کردند. امروزه کشاورزان به دلیل کمبود نیروی کارگری کمتر از روش وجین‌دستی برای کنترل علف‌های‌هرز استفاده می‌کنند. بر اساس اظهارات کشاورزان، در گذشته از روش وجین‌دستی برای کنترل برنج‌هرز استفاده می‌شد و از زمانی که وجین‌دستی حذف شد مشکل برنج‌هرز در مزارع بیشتر شد.

انتخاب رقم برنج

در هر محصول و سیستم کشتی، کشت ارقامی که از قدرت رقابتی بالاتری در برابر علف‌های‌هرز برخوردار باشند، یکی از ابزارهای مدیریت علف‌های‌هرز می‌باشند. ارقام قد بلند، ارقام با قدرت پنجه‌زنی بیشتر، ارقامی که در مراحل اولیه، رشد سریع‌تری داشته باشند و زیست‌توده بیشتری تولید کنند و کانوپی (تاج‌پوشش) خود را سریع‌تر ببندند، در رقابت با برنج‌هرز قوی‌تر هستند (; Azmi and Abdullah, 1998; Arya and Ammena, 2015 Chauhan, 2013a and c). اما با وجودی که ارقام قد بلند معمولاً در برابر علف‌های‌هرز از قدرت رقابت بالاتری برخوردارند، دارای پتانسیل تولید دانه کمتری نسبت به ارقام پایه کوتاه برخوردار هستند، بنابراین در آینده کمتر کشت خواهند شد، زیرا جمعیت رو به افزایش و زمین‌های تحت کشت رو به کاهش هستند و در چنین شرایطی کشاورزان نیاز پیدا می‌کنند که از کود ازته بیشتری استفاده کنند که ازت بیشتر منجر به ورس گیاه خواهد شد. کشت ارقام برنج زودرس که بذر آنها زودتر از برنج‌هرز برسد نیز برای کاهش بانک بذر برنج‌هرز مؤثر بیان شده است (Chauhan, 2013a). در پژوهشی کارایی ۶ رقم برنج و دو علف‌کش در کنترل برنج‌هرز در کشت مستقیم برنج بستر مرطوب بررسی شد و نتایج نشان داد که رقم برنج در میزان آلودگی برنج‌هرز تأثیرگذار بود، این ارقام در تعداد پنجه و پانیکول در متر مربع، وزن هزار دانه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک با هم اختلاف داشتند (Awan *et al.*, 2001).

تداخل بین برنج زراعی و برنج‌هرز از سه هفته پس از سبز شدن برنج شروع می‌شود (Saha *et al.*, 2014). Arya and Ammenda (2015) بیان کردند که دوره بحرانی کنترل برنج‌هرز در برنج تقریباً ۲۰-۳۰ روز پس از کشت برنج می‌باشد، برنج‌هرز در طول دوره بحرانی از برنج زراعی قابل تشخیص نیست و فقط در زمان تشکیل خوشه (پانیکول) قابل شناسایی است.

در گذشته در هند یک راهکار مؤثر، کاربرد ارقام به رنگ بنفش برای کاهش آلودگی و بانک بذر برنج‌هرز بود. کشت ارقام بنفش (ارقامی که دارای رنگ گره‌ها یا برگ‌های بنفش هستند) امکان تشخیص و وجین برنج‌هرز را در دوره بحرانی کنترل فراهم می‌کنند (Tewari, 2008)، اما به دلیل عملکرد پایین‌تر این ارقام، کشاورزان امروزه تمایل به کشت آنها ندارند. ولی می‌توان پیشنهاد کرد که

به جای رها کردن مزارعی که بسیار آلوده به برنج‌هرز می‌باشند، از چنین ارقامی استفاده شود تا بانک بذر برنج‌هرز در زمین کاهش یابد (Chauhan, 2013 a and c) (شکل ۷).



شکل ۷. رقم برنج بنفش (سمت راست) و رقم برنج سبز که به طور رایج کشت می‌شود (سمت چپ)

(منبع: Chauhan, 2013a)

تراکم کشت

میزان بذر برنج زراعی برای کشت در سیستم کشت مستقیم برنج، اغلب ۱۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار می‌باشد، با بالا بردن تراکم کشت برنج می‌توان تراکم علف‌های‌هرز را کاهش داد. کشاورزان در بسیاری از مناطق آسیا در سیستم کشت مستقیم برنج از مقدار بذر بیشتر به‌منظور کاهش علف‌های‌هرز و جبران ناشی از کیفیت پایین بذر برنج و امکان استقرار بیشتر برنج استفاده می‌کنند. همچنین به‌منظور جبران خسارت پرندگان، جوندگان، حشرات، نماتدها و حلزون‌ها، مقدار بیشتر بذر برنج تا ۱۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار را در سیستم کشت مستقیم به‌کار می‌برند. کاربرد مقادیر بیشتر بذر در مناطقی که آلودگی بالای برنج قرمز دارند برای مثال در مالزی برای کاهش مشکلات برنج قرمز به‌کار می‌رود (Azmi and Karim, 2008). در مناطقی مانند آمریکای جنوبی نیز مقدار بیشتر بذر برای کشت مکانیزه ردیفی برنج به‌کار می‌رود (Chauhan, 2013a and c).

کاربرد مقدار بیشتر بذر برنج در شرایط عاری از علف‌هرز ممکن است عملکرد دانه برنج را افزایش ندهد اما در شرایط آلوده به علف‌هرز می‌تواند مفید باشد و کاهش از دست رفتن عملکرد دانه ناشی از حضور علف‌های‌هرز را جبران می‌کند و استقرار مناسب برنج را مطمئن‌تر می‌سازد. بررسی‌های انجام‌شده در فیلیپین نشان داد که افزایش تداخل برنج زراعی می‌تواند منجر به کاهش پنجه‌زنی، تعداد برگ و زیست‌توده بیوتیپ‌های مختلف برنج‌هرز (قرمز) شود (Chauhan, 2013a and c). اگر بسته شدن کانوپی برنج زراعی سریع‌تر انجام شود، از رشد برنج‌هرز و تولید بذر توسط آن جلوگیری می‌کند که این امر از طریق بسیاری از عملیات زراعی شامل کاربرد مقدار بذر برنج بیشتر برای کشت و فاصله‌های باریک‌تر به‌دست می‌آید (Azmi et al., 2000).

کشت ردیفی برنج

در سیستم کشت مستقیم بذر در بستر مرطوب، کشاورزان اغلب بذر جوانه‌دار برنج را در زمین پخش می‌کنند. این بذور را همچنین می‌توان به صورت ردیفی با ادوات و ماشین‌آلات مکانیزه کشت کرد (Chauhan, 2013a and c) (شکل ۸). در سیستم کشت مستقیم، تشخیص برنج هرز از برنج زراعی تا زمان رسیدن به مرحله گلدهی وجود ندارد، در صورتی که تداخل بین برنج زراعی و برنج‌هرز از سه هفته پس از سبز شدن برنج شروع می‌شود (Saha *et al.*, 2014). بنابراین در مناطق آلوده به برنج‌هرز، کشت ردیفی برنج بسیار کمک‌کننده می‌باشد و بوته‌های برنج‌هرز سبز شده بین ردیف‌های کشت را می‌توان به راحتی شناسایی کرد و با روش‌های وجین‌دستی یا مکانیکی با ماشین‌آلاتی مانند وجین‌کن انگشتی^{۱۱} یا کونویدر^{۱۲} بوته‌های سبز شده برنج‌هرز را حذف نمود (Chauhan, 2012a) (شکل ۹). وجین‌کن‌های مکانیکی مانند کونویدور و سایر ادوات وجین بین ردیف کشت به تراکتور قابل اتصال هستند و علف‌های هرز بین ردیف‌های کشت را از بین می‌برند. به علاوه کشاورزان می‌توانند به آسانی بوته‌های برنج‌هرز را با وجین‌دستی از ریشه درآورند و از تولید بذر یا ریزش بذر برنج‌هرز در مزرعه جلوگیری کنند. نتایج بررسی‌هایی در سریلانکا نشان داد که کشاورزان در کشت ردیفی برنج نسبت به کشت پراکنده، برنج‌هرز کمتری داشتند (Chauhan, 2013a and c). از طرفی به دلیل ارتفاع بلندتر بوته‌های برنج‌هرز نسبت به بوته‌های برنج زراعی، در برخی کشورها کشاورزان پانیکول‌های برنج هرز را قبل از ریزش بذر چیده و با این عمل از افزایش بذر برنج‌هرز در بانک بذر خاک جلوگیری می‌کنند^{۱۳}. در برخی مناطق حذف پانیکول‌های برنج‌هرز با استفاده از چاقوهای خاصی که به چوب متصل می‌کنند، بریده می‌شوند. در کشورهای پیشرفته نیز با نصب دستگاه برش در جلوی تراکتور خوشه‌های برنج‌هرز را قطع می‌کنند (Ferrero and Vidotto, 1999). این روش کنترل با اجرای کشت ردیفی برنج میسر می‌شود (Chauhan, 2013a and c).

¹¹ finger weeder

¹² conoweeder

¹³ chopping



شکل ۸. کشت ردیفی (سمت راست) و کشت پراکنده (سمت چپ) در روش کشت مستقیم بذر
(منبع: Chauhan, 2013a)



شکل ۹. وجین مکانیکی بین ردیف‌های کشت
(منبع: Chauhan, 2013a)

مدیریت آب

روش کشت برنج به هر صورتی که باشد، مدیریت آب برای مدیریت علف‌های هرز ضروری است. در سیستم کشت نشایی، غرقاب می‌تواند مدت زمان کمی پس از نشاکاری اعمال شود ولی در سیستم کشت مستقیم، غرقاب را زمانی می‌توان اعمال نمود که بذور برنج جوانه‌زده باشند که در این زمان برنج‌هرز نیز جوانه زده است و در این زمان مدیریت گیاهچه‌های سبز شده برنج‌هرز با غرقاب سخت‌تر خواهد شد. اعمال غرقاب در زمان مطلوب، طول دوره و عمق مناسب غرقاب برای مدیریت علف‌های هرز از جمله برنج‌هرز در سیستم کشت مستقیم بذر همانند روش کشت نشائی ضروری است (Hamid *et al.*, 2007). برای مثال گزارش شده است که اعمال غرقاب در زمان زودتر نسبت به زمان دیرتر برای جلوگیری از سبز شدن و رشد برنج‌هرز مؤثرتر می‌باشد. همچنین عمق

مناسب غرقاب در میزان جلوگیری از جوانه‌زنی برنج‌قرمز تأثیرگذار است. در ویتنام عمق آب بیشتر از ۵ سانتی‌متر برای جلوگیری از جوانه‌زنی و سبز شدن برنج‌هرز مؤثر بیان شد (Chin, 2001). نتایج تحقیقی در فیلیپین نشان داد که غرقاب به عمق ۲ سانتی‌متر، رشد گیاهچه برنج‌هرز را بیش از ۸۵ درصد کاهش داد (Chauhan, 2012b). نتایج بررسی دیگری در ایتالیا نشان داد که حداکثر سبز شدن برنج‌هرز در عمق ۵-۰ سانتی‌متری خاک انجام می‌شود و با افزایش عمق تا ۱۰ سانتی‌متر از میزان جوانه‌زنی بذور کاسته می‌شود. در شرایط غرقاب (با عمق آب به اندازه ۵-۴ سانتی‌متر) هیچ‌گونه سبز شدنی از بذور دفن شده در عمق بیشتر از ۴ سانتی‌متر خاک رخ نداد (Vidotto and Ferrero, 2000). Juliano *et al.* (2020) نیز غرقاب به عمق ۵-۳ سانتی‌متر در زمان ۱۰-۸ روز پس از کشت را در سیستم کشت مستقیم برنج برای کنترل برنج‌هرز توصیه نمودند.

کشت در آب

گیاه برنج به اکسیژن، رطوبت و درجه حرارت مطلوب برای جوانه‌زنی نیاز دارد و نبود یکی از این موارد سبب کاهش جوانه‌زنی بذور آن می‌گردد. در تکنیک کشت در آب، بذور پیش جوانه‌دار شده برنج در سطح خاک مسطح با لایه نازک آب ایستاده به صورت یکنواخت پخش می‌شوند، این روش می‌تواند جمعیت برنج‌هرز را کاهش دهد (شکل ۱۰). این سیستم در کشورهای ویتنام، چین و سریلانکا برای کنترل برنج‌هرز به کار می‌رود، آنها گیاهچه‌های ۱۵-۱۲ روزه برنج را در آب ایستاده به عمق ۷-۵ سانتی‌متر پخش می‌کنند، این لایه آب از سبز شدن برنج‌هرز جلوگیری می‌کند (Azmi and Johnson, 2006; Juraimi *et al.*, 2013). Luat (2000) نیز بیان کرد که کشت بذور پیش‌جوانه‌دار شده برنج زراعی در آب به عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر، برنج‌هرز را تا ۲۰ درصد کاهش می‌دهد. در مالزی نیز کشت مستقیم بذر در آب در ترکیب با سایر روش‌های کنترل (پیشگیری و زراعی) به‌طور مؤثری برای کنترل برنج‌هرز به کار می‌رود (Vijayanathan, 2006).

عملیات کشت بذر در آب^{۱۴} باعث دفن بذور برنج‌هرز در خاک می‌شود و دیگر بذور برنج‌هرز قادر به سبز شدن نیستند. در مناطق با آلودگی سنگین پادلینگ مزرعه در ترکیب با یک لایه نازک آب که به‌طور کامل سطح آب را پوشش دهد، مانع از استقرار برنج‌هرز می‌شود (Vidotto and Ferrero, 2000).

¹⁴ water seeding



شکل ۱۰. کشت بذر در آب

(منبع: Chauhan, 2013a)

غرقاب زمستانه

قدرت رقابتی بیشتر برنج هرز نسبت به برنج زراعی ناشی از رشد سریع، کارایی بالاتر استفاده از مواد غذایی خاک، مقاومت در برابر شرایط خشکی، توانایی پنجه زنی بیشتر، ریزش زود هنگام بذر و خواب بذر می باشد (Noldin *et al.*, 2006). خواب بذر برنج هرز در بانک بذر خاک دو نوع است: ناپایدار (زودگذر) و پایدار. درجه حرارت پایین در زمستان سبب شکستن خواب ناپایدار در گیاهان یک ساله تابستانه می شود، در حالی که درجه حرارت بالای تابستان سبب افزایش خواب بذور می گردد (Battla and Benech, 2007). در حقیقت درجه حرارت فاکتور اصلی می باشد که سطح خواب بذور علف هرز را کنترل می کند و تنظیم کننده چرخه بین خواب و جوانه زنی بذر می باشد. بانک بذر برنج هرز از طریق جوانه زنی بذر، حمله پاتوژن ها، دفن شدن بذور در عمق خاک، خورده شدن توسط بندپایان و جوندگان و پرندگان آبی کاهش می یابد (Delouche *et al.*, 2007). در برخی از نواحی تحت کشت برنج خصوصاً در ایالات متحده آمریکا، غرقاب زمستانه مزارع تحت کشت برنج به طور گسترده از شروع پاییز به دنبال برداشت برنج تا بهار قبل از عملیات خاک ورزی به کار می رود. غرقاب زمستانه غالباً با هدف مدیریت کاه و کلش برنج به جای سوزاندن بقایا جایگزین شده است. غرقاب، تجزیه اولیه کاه برنج را بهبود می بخشد، زیرا پرندگان بقایا را به قطعات کوچک تر تقسیم می کنند. در نتیجه تماس بقایا با خاک بیشتر می کنند. این پدیده باعث کاهش بقایای محصول و افزایش تجزیه آنها می گردد، همچنین سبب می شود که نیتروژن در بهار بعدی بیشتر در دسترس برنج قرار گیرد و تعداد پنجه ها را برای خاک ورزی جهت آماده سازی بستر بذر کاهش دهد (Bird *et al.*, 2002; Dipen *et al.*, 2004; Groenigen *et al.*, 2003). غرقاب زمستانه برنج، شرایط را برای زیستگاه بسیاری از گونه های جانوری باتلاقی، به ویژه پرندگان آبی که می توانند در این شرایط تغذیه و لانه سازی کنند فراهم می کند و فعالیت آنها باعث کاهش زیست توده علف های هرز در زمان برداشت برنج شد (Groenigen *et al.*, 2003; Bird *et al.*, 2002). غرقاب

زمستانه سبب کاهش آلودگی علف‌های هرز باریک‌برگ (که آلودگی غالب را در مزارع برنج دارند) در فصل رشد بعدی به‌دلیل خورده شدن بذر آنها توسط پرندگان آبی می‌شود (Groenigen *et al.*, 2003). نتایج یک بررسی نشان داد که غرقاب زمستانه روش مؤثری برای کم کردن آلودگی برنج‌هرز می‌باشد (Fogliatto *et al.*, 2010). آنها نشان دادند که غرقاب زمستانه موجب ۹۵ درصد کاهش تعداد بذور زنده برنج‌هرز بر روی سطح خاک در مقایسه با کاهش ۲۶-۷۷ درصدی بذوری که روی سطح خاک خشک رها شده بودند شد، همچنین غرقاب زمستانه موجب کاهش آلودگی برنج‌هرز در شالیزار شد. همچنین نتایج بررسی آنها نشان داد که غرقاب زمین حتی برای یک زمستان نیز می‌تواند به‌طور مؤثری آلودگی به برنج‌هرز و تعداد بذر در بانک بذر را کاهش دهد. آنها بیان کردند که غرقاب زمستانه یک روش بسیار خوب و مؤثر برای کنترل برنج‌هرز در کشت‌های ارگانیک و پایدار می‌باشد. در حقیقت غرقاب زمین که از زمان پس از برداشت برنج در پاییز شروع می‌شود، باعث جوانه‌زنی بذور برنج‌هرز می‌گردد و مشابه بستر کشت کاذب عمل می‌کند و غرقاب در زمستان، گیاهچه‌های برنج‌هرز را به‌دلیل درجه حرارت پایین زمستان کنترل می‌نماید و دیگر نیاز به سمپاشی با علف‌کش‌هایی مانند گلیفوسیت در زمان پیش از کشت نمی‌باشد (Valverde, 2005) که به‌طور معمول در بستر کشت کاذب به‌کار می‌رود. غرقاب زمستانه تعداد سبز شدن بذور برنج‌هرز و سطح آلودگی را در بهار بعدی کاهش می‌دهد و می‌تواند بدون اینکه هیچ اثری بر عملیات کشت برنج در فصل کشت بعدی شامل عملیات شخم، کنترل علف‌هرز، مدیریت آب در کشت برنج داشته باشد، بسیار مؤثر عمل کند. مهمترین عامل محدودکننده در اجرای این روش کنترلی، توانایی تأمین آب در طول زمستان می‌باشد (Fogliatto *et al.*, 2010).

غرقاب زمستانه مزارع برنج یک روش معمول در جنوب ایالات متحده آمریکا می‌باشد. مناطق تحت کشت برنج در این نواحی زیستگاه پرندگان مهاجر هستند. در این مناطق با غرقاب کردن، زمین‌ها را به مکان زیست این پرندگان تبدیل نموده و باعث کاهش زنده‌مانی بذر علف‌های هرز، کاهش فرسایش خاک و کمک به تجزیه کاه و کلش خاک می‌کنند (Manley *et al.*, 2005). پرندگان آبی در زمین‌های آب‌گرفته پناهگاه تشکیل می‌دهند و باعث تسریع تجزیه بقایای برنج از طریق لگدمال کردن و تغذیه از بقایای برنج می‌کنند و جمعیت بذر علف‌های هرز را کاهش می‌دهند (Brogi *et al.*, 2015; Manley *et al.*, 2005). بنابراین غرقاب زمستانه مزایای زیست‌محیطی زیادی دارد و باعث کاهش کاربرد علف‌کش خواهد شد.

تناوب گیاهی

کشت مداوم برنج و تکرار عملیات مدیریتی مشابه، به برنج‌هرز اجازه می‌دهد که علف‌هرز غالب سیستم کشت شود. کشت گیاهان زراعی با عملیات مدیریتی متفاوت موجب ایجاد اختلال در چرخه رشد برنج‌هرز می‌گردد. تناوب گیاهی روش مؤثری برای کنترل برنج‌هرز و دیگر علف‌های هرز مشکل‌زا می‌باشد. قرار دادن محصولات مختلف مانند ذرت، سویا، کنجد، ماش، بادام‌زمینی، گندم، آفتابگردان،

سورگوم و غیره در تناوب با کشت برنج در مناطقی که مشکل برنج‌هرز دارند، پیشنهاد می‌شود. در این محصولات برنج‌هرز سبز شده را می‌توان با کاربرد تلفیقی علف‌کش‌های مختلفی که در کشت برنج به کار نمی‌روند، می‌توان کنترل کرد (شکل ۱۱) (Chauhan, 2012a and 2013b; Watanabe *et al.*, 1998).



شکل ۱۱. تناوب برنج با ذرت برای کاهش مشکل برنج‌هرز

(منبع: Chauhan, 2013a)

کنترل شیمیایی

علف‌کش‌های شیمیایی مهم‌ترین ابزارهای کنترل برای مدیریت علف‌های هرز در سیستم‌های کشت مستقیم برنج هستند، اما به دلیل وجود شباهت‌های آناتومیکی و فیزیولوژیکی بین برنج‌هرز و برنج زراعی، امکان کنترل شیمیایی برنج‌هرز با علف‌کش‌های پس‌رویشی^{۱۵} انتخابی برنج امکان‌پذیر نمی‌باشد (Sudianto *et al.*, 2016; Rathor *et al.*, 2013; Chauhan, 2013a and c; Busi *et al.*, 2016b). گزارشاتی نیز وجود دارد که برنج‌هرز به علف‌کش‌های بازدارنده استولاکتات سنتاز (ALS) مقاوم است (Young *et al.*, 2018; Burgos *et al.*, 2008 and 2014).

برای کنترل شیمیایی برنج‌هرز در کشت مستقیم برنج در بستر مرطوب چند راهکار وجود دارد: ۱- کاربرد علف‌کش‌های پس‌رویشی پس از اعمال روش بستر بذر کاذب. ۲- کاربرد علف‌کش‌های انتخابی برنج برای کنترل برنج‌هرز در مقادیر بالای علف‌کش + محافظ‌ها. ۳- کاربرد علف‌کش‌ها در مقادیر بالا حداقل ۲۵-۱۵ روز قبل از کشت برنج.

¹⁵ Post-emergence

- کاربرد علفکش‌های پس‌رویشی پس از اعمال روش بستر بذر کاذب

این روش بدین صورت می‌باشد که علفکش‌های باریک‌برگ‌کش مانند دالاپون، کلتودیم، سیکلوکسیدیم، کوپیزالوفوپ-اتیل یا علفکش‌های عمومی مانند گلیفوسیت، پاراکوات، گلیفوزینات‌آمونیم و همچنین اکسی‌فلورفن بر روی برنج‌هرز در مرحله ۲-۳ برگی پس از اعمال بستر کاذب به‌کار گرفته می‌شوند (Vidotto *et al.*, 1998; Chauhan, 2013a and c).

- کاربرد علفکش‌های انتخابی برنج برای کنترل برنج‌هرز در مقادیر بالای علفکش + محافظ^{۱۶}

محافظ‌ها ترکیبات مصنوعی هستند که تحمل به علفکش را در گیاهان زراعی تک‌لپه منتخب، بدون کاهش حساسیت در علف‌های‌هرز هدف تقویت می‌کنند (Davies and Caseley, 1999). این ترکیبات برای کاهش سمیت علفکش در گیاهان ذرت (Dixon *et al.*, 1997)، سورگوم (Gronwald and Plaisance, 1998)، گندم (Pascal and Scalla, 1999)، جو (Scalla and Roulet, 2002) و برنج (Deng and Hatzios, 2002) معرفی شده‌اند.

رایج‌ترین علفکشی که در این روش به‌کار رفته می‌شود، علفکش پرتیلاکسر است. پرتیلاکسر علفکش سیستمیک انتخابی برنج است و توسط ریشه و شاخساره بذور جوانه‌زده علف‌های‌هرز جذب می‌شود. تیمار پیش‌رویشی پرتیلاکسر برای کنترل گرس‌های یک‌ساله و برخی علف‌های‌هرز پهن‌برگ در برنج کاربرد دارد. در بنگلادش، کشاورزان علفکش پرتیلاکسر (+محافظ) را قبل یا بعد از شخم تحت آب ایستاده برای کاهش آلودگی برنج‌هرز به‌کار می‌برند و بعد از ۲ تا ۴ روز، آب ایستاده تخلیه می‌شود و بذور برنج زراعی جوانه‌دار شده کشت می‌شوند (Chauhan, 2013a and c).

Chauhan *et al.* (2014) به بررسی کارایی علفکش پرتیلاکسر در کشت مستقیم برنج در بستر مرطوب در کنترل برنج‌هرز پرداختند. در این بررسی اثر دوزهای ۰، ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ گرم ماده مؤثر در هکتار بر روی کنترل برنج‌هرز و سایر علف‌های‌هرز در ویتنام مورد مطالعه قرار گرفت. پرتیلاکسر + محافظ فنکلوریم به‌کار رفت. زمان اعمال علفکش، یک روز پس از کشت بود. غرقاب مزرعه نیز به عمق ۵-۳ سانتیمتر، از یک هفته پس از کشت برنج به جز در زمان‌های ۲۰-۱۸ روز پس از کشت و ۴۰-۳۸ روز پس از کشت برای کاربرد کود حفظ شد. برای کوددهی، ۳-۲ روز قبل از کاربرد کود آب کرت‌ها خشک شد و پس از کوددهی بلافاصله غرقاب انجام شد. نتایج نشان داد که علف‌های‌هرز پهن‌برگ، باریک‌برگ و اوپارسلام با کاربرد کمترین دوز علفکش پرتیلاکسر (۳۰۰ گرم در هکتار) به‌طور مؤثری کنترل شدند و افزایش دوز علفکش میزان کنترل آنها را افزایش نداد. کاربرد دوز ۳۰۰ گرم در هکتار به‌طور معنی‌داری تعداد پانیکول (۶۹-۲۰ درصد) و زیست‌توده (۲۵-۱۵ درصد) برنج‌هرز را کاهش داد، اما بالاترین دوز پرتیلاکسر (۹۰۰ گرم در هکتار) بهترین دوز برای کاهش تعداد پانیکول (۸۰-۴۷ درصد) و زیست‌توده (۴۵-۴۱ درصد) برنج‌هرز بود. در

¹⁶ safener

مقایسه با تیمار بدون کنترل، کمترین دوز پرتیلاکلر نیز عملکرد دانه برنج را بهبود بخشید. بیشترین عملکرد برنج در کاربرد بالاترین دوز پرتیلاکلر به دست آمد. نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد پایین‌ترین دوز پرتیلاکلر برای کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ، پهن‌برگ و جگن به جز برنج‌هرز در کشت مستقیم برنج قابل توصیه می‌باشد ولی برای کنترل برنج‌هرز لازم است که دوز کاربردی پرتیلاکلر به ۹۰۰ گرم در هکتار افزایش یابد. این دوز علف‌کش به علت کاربرد فن‌کلوریم باعث هیچ‌گونه گیاه‌سوزی در برنج نمی‌شود.

Shen *et al.* (2013) نیز کارایی محافظ فن‌کلوریم^{۱۷} + دوز بالای علف‌کش پرتیلاکلر را در کنترل برنج‌هرز و عملکرد برنج در کشت مستقیم برنج در جنوب چین بررسی کردند. محافظ فن‌کلوریم بر روی بذور برنج جوانه‌دار شده، یک ساعت قبل از کشت به کار رفت و سپس بذور جوانه‌دار در مزرعه کشت شدند. علف‌کش پیش‌رویشی پرتیلاکلر به میزان ۹۰۰ گرم ماده موثر در هکتار، دو روز پس از کشت به کار برده شد. نتایج دو سال بررسی مزرعه‌ای آنها نشان داد که با کاربرد محافظ فن‌کلوریم بر روی بذور برنج، کاربرد دوز بالای این علف‌کش، خسارتی در برنج زراعی ایجاد نکرد و موجب ۹۸-۱۰۰ درصد کنترل برنج‌هرز در زمان ۳۲ روز پس از کشت شد.

در بنگلادش نیز کاربرد علف‌کش پرتیلاکلر به میزان ۵۰۰ - ۲۵۰ گرم در هکتار به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه برنج را در مقایسه با شاهد بدون کنترل افزایش داد (Rashid *et al.*, 2012). Sakai *et al.* (2011) نیز گزارش کردند تیمار پیش‌رویشی پرتیلاکلر می‌تواند برنج هرز را کنترل کند. در تایلند نیز کاربرد پرتیلاکلر به‌صورت قطره‌پاشی در آب در مراحل آخر تسطیح برای کنترل مؤثر برنج‌هرز پیشنهاد شد (Allard *et al.* 2005). نتایج مطالعات آنها نشان داد که کاربرد دوز پایین پرتیلاکلر برای کنترل سایر علف‌های هرز کافی می‌باشد ولی برای مدیریت برنج‌هرز نیاز به افزایش دوز تا ۹۰۰ گرم در هکتار می‌باشد. با اینکه کاربرد بالاترین دوز پرتیلاکلر به‌طور معنی‌داری زیست‌توده برنج‌هرز را کاهش داد، اما هنوز کنترل کامل را فراهم نکرد. برای افزایش کنترل مؤثر لازم است که کاربرد پرتیلاکلر با سایر روش‌های زراعی شامل شامل کاربرد بذر تمیز، بستر بذر کاذب، تناوب سیستم‌های کشت برنج و غرقاب زود هنگام تلفیق شود (Chauhan, 2013a and c; Chauhan *et al.*, 2014).

علف‌کش پرتیلاکلر در سیستم کشت مستقیم برنج در مواردی که مشکل برنج‌هرز نباشد نیز علف‌کش مؤثری بیان شده است. در سریلانکا برای کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ، پهن‌برگ و جگن از علف‌کش پرتیلاکلر در سیستم کشت مستقیم در بستر مرطوب استفاده می‌شود (Abeysekera *et al.*, 2005). به‌طور مشابه گزارش شده است در ویتنام، پرتیلاکلر یکی از مؤثرترین علف‌کش‌ها برای کنترل گراس‌ها در کشت مستقیم بستر مرطوب است (Tuat and Son, 2005). در سریلانکا، پرتیلاکلر + پیری‌بنزوکسیم بیش

¹⁷ fenclorim

از ۹۰ درصد کنترل علف‌های‌هرز را در کشت مستقیم برنج فراهم می‌کنند (Chauhan, 2013a and c). نتایج پژوهشی در بنگلادش نیز نشان داد که کنترل مؤثر علف‌های‌هرز و افزایش عملکرد برنج در سیستم کشت مستقیم بستر مرطوب با کاربرد علف‌کش پرتیلاکلر در دوزهای ۳۷۵-۲۵۰ گرم در هکتار به‌دست آمد که می‌تواند به جای سه بار وجین‌دستی به‌کار رود (Rashid *et al.*, 2012).

این نکته قابل یادآوری است که پرتیلاکلر در جایی مؤثر است که رطوبت خاک در حالت اشباع حفظ شود تا کارایی بالایی به دست آید، بنابراین این علف‌کش در سیستم کشت مستقیم بستر مرطوب به‌طور گسترده استفاده می‌شود (Chauhan *et al.*, 2014) و در سیستم کشت مستقیم بستر خشک کارایی لازم را ندارد. نتایج یک بررسی نیز نشان داد که کاربرد دوز ۶۰۰ گرم در هکتار پرتیلاکلر در کشت مستقیم بستر خشک در کنترل علف‌های‌هرز مؤثر نبود (Chauhan and Abugho, 2013).

علف‌کش دیگری که در این روش کنترل شیمیایی (مقادیر بالای علف‌کش + محافظ) کاربرد دارد، کلومازون است. خاصیت انتخابی علف‌کش کلومازون در زمانی که بذر برنج زراعی با محافظ فوریت^{۱۸} آغشته شود افزایش یافته و از بروز گیاه‌سوزی کلومازون در برنج ممانعت می‌شود (Sanchotene *et al.*, 2010). کلومازون در دوز توصیه شده (۱۲۵ گرم در هکتار) برای برنج انتخابی عمل می‌کند و با بیش از ۹۷ درصد زنده‌مانی و بدون کاهش رشد برنج، موجب ۹۴ درصد کنترل سوروف می‌شود ولی برای کنترل برنج‌هرز نیاز به کاربرد دوزهای بالاتر کلومازون می‌باشد. کاربرد دوز ۱۰۰۰ گرم در هکتار کلومازون باعث آسیب به برنج می‌شود، ولی با تیمار بذور برنج با محافظ فوریت^{۱۹} در کاربرد این دوز هیچ‌گونه آسیبی به برنج وارد نمی‌شود (Busi *et al.*, 2016b).

- کاربرد علف‌کش در مقادیر بالا حداقل ۲۵-۱۵ روز قبل از کشت برنج

علف‌کش‌هایی مانند اگزادیازون، استوکلر، متولاکلر، آلاکلر و دی‌متنامید در مقادیر بالا کنترل مؤثر برنج‌هرز را فراهم می‌کنند، این علف‌کش‌ها اثر سمیت بر روی جوانه‌زنی برنج زراعی دارند، بنابراین برای جلوگیری از این پدیده لازم است که این علف‌کش‌ها حداقل ۲ هفته قبل از کشت برنج به‌کار روند و مقدار بیشتر بذر برنج زراعی برای کشت به‌کار برده می‌شود. کاربرد این علف‌کش‌ها موجب ۹۲-۸۵ درصد کنترل برنج‌هرز می‌شوند (Eleftherohorinos and Dhima, 2002). نتایج پژوهشی نشان داد که علف‌کش پرتیلاکلر به‌میزان ۱/۵ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار بیش از ۷۵ درصد کنترل برنج‌هرز را فراهم کرد و برای جلوگیری از ایجاد خسارت در برنج، علف‌کش باید حداقل ۲۵ روز قبل از کشت برنج به‌کار رود (Ferrero and Vidotto, 1999).

¹⁸ phorate

¹⁹ phorate

بیوتکنولوژی

کاربرد ارقام برنج متحمل به علف‌کش نیز یک روش کنترل برنج‌هرز است که در آسیا به‌کار می‌رود. از مزایای کاربرد این ارقام، کاهش هزینه کنترل علف‌های‌هرز بیان شده است. سه نوع رقم برنج متحمل به علف‌کش تاکنون معرفی شده است: ارقام متحمل به ایمیدازولینون‌ها، ارقام متحمل به گلیفوسیت، ارقام متحمل به گلیفوزینات آمونیوم.

- ارقام متحمل به ایمیدازولینون‌ها (IT^{۲۰})

این ارقام از طریق مهندسی ژنتیک به‌وجود نیامده‌اند، بلکه از طریق جهش‌های طبیعی ایجاد شده‌اند. علف‌کش‌های ایمیدازولینونی علف‌های‌هرز را از طریق بازدارندگی از آنزیم استولاکتات سنتاز کنترل می‌کنند. این گروه از علف‌کش‌ها، امکان کنترل دامنه وسیعی از علف‌های‌هرز را فراهم می‌کنند (Olofsdotter *et al.*, 2000). در آسیا، دو رقم برنج متحمل به علف‌کش‌های ایمیدازولینونی شناسایی شده‌اند که در مالزی از سال ۲۰۱۰ برای کنترل برنج‌هرز به‌کار می‌روند ولی در سایر کشورهای آسیایی، این ارقام برنج تاکنون به‌صورت تجاری به کار نرفته‌اند (Chauhan, 2013a and c). در ایالات متحده آمریکا نیز کاربرد ارقام برنج IT به‌منظور کنترل برنج‌هرز پیشنهاد شده‌اند ولی سرعت بالای انتقال این ژن به برنج‌هرز، کاربرد این ارقام را امروزه محدود کرده است (Rao *et al.*, 2007).

- ارقام برنج متحمل به علف‌کش‌های گلیفوسیت یا گلیفوزینات آمونیوم

این ارقام از طریق مهندسی ژنتیکی ساخته شده‌اند. گلیفوسیت از سنتز آنزیم EPSP جلوگیری و گلیفوزینات آمونیوم نیز از طریق جلوگیری از آنزیم جذب آمونیوم برای سنتز گلوتامین عمل می‌کند (Suh, 2008). این دو علف‌کش عمومی پس‌رویشی به‌کار می‌روند و بنابراین می‌توان بر اساس میزان آلودگی علف‌هرز در مزرعه، دوز کاربرد علف‌کش را تعیین کرد و همچنین پنجره سمپاشی نیز با کاربرد این علف‌کش‌ها می‌تواند عریض‌تر شود. این علف‌کش‌ها دارای خصوصیات مهم دیگری نیز می‌باشند، دامنه وسیعی از علف‌های‌هرز را کنترل می‌کنند، مدت زمان کنترل علف‌هرز طولانی می‌شود، قابلیت تناوب زراعی ایجاد می‌شود، در طبیعت تجزیه می‌شوند. همچنین علف‌های‌هرز مقاوم نیز با این علف‌کش‌ها کنترل می‌شوند (Olofsdotter *et al.*, 2000). Gressel and Valverde (2009) نیز کاربرد ارقام متحمل به این دو علف‌کش را برای کنترل برنج‌هرز معرفی کرده‌اند.

مدیریت تلفیقی

به کارگیری یک روش کنترل به تنهایی برای کنترل مؤثر برنج هرز کارایی کافی را ندارد و لازم است که از تلفیق روش های مختلف کنترل بهره گرفته شود (Mansor *et al.*, 2012). Martin and Tanzo (2015) گزارش کردند که در فیلیپین (استان Iloili) از مجموع روش های زیر به منظور مدیریت تلفیقی برنج هرز به کار گرفته می شود: آماده سازی زمین طی ۵-۷ روز، استفاده از بذر پاک، کشت ردیفی برنج، کاربرد علف کش پیش رویشی (پرتیلاکلر + فن کلوریم) در زمان ۱-۳ روز پس از کشت، مدیریت آب (انجام غرقاب به عمق ۳-۵ سانتی متر در زمان ۸-۱۰ روز پس از کشت در سیستم کشت مستقیم بذر)، وجین برنج هرز به محض رؤیت. این روش مدیریت تلفیقی در نقطه مقابل مدیریت رایج کشاورزان قرار داشت که شامل دو هفته آماده سازی زمین، کاربرد بذر ذخیره شده توسط کشاورزان، کاربرد علف کش پیش رویشی یا پس رویشی زود هنگام بود. Jose *et al.* (2013) نیز توصیه کردند که بسته به میزان آلودگی برنج هرز در مزرعه از تلفیق روش های بستر بذر کاذب، کاربرد پیش از کشت اکسی فلورفن به میزان ۰/۲ کیلوگرم در هکتار سه روز قبل از کشت در آب به عمق ۵ سانتی متر آب ایستاده و کاربرد تماسی علف کش های عمومی مانند گلیفوسیت یا گلیفوزینات آمونیوم با غلظت ۱۵-۲۰ درصد در زمان ۶۵-۶۰ و یا ۷۵-۷۰ روز پس از کشت برای حذف پانیکول های برنج هرز که در این زمان بلندتر از پانیکول های برنج زراعی هستند (اختلاف ارتفاع برنج و برنج هرز ۲۰-۱۵ سانتی متر است) به کار برده شود. Azmi and Karim (2008) نیز تلفیق روش های کنترلی شامل سوزاندن بقایا، شخم سبک، کاربرد علف کش های پیش رویشی، شخم خشک و تر، کشت بذر جوانه دار شده برنج، غرقاب، وجین دستی، حذف پانیکول های برنج هرز را توصیه کردند (جدول ۲).

جدول ۲. عملیات مدیریتی توصیه شده برای کنترل برنج هرز توسط (Azmi and Karim (2008) and (Azmi and Muhammad (2003):

زمان	فعالیت	هدف
پس از برداشت		
یک تا سه روز پس از برداشت	بریدن بقایای برنج و علف های هرز	
پیش از کاشت		
۳۳ روز قبل از کاشت	کاربرد علف کش	گلایفوسیت، گلیفوزینات آمونیوم
۳۰ روز قبل از کاشت	انجام شخم با روتیواتور در شرایط خشک/شخم سبک (خاک ورزی اول)	روتیواتور سبک تا عمق ۷/۵ سانتی متر. حذف علف های هرز چندساله و تحریک سبز شدن بذر برنج هرز
۱۵ روز قبل از کشت	شخم با روتیواتور در شرایط مرطوب (دومین شخم)	تحریک جوانه زنی بذر برنج هرز
۱۰ روز قبل از کشت	دومین کاربرد علف کش	گلیفوسیت، گلیفوزینات آمونیوم، پرتیلاکلر
۲ روز قبل از کشت	روتیواتور مرطوب و تسطیح زمین	حذف برنج هرز سبز شده. سطح آب به میزان ۳ سانتی متر به عنوان مرجع استاندارد برای تسطیح زمین استفاده می شود.

پس از کشت		
روز کشت	کشت بذر برنج جوانه زده	کشت بذر به محض تسطیح زمین
سه روز پس از کشت	کاربرد علفکش پیش‌رویشی	پرتیلاکلر، تیونیکارب/پروپانیل، پرتیلاکلر/پروپانیل
۷ تا ۱۴ روز پس از کشت	غرقاب	
از ۲۰ روز پس از کاشت به بعد	دیده‌بانی برنج‌هرز در مزرعه و وجین‌دستی	پانیکول‌های برنج‌هرز بریده شوند تا بانک بذر آینده کاهش یابد.
در زمان برداشت		
۱۱۰ تا ۱۲۰ روز پس از کشت	برداشت	کمباین باید تمیز شود تا احتمال انتقال آلودگی از مناطق آلوده به سایر مناطق جلوگیری شود و بذر برنج هرز گسترش نیابد.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به اینکه علف‌کش‌های انتخابی برنج برای کنترل برنج‌هرز کارا نیستند، بنابراین مدیریت برنج‌هرز به‌عنوان یک مشکل بزرگ برای کشاورزان می‌باشد. بنابراین لازم است که از روش‌های مختلف کنترل علف‌های هرز برای کاهش مشکل برنج‌هرز کمک گرفته شود. این روش‌ها شامل روش‌های پیشگیری (بذر برنج زراعی عاری از بذر برنج‌هرز و ماشین‌آلات تمیز)، بستر بذر کاذب و عملیات آماده‌سازی بستر کشت، تغییر روش‌های استقرار برنج، کاربرد ارقام برنج با قدرت رقابتی بالا، کاربرد تراکم بالای کشت و کشت ردیفی برنج، کاربرد غرقاب در زمان و عمق مناسب و مدت زمان غرقاب، کاربرد علف‌کش‌های مناسب و تناوب گیاهی می‌باشند که باید در تلفیق با هم برای فائق آمدن بر مشکل برنج‌هرز به‌کار گرفته شوند.

- Abeysekera, A.S.K., Bandara, R.M. and Marambe, B. 2005. Impact of different application methods of pretilachlor (Sofit) on weed control in wet-seeded rice. In Proceedings of the 20th Asian-Pacific Weed Science Society Conference. Ho Chi Minh City, 306-310.
- Allard, J.L., Pradith, W. and Kotzian, R.K. 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. Ho Chi Minh City, Vietnam.
- Arrieta-Espinoza, G., Sanchez, E., Vargas, S., Lobo, J., Quesada, T. and Espinoza, A.M., 2005. The weedy rice complex in Costa Rica 1. Morphological study of relationships between commercial rice varieties, wild *Oryza* relatives and weedy types. Genetic Resources and Crop Evolution, 52: 575-587.
- Arya, S.R. and Ameena, M. 2015. Weedy rice-an emerging threat to paddy production. International Journal of Applied and Pure Science and Agriculture, 1(7): 22-28.
- Awan, I.U., Abbass, T. and Nadeem, M.A. 2001. Production efficacy of six rice cultivars against various herbicides applied for weed control in direct wet-seeded rice (*Oryza sativa* L.) culture. Online Journal of Biological Sciences, 1(9): 828-830.
- Azmi, M., Muhamad, H., Mislamah, A.B., Rafee, U. 2004. Manual Technology Kawalan Padi Angin. Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Serdang, Malaysia.
- Azmi, M. and Abdullah, M.Z., 1998. A Manual for the Identification and Control of Padi Angin (Weedy Rice) in Malaysia. Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Serdang, Malaysia.
- Azmi, M. and Johnson, D.E. 2006. Crop establishment options for lowland irrigated rice in relation to weed infestation and grain yield. Journal of Tropical Agriculture and Food Science, 37: 111-117.
- Azmi, M. and Karim, S.M.R. 2008. Weedy Rice Biology, Ecology and Management. Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Kuala Lumpur, Malaysia.
- Azmi, M. and Muhammad, H. 2003. Distribution of weedy rice and its management in direct-seeded rice, Muda area, Malaysia. Malaysian Science and Technology Congress, Kuala Lumpur. September 2003. P: 23-25.
- Azmi, M., Abdullah, M.Z., Mislamah, B. and Baki, B.B., 2000. Management of weedy rice (*Oryza sativa* L.): The Malaysian experience. In: Baki, B.B., et al. (Eds.), Wild and Weedy Rice in Rice Ecosystems in Asia e a Review. Limited Proceedings No. 2. International Rice Research Institute, Los Baños (Philippines), pp. 91-96.
- Azmi, M., Adbdullah, M.Z., Muhammad, H., 2005b. Weedy rice (Padi angin): a real threat to rice industry and farmers. In: Proceedings of 4th National Seed Symposium, Putrajaya, Malaysia. Malaysian Association of Seed Technologists.
- Azmi, M., Muhamad, H. and Johnson, D.E. 2005a. Impact of weedy rice infestation on rice yield and influence of crop establishment technique. In: Proceedings of the 20th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, Ho Chi Minh City, Vietnam. Asian Pacific Weed Science Society.
- Azmi, M., Muhamad, H., Mislamah, A.B., Rafee, U. and Muhamad H. 2007. Manual Teknologi Kawalan Padi Angin edisi 2004. Malaysian Agricultural Research and Development Institute, Serdang.
- Azmi, M., Watanabe, H., Abdullah, M.Z. and Zainal, A.H. 1994. Padi angin, an emerging threat to direct-seeded rice, pp. 29-36. In: Proceedings of the Malaysian Congress of Science and Technology. Organized by Confederation of Scientific and Technological Association in Malaysia, Kuala Lumpur.
- Baki, B.B. and Shakirin, M.M. 2010. Spatio-temporal distribution pattern of new biotypes of weedy rice (*Oryza sativa* L.) in Selangor North-West Project, Malaysia. Korean Journal of Weed Science, 30: 68-83.
- Baki, B.B. 2010. Shaping the future of weed science to serve humanity in the Asia-Pacific. Pakistan Journal of Weed Science Research, 16: 123-138.
- Baltazar, A.M. and Janiya, J.D. 2000. Weedy rice in The Philippines. In B. B. Baki, D. V. Chin, & M. Mortimer (Eds.), Wild and weedy Rice in Rice ecosystems in Asia-A review (pp. 75-58). Los Banos, Laguna, Philippines: International Rice Research Institute.
- Batlla, D. and Benech-Arnold, R. 2007. Predicting changes in dormancy level in weed seed soil banks: implications for weed management. Crop Protection, 26(3): 189-197.
- Benvenuti, S., Dinelli, G. and Bonetti, A. 2004. Germination ecology of *Leptochloa chinensis*: a new weed in the Italian rice agro-environment. Weed Research, 44: 87-96.
- Benvenuti, S., Macchia, M., Miele, S. 2001. Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seeds with increasing soil depth. Weed Science, 49: 528-535.
- Bhullar, M.S. and Chauhan, B.S. 2015. Seed bank dynamics and emergence pattern of weeds as affected by tillage systems in dry direct-seeded rice. Crop Protection, 67: 168-177.
- Bird, J., Eagle, A., Horwath, W. R., Hair, Zilbert, E. and Kessel, C. V. 2002. Long-term studies find benefits, challenges in alternative rice straw management. California Agriculture, 56(2): 69-75.
- Broggi, A., Pernollet, C.A., Gauthier-Clerc, M., Guillemain, M. 2015. Waterfowl foraging in winter-flooded ricefields: any agronomic benefits for farmers? Ambio, 44:793-802

- Burgos, N.R., Norman, R.J., Gealy, D.R. and Black, H., 2006. Competitive N uptake between rice and weedy rice. *Field Crops Research*, 99: 96-105.
- Burgos, N.R., Norsworthy, J.K., Scott, R.C. and Smith, K.L. 2008. Red rice (*Oryza sativa*) status after 5 years of imidazolinone-resistant rice technology in Arkansas. *Weed Technology*, 22: 200-208.
- Burgos, N.R., Singh, V., Tend, T.M., Black, H., Young, N.D., Huang, Z., Hyma, K.E., Gealy, D.R., Caicedo, A.L. 2014. The impact of herbicide-resistant rice technology on phenotypic diversity and population structure of United States weedy rice. *Plant Physiology*, 166: 1208-1220
- Busi, R., Nguyen, N. K., Chauhan, B. S., Vidotto, F., Tabacchi, M. and Powles, S. B. 2016b. can herbicide safeners allow selective control of weedy rice infesting rice crops? *Pest Management Science*, 73(1): 71-77.
- Cao, Q., Lu, B.R., Xia, H., Rong, J., Sala, F., Spada, A. and Grassi, F. 2006. Genetic diversity and origin of weedy rice (*Oryza sativa* f. *spontanea*) populations found in north-eastern China revealed by simple sequence repeat (SSR) markers. *Annals of Botany*, 98, 1241-1252.
- Cao, Q.J., Li, B.O., Song, J.P., Cai, X.X., Lu, B.R. 2007. Impact of weedy rice populations on the growth and yield of direct-seeded and transplanted rice. *Weed Biology and Management*, 7(2): 97-104.
- Chauhan, B.S. 2012a. Weed ecology and weed management strategies for dryseeded rice in Asia. *Weed Technology* 26, 1-13.
- Chauhan, B.S. 2012b. Weedy rice (*Oryza sativa*) II. Response of weedy rice to seed burial and flooding depth. *Weed Science*, 60: 385-388.
- Chauhan, B.S. 2013a. Management strategies for weedy rice in Asia. Los Banos (Philippines): international Rice Research Institute. 16p.
- Chauhan, B.S. 2013b. Effect of shade on growth and yield of weedy rice (*Oryza sativa* L.) biotypes and a rice (*Oryza sativa* L.) cultivar. *Asian Journal of Crop Improvement*, 27: 272-280.
- Chauhan, B.S. 2013c. Strategies to manage weedy rice in Asia. *Crop Protection*, 48: 51-56.
- Chauhan, B.S. and Abugho, S.B. 2013. Weed management in mechanized-sown, zero-till dry-seeded rice. *Weed Technology*, 27: 28-33.
- Chauhan, B.S. and Johnson, D.E. 2010. The role of seed ecology in improving weed management strategies in the tropics. *Advances in Agronomy*, 105: 221-262.
- Chauhan, B.S., Namuco, O.S., Ocampo, L.A.L., Son, T.N., Thu, T.A., Nam, N.N., Phuong, L.N. and Bajwa, A.A. 2015. Weedy rice (*Oryza sativa* f. *spontanea*) problems and management in wet direct-seeded rice (*O. sativa* L.) in the Mekong Delta of Vietnam. *Crop Protection*, 78: 40-47.
- Chauhan, B.S., Thi Ngoc, S.T., Duong, D. and Le Ngoc, P. 2014. Effect of pretilachlor on weedy rice and other weeds in wet-seeded rice cultivation in south Vietnam. *Plant Production Science*, 17(4): 315-320.
- Chin, D.V. 2001. Biology and management of barnyardgrass, red sprangletop and weedy rice. *Weed Biology and Management*, 1: 37-41.
- Chin, D.V., Hien, T.V. and Thiet, L.V. 2000. Weedy rice in Vietnam, In: *Wild and Weedy Rice in Rice Ecosystems in Asia- A Review*. International Rice Research Institute: Los Banos (Philippines). 45-50.
- Chung, J.W. and Park, Y.J. 2010. Population structure analysis reveals the maintenance of isolated sub-populations of weedy rice. *Weed Research*, 50: 606-620.
- Davies, J. and Caseley, J.C. 1999. Herbicide safeners: a review. *Pesticide Science*, 55:1043-1058.
- Delouche, J.C., Burgos, N.R., Gealy, D.R., de San Martin, G.Z., Labrada, R., Larinde, M. and Rosell, C., 2007. Weedy Rices e Origin, Biology, Ecology and Control. *FAO Plant Production and Protection Paper 188*. FAO, Rome.
- Deng, F. and Hatzios, K.K. 2002. Characterization and safener induction of multiple glutathione S-transferases in three genetic lines of rice. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 72(1): 24-39.
- Diarra, A.R.J., Smith, R.J. and Talbert, R.E. 1985. Growth and morphological characteristics of red rice (*Oryza sativa*) biotypes. *Weed Science*, 33: 310- 314.
- Diepen, L.V., Groenigen, J.W. and Kessel, C.V. 2004. Isotopic evidence for changes in residue decomposition and N-cycling in winter flooded rice fields by foraging waterfowl. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 102 (1): 41-47.
- Dixon, D.P., Cole, D.J. and Edwards, R. 1997. Characterization of multiple glutathione transferases containing the GST I subunit with activities toward herbicide substrates in maize (*Zea mays*). *Pesticide Science*, 50: 72-82.
- Eleftherohorinos, I.G. and Dhima, K.V. 2002. Red rice (*Oryza sativa*) control in rice (*O. sativa*) with preemergence and postemergence herbicides. *Weed Technology*, 16: 537-540.
- Farooq, M., Siddique, K.H., Rehman, H., Aziz, T., Lee, D.-J. and Wahid, A. 2011. Rice direct seeding: experiences, challenges and opportunities. *Soil and Tillage Research*, 111 (2): 87-98.
- Ferrero, A. 2003. Weedy rice, biological features and control. In *weed Management for Developing Countries – FAO Plant Production and Protection paper*; R. Labrada: Rome, Italy, 120: 89-107.
- Ferrero, A. and Finassi, A. 1995. Viability and soil distribution of red rice (*Oryza sativa* L. var. *sylvatica*) seeds. *Med. Fac. Landbouww., Rijksuniv. Gent*. pp. 205-211.
- Ferrero, A., Vidotto, F., Balsari, P. and Airoidi, G. 1999. Mechanical and chemical control of red rice (*Oryza sativa* L. var. *sylvatica*) in rice (*Oryza sativa* L.) pre-planting. *Crop Protection*, 18: 245-251.
- Fogliatto, S., Ferrero, A. and Vidotto, F. 2020. How can weedy rice stand against abiotic stresses? A review. *Agronomy*, 10: 1284. Doi: 10.3390/agronomy 10091284
- Fogliatto, S., Vidotto, F. and Ferrero, A. 2010. Effects of winter flooding on weedy rice (*Oryza sativa* L.). *Crop Protection*, 29: 1232-1240.

- Gressel, J. and Valverde, B.E. 2009. A strategy to provide long-term control of weedy rice while mitigating herbicide resistance transgene flow, and its potential use for other crops with related weeds. *Pest Management Science*, 65: 723-731.
- Groenigen, J.W., Burns, E. G., Eadie, J., Horwath, W. and Kessel, C. 2003. Effects of foraging waterfowl in winter flooded rice fields on weed stress and residue decomposition. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 95(1): 289-296.
- Gronwald, J.W. and Plaisance, K.L. 1998. Isolation and characterization of glutathione S-transferase isozymes from sorghum. *Plant Physiology*, 117: 877-892.
- Hamid, Z. A. A., Mansoor, M. and Man, A. 2007. Life cycle and morphological characteristics of weedy rice, a noxious weed of rice fields in Malaysia. *Journal of Biosains*, 18(1): 55-79.
- Imaizumi, T. 2018. Weedy rice represents an emerging threat to transplanted rice production systems in Japan. *Weed Biology and Management*, 18(2): 99-102.
- Jose, N., Abraham, C.T., Mathew, R., and Leenakumary, S. 2013. Biology and management of weedy rice in direct – seeded puddled rice. *Proc. 24th Asian-Pacific Weed Science Society Conference*; 22-25, October, 2013, Bandung, Indonesia. pp. 454-461.
- Juliano, L.M., Donayre, Donayre, D.K.M., Martin, E.C. and Beltran, J.C. 2020. Weedy rice: An expanding problem in direct-seeded rice in the Philippines. *Weed Biology and Management*, 20(2):27-37.
- Juraimi, A.S, Uddin, M.K, Anwar, M.P, Mohamed, M.T.M, Ismail, M.R, Man, A. 2013. Sustainable weed management in direct seeded rice culture: A review. *Australian Journal of Crop Science*, 7: 989-1002.
- Kadir, A. and Kamariah, O. 2003. Bridging the technology gap through effective expansion programs. *Proceeding of an International Rice Conference*. Alor Setar, Malaysia. 13-16 October. p.208-216.
- Kane, N.C., Baack, E.J. 2007. The origins of weedy rice. *Molecular Ecology*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-294X.2007.03520.x>
- Labrada, R. 2003. Present trends in weed management. In *Weed Management for Developing Countries -FAO Plant Production and Protection Paper*; R. Labrada: Rome, Italy, 2003; Volume 120, p. 227.
- Lei, C., Man, J., Wei-Le, Z., Cheng-Xu, W., Yong-Bin, W., Zhi-Zhong, W. and Xiao-Yan, T. 2020. Research advances on characteristics, damage and control measures of weedy rice. *Acta Agronomica Sinica*, 46(7): 969-977.
- Leopold, A.C., Glenister, R. and Cohn, M.A. 1988. Relationship between water content and after ripening in red rice. *Physiologia Plantarum*, 74: 659-662.
- Londo, J.P. and Schaal, B.A. 2007. Origins and population genetics of weedy red rice in the USA. *Molecular Ecology*, 16: 4523-4535.
- Londo, J.P., Chiang, Y.C., Hung, K.H., Chiang, T.Y. and Schaal, B.A. 2006. Phylogeography of Asian wild rice, *Oryza rufipogon*, reveals multiple independent domestications of cultivated rice *Oryza sativa*. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 103 (25): 9578-9583.
- Luat, N.V. 2000. Integrated weed management and control of weeds and weedy rice in Vietnam. In: Baki, B.B., et al. (Eds.), *Wild and Weedy Rice in Rice Ecosystems in Asia e a Review*. Limited Proceedings No. 2. International Rice Research Institute, Los Banos (Philippines), pp. 1e3.
- Mahajan, G., Chauhan, B.S. and Gill, M.S. 2013. Dry-seeded rice culture in Punjab State of India: lessons learned from farmers. *Field Crops Research*, 144: 89-99.
- Manley, S.W., Kaminski, R.M., Reinecke, K.J. and Gerard, P.D. 2005. Agronomic implications of waterfowl management in Mississippi rice fields. *Wildlife Society Bulletin*, 33(3): 981-992
- Mansor, M., Rezaul Karim, S. M. and Abidin, Z. 2012. Effects of farmers cultural practices on the weedy rice infestation and rice production. *Scientific Research and Essays*, 7(5): 609-615.
- Marambe, B. 2005. Properties of rice growing in abandoned paddies in Sri Lanka. Chapter 18. In *Crop Fertility and Volunteerism* (Ed. J Gressel). pp 295-303. Boca Raton, USA, CRC Press.
- Marambe, B. 2006. Control of sedges in Rice Cultivation of Sri Lanka. Chapter 2. In *Management of Sedge weeds in Rice* (Eds: Kil-Ung Kim and R. Labdrada), pp 13-21. Kyungpook National University, Korea.
- Marambe, B. 2008 and 2009. Weedy rice: evolution, threats and management. *Tropical Agriculturist*, 157: 43-64.
- Marambe, B. and Amarasinghe, L. 2000. Weedy rice in Sri Lanka. In *Wild and Weedy Rice in Rice Ecosystems in Asia – A Review* (Eds: B.B. Baki, D.V. Chin and A.M. Mortimer), pp 79-82. Limited Proceedings No 2. International Rice Research Institute, Philippines.
- Marambe, B. and Amarasinghe, L. 2002. Propanil-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* L. Beauv) in Sri Lanka: Seedling growth under different temperatures and control. *Weed Biology and Management*, 2: 194-199.
- Martin, E.C. and Tanzo, I.R. 2015. Enhancing awareness on weedy rice management in Iloilo province, Philippines. *Asia Life Sciences*, 24(1): 285-294
- Mispan, M.S., Jalaluddin, A., Majrashi, A.A. and Baki, B.B. 2015. Weed Science in Malaysia: An Analysis. In. *Weed Science in the Asian Pacific Region* (Rao et al. eds). Asian-Pacific Weed Science Society.
- Moldenhauer, K.A.K, Gibbons, J.H. 2003. Rice Morphology and Development. In: *Rice. Origin, History, Technology, and Production* (eds. Smith CW, Dilday RH). John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. pp 103-127.

- Mortimer, M., Pandey, S. and Piggin, C. 2000. Weedy rice: approaches to ecological appraisal and implications for research priorities. In: Baki, B.B., et al. (Eds.), *Wild and Weedy Rice in Rice Ecosystems in Asia e a Review*. Limited Proceedings No. 2. International Rice Research Institute, Los Baños (Philippines), pp. 97-105.
- Noldin J.A, Chandler J.M, McCauley G.N. 2006. Seed longevity of red rice ecotypes buried in soil. *Planta Daninha*, 24: 611-620.
- Olofsdotter, M., Valverde, B.E. and Madsen, K.H. 2000. Herbicide resistant rice (*Oryza sativa* L.): global implications for weedy rice and weed management. *Annals of Applied Biology*, 137: 279-295.
- Pascal, S. and Scalla, R. 1999. Purification and characterization of a safener induced glutathione S-transferase from wheat (*Triticum aestivum*). *Physiologia Plantarum*, 106(1): 17-27.
- Rao, A.N., Johnson, D.E. Sivaprasad, B. Ladha, J.K. and Mortimer, A.M. 2007. Weed management in direct-seeded rice. *Advances in Agronomy*, 93: 153-255.
- Rashid, M.H., Alam, M.M., Rao, A.N. and Ladha, J.K. 2012. Comparative efficacy of pretilachlor and hand weeding in managing weeds and improving the productivity and net income of wet-seeded rice in Bangladesh. *Field Crops Research*, 128: 17-26.
- Rathore, M., Singh, R. and Kumar, B. 2013. Weedy rice: an emerging threat to rice cultivation and options for its management. *Current Science*, 105 (8): 1067-1072.
- Saha, S., Patra, B.C., Munda, S. and Mohapatra, T. 2014. Weedy rice: problems and its management. *Indian Journal of Weed Science*, 46(1): 14-22.
- Sakai, N., Aoki, M., Hosoi, J., Taniguchi, T. and Okabe, T. 2011. Weed control of weedy red rice among cultivated rice in Nagano prefecture (second report). *Hokuriku Crop Science*, 46: 42-44.
- Sanchotene, D.M., Kruse, N.D., Avila, L.A., Machado, S.L.O., Nicolodi, G.A. and Dornelles, S.H.B. 2010. Phorate and Dietholate act as safeners for rice against Clomazone at high doses. *Planta Daninha*, 28(4): 909-912.
- Scalla, R. and Roulet, A. 2002. Cloning and characterization of a glutathione S-transferase induced by a herbicide safener in barley (*Hordeum vulgare*). *Physiologia Plantarum*, 116, 336-344.
- Shen, X., Gao, X., Eneji, A.E. and Chen, Y. 2013. Chemical control of weedy rice in precise hill-direct-seeded rice in South China. *Weed Biology and Management*, 13: 39-43.
- Shivrain, V.K., Burgos, N.R., Gealy, D.R., Smith, K.L., Scott, R.C., Mauromoustakos, A. and Blach., H. 2009. Red rice (*Oryza sativa* L.) emergence characteristics and influence on rice (*O. sativa*) yield at different planting dates. *Weed Science*, 57: 94-102.
- Shivrain, V.K.; Burgos, N.R.; Scott, R.C.; Gbur, E.E., Jr.; Estorninos, L.E., Jr.; McClelland, M.R. 2010. Diversity of weedy red rice (*Oryza sativa* L.) in Arkansas, U.S.A. in relation to weed management. *Crop Protection*, 29: 721-730.
- Shon, J., Lee, C. K., Kim, J., Yang, W., Choi, K. J., Park, H. K., Park, T. S., Kim, C. K. and Yoon, Y. H. 2013. Changes of weedy rice occurrence in repeated wet direct seeding and alternate transplanting/wet direct seeding of rice. *Weed & Turfgrass Science*, 2(4): 348-351.
- Singh, K., Kumar, V., Saharawat, Y.S., Gathala, M., Ladha, J.K. and Chauhan, B.S. 2013. Weedy rice: an emerging threat for direct-seeded rice production systems in Indian Journal of Rice Research, 1(1): 106- 112.
- Smith, R.J. Jr. 1981. Control of red rice (*Oryza sativa*) in water-seeded rice (*O. sativa*). *Weed Science*, 29: 663-666.
- Smith, R.J. Jr. 1988. Weed thresholds in rice. *Weed Technology*, 2(3): 238-241.
- Song, B.K, Chuah, T.S, Tam, S.M, Olsen, K.M. 2014. Malaysian weedy rice shows its true stripes: wild *Oryza* and elite rice cultivars shape agricultural weed evolution in Southeast Asia. *Molecular Ecology*, 23: 5003-5017.
- Streck, N.A., Michelon, S., Kruse, N.D., Bosco, L.C., Lago, I., Marcolin, E., Paula, G.M. and Samboranza, F. 2008. Growth and development of red and pad rice genotypes. *Bragantia*, 67(2): 349- 360.
- Sudianto, E., Neik, T.X., Tam, S.M., Chuan, T.S., Idris, A.A., Olsen, K.M. and Song, B.K. 2016. Morphology of Malasian weedy rice (*Oryza sativa*): diversity, origin and implications for weed management. *Weed Science*, 64: 501-512.
- Suh, H.S., 2008. Weedy Rice. National Institute of Crop Science, Rural Development Administration (RDA), Korea.
- Tewari, A.N. 2008. Weedy rice and its management. In: Singh, Y., et al. (Eds.), *Direct Seeding of Rice and Weed Management in the Irrigated Rice-wheat Cropping System of the Indo-gangetic Plains*. International Rice Research Institute, and Pantnagar (India): Directorate of Experiment Station, G.B. Pant University of Agriculture and Technology, Los Baños (Philippines), pp. 205-211.
- Tuat, N.V. and Son, N.H. 2005. Influence of eco-conditions on the selectivity and efficacy of major paddy rice herbicides used in Vietnam. In *Proceedings of the 20th Asian-Pacific Weed Science Society Conference*. Ho Chi Minh City, 259-266.
- Tuong, T.P. and Bouman, B.A.M. 2003. Rice production in water-scarce environments. In: Kijne, J.W., et al. (Eds.), *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvements*. CABI Publishing, UK, pp. 53-67
- Valverde, B.E. 2005. The damage by weedy rice-can feral rice remain undetected? Chapter 17. In: *Crop Fertility and Volunteerism* (Ed: J. Gressel). pp 279-294. CRC Press, Florida.
- Varshney, J.G. and Tiwari, J.P. 2008. Studies on weedy rice infestation and assessment of its impact on rice production. *Indian J. Weed Science*, 40: 3-4.
- Vidotto, F. and Ferrero, A. 2000. Germination behavior of red rice (*Oryza sativa* L.) seeds in field and laboratory conditions. *Agronomie*, 20: 375-382.

- Vidotto, F., and Ferrero, A. 2005. Modeling population dynamics to overcome feral rice. p. 353-368. In Gressel, J. (ed.) Crop ferality and volunteerism. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Vidotto, F., Ferrero, A. and Tabacchi, M. 1998. Lotta al risocrodo (*Oryza sativa* L. var. *sylvatica*) con la tecnica della falsasemina, pp. 369-374. In: Proceedings of Mediterranean 5th ESA Congress.
- Vijayanathan, V.J. 2006. Control of Weedy Rice Infestation by Enhancing Rice Establishment in Anaerobic Direct Seeding. M.Sc. thesis, Universiti Putra Malaysia.
- Vinod, K.S., Nilda, R.B., Robert, C.S., Edward, E.G., Leopoldo, E.E. and Marilyn, R.M. 2010. Diversity of weedy red rice (*Oryza sativa* L.) in Arkansas, U.S.A. in relation to weed management. Crop Protection, 29: 721–730.
- Watanabe, H. 2011. Development of lowland weed management and weed succession in Japan. Weed Biology and Management, 11: 175–189.
- Watanabe, H., Vaughan, D.A., Tomooka, N. 1998. Weedy rice complexes: case study from Malaysia, Vietnam and Suriname. International Symposium on Wild and Weedy Rice in Agroecosystems, Ho Chi Minh City, Vietnam.
- Yang, X. 2019. Weedy rice evolution: De-domestication or Semi-domestication? Molecular Plant, 12: 613-614.
- Ye, H., Feng, J., Zhang, L., Mispan, M.S, Cao, Z., Beighley, D.H, Yang, J. and Gu, X.Y. 2015. Map-Based Cloning of Seed Dormancy1-2 Identified a Gibberellin Synthesis Regulating the Development of Endosperm-Imposed Dormancy in Rice. Plant Physiology, 169: 2152-2165.
- Young, M.L., Norsworthy, J.K., Scott, R.C., Bond, J.A. and Heiser, J. 2018. Benzobicyclon as a post-flood option for weedy rice control. Weed Technology, 32: 371-378.
- Ziska, L.H., Tomecek, M.B. and Gealy, D.R. 2010. Competitive interactions between cultivated and red rice as a function of recent and projected increases in atmospheric carbon dioxide. Agronomy Journal, 102: 118-123.