

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات برنج کشور

مروری بر کشت مستقیم برنج با تأکید بر مدیریت علف‌های هرز

نگارندگان:

دکتر ییژن یعقوبی

عضو هیات علمی موسسه تحقیقات برنج کشور

دکتر مریم رجبیان

دکترای زراعت (فیزیولوژی گیاهی)

تابستان ۱۳۹۸

نشریه‌ی شماره‌ی ۳۷

حق چاپ برای موسسه‌ی تحقیقات برنج کشور محفوظ است.

انتشارات موسسه تحقیقات برنج کشور

عنوان نشریه: مروری بر کشت مستقیم برنج با تأکید بر مدیریت علف‌های هرز

نگارندگان: بیژن یعقوبی و مریم رجیبیان

ناشر: انتشارات موسسه تحقیقات برنج کشور

ویراستاران علمی: الهیار فلاح، عبدالعلی گیلانی، هدی آبادیان

ویراستار ادبی: مهدی جلائیان

صفحه آرایی: شهربانو حمیدزاده و فاطمه فرح‌دهر

طراحی جلد: محمدرضا عابدینی

چاپ اول: ۱۳۹۸

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۸۰۰۰ تومان

شماره‌ی ثبت: ثبت در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی به شماره‌ی ۵۵۸۰۸ و تاریخ ۹۸/۴/۱۵ می‌باشد.

نشانی: رشت، کیلومتر ۵ جاده تهران، موسسه تحقیقات برنج کشور، صندوق پستی: ۱۶۵۸، کد پستی: ۴۱۹۹۶-۱۳۴۷۵

تلفن: ۰۱۳۳۳۶۹۰۰۵۲، دورنگار: ۰۱۳۳۳۶۹۰۰۵۱، وبسایت: <http://berenj.areeo.ac.ir>

مسئولیت صحت مطالب با نویسندگان است.

فهرست مندرجات

صفحه

عنوان

۴	۱- مقدمه
۶	۲- دلایل انتقال از کشت نشایی به کشت مستقیم برنج
۶	۱-۲- کمبود آب
۶	۲-۲- کمبود کارگر و افزایش هزینه‌های کارگری
۷	۳- دیگر عوامل موثر بر تغییر روش کشت نشایی به کشت مستقیم
۷	۱-۳- سیستم کشت متمرکز محصول و پیشرفت‌های اخیر در روش‌های تولید کشت مستقیم برنج
۷	۲-۳- اثرات مضر گل‌خرابی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و گیاه زراعی بعدی
۸	۴- انواع روش‌های کشت مستقیم برنج
۸	۱-۴- کشت مستقیم در بستر خشک (خشکه‌کاری)
۱۱	۲-۴- کشت مستقیم در بستر مرطوب
۱۱	۳-۴- کشت مستقیم در بستر غرقاب
۱۲	۵- توزیع جهانی کشت مستقیم برنج
۱۳	۶- کشت مستقیم برنج در ایران
۲۰	۷- مزایا و مخاطرات بالقوه کشت مستقیم برنج
۲۰	۱-۷- مزایای کشت مستقیم
۲۱	۲-۷- مخاطرات کشت مستقیم
۲۱	۸- علف‌های هرز: محدودیت زیستی اصلی در کشت مستقیم
۲۱	۹- فلور علف‌های هرز در کشت مستقیم برنج
۲۳	۱۰- اُفت عملکرد رقابت گیاه زراعی - علف هرز در کشت مستقیم برنج
۲۴	۱۱- راهبردهای مدیریت علف‌های هرز
۲۴	۱۲- پیشگیری
۲۵	۱۳- آماده‌سازی زمین
۲۶	۱۴- زمان کاشت و میزان بذر (تراکم کاشت)
۲۸	۱۵- فاصله ردیف کشت
۲۸	۱۶- استفاده از ژنوتیپ‌های رقابتی برنج
۳۰	۱۷- ارقام دگرآسیب
۳۱	۱۸- استفاده از بقایای گیاهی به‌عنوان مالچ (خاک‌پوش)
۳۱	۱۹- تناوب گیاهی
۳۲	۲۰- کود قهوه‌ای (هم‌کشتی با سبب‌انیا)
۳۲	۲۱- پرایمینگ بذر (پیش‌تیمارسازی بذر)
۳۳	۲۲- آفتاب‌دهی خاک
۳۳	۲۳- مدیریت آب
۳۴	۲۴- مدیریت مواد مغذی
۳۴	۲۵- کنترل زیستی
۳۵	۲۶- کنترل مکانیکی و دستی

۳۵	.....	۲۷- کنترل شیمیایی
۳۷	.....	۲۸- مصرف علف‌کش در کشت مستقیم در بستر خشک (خشکه‌کاری)
۳۹	.....	۲۹- مصرف علف‌کش در کشت مستقیم در بستر مرطوب
۴۰	.....	۳۰- مصرف علف‌کش در کشت مستقیم در بستر غرقاب
۴۱	.....	۳۱- رویکرد زیست فناوریانه کنترل علف‌های هرز
۴۲	.....	۳۲- نقاط ضعف برنج مقاوم به علف‌کش
۴۲	.....	۳۳- مدیریت تلفیقی علف‌های هرز
۴۳	.....	۳۴- نتیجه‌گیری
۴۴	.....	منابع

۱- مقدمه

برنج، یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی و غذای اصلی بیش از نیمی از جمعیت جهان است. برنج در سطحی معادل ۱۶۷ میلیون هکتار کشت شده و تولید سالیانه آن نیز حدود ۷۷۰ میلیون تن شلتوک است (FAO, 2017). سطح زیر کشت برنج در ایران حدود ۵۹۸ هزار هکتار و میزان تولید سه میلیون و دویست هزار تن گزارش شده است (آمارنامه کشاورزی، سال زراعی ۹۶-۹۵). به‌طور کلی، ۹۰ درصد از برنج دنیا (حدود ۱۴۶ میلیون هکتار سطح زیر کشت و تولید سالیانه ۶۹۳ میلیون تن شلتوک) در آسیا تولید و مصرف می‌شود (FAO, 2017).

مطابق برآوردها، به‌منظور تأمین نیاز جهانی برنج تا سال ۲۰۳۵، نیاز به افزایش تولید به‌میزان حدود ۱۱۴ میلیون تن برنج سفید بیش‌تر وجود دارد، که معادل ۲۶ درصد افزایش در ۲۵ سال آینده است (IRRI, 2008). امکان گسترش سطح زیر کشت برنج در آینده‌ای نزدیک به‌دلیل عواملی همچون کم‌آبی، نیاز به تغییر کاربری اراضی و هزینه‌ی بالای تهیه‌ی زمین‌های کشاورزی محدود است. بنابراین، این میزان اضافی برنج باید با افزایش تولید حاصل شود.

تولید و پایداری سیستم‌های مبتنی بر برنج به‌دلیل: ۱- استفاده‌ی نامناسب از نهاده‌ها (کود، آب، نیروی کارگری) و افزایش کمبود منابع، ۲- تغییر اقلیم، ۳- بحران در حال ظهور انرژی و افزایش قیمت سوخت، ۴- افزایش هزینه‌ی کشت و ۵- تغییرات اجتماعی و اقتصادی نوظهور از قبیل شهرنشینی، مهاجرت نیروی کار، ترجیح کارهای غیرکشاورزی و نگرانی در ارتباط با آلودگی‌های مرتبط با مزرعه، مورد تهدید قرار گرفته است، از این‌رو، مدیریت زراعی و نوآوری‌های فناورانه به‌منظور حل این مسائل در آسیا و حفظ پایداری بلند مدت مورد نیاز است.

در آسیا، کشت برنج به‌طور معمول از طریق نشاکاری در خاک گل‌خراب شده انجام می‌شود. گل‌خرابی از طریق کاهش تلفات نفوذ آب و کنترل مناسب علف‌های هرز، استقرار گیاهچه‌های نشایی را تسهیل می‌نماید. شرایط بی‌هوایی جهت افزایش فراهمی و در دسترس بودن مواد مغذی برای برنج سودمند است. گل‌خرابی زیاد اثرات منفی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک از طریق تخریب خاکدانه‌ها، کاهش تراوایی (نفوذپذیری) در لایه‌های زیرسطحی و تشکیل لایه‌های سخت در اعماق خاک دارد (Sharma et al., 2003). علاوه بر این، گل‌خرابی و نشاکاری نیاز به میزان زیادی آب و نیروی کارگری دارد که هر دوی آن‌ها به‌گونه‌ای فزاینده کمیاب و پر هزینه است، از این‌رو سودآوری در تولید برنج کاهش می‌یابد. نشاکاری که تا حد زیادی توسط زنان انجام می‌شود، از فعالیت‌های دشوار در تولید برنج است که امروزه تمایل کم‌تری برای انجام آن به‌صورت دستی وجود دارد. در سال‌های اخیر نشاکاری ماشینی به‌سرعت جایگزین نشاکاری دستی شده است. تمام این محدودیت‌ها، تغییر کشت برنج از نشاکاری در خاک گل‌خراب‌شده (خاک‌ورزی متداول) به کشت مستقیم برنج در نواحی تحت آبیاری را می‌طلبند.

کشت مستقیم به صورت (۱) کشت مستقیم در بستر مرطوب (کشت مرطوب)، که در آن بذور جوانه زده‌ی برنج بر روی خاک مرطوب یا گل خراب شده پاشیده یا به صورت خطی کاشته می‌شوند، (۲) کشت مستقیم در بستر خشک (خشکه کاری)، که در آن بذور خشک برنج پس از خاک‌ورزی خشک، حداقل خاک‌ورزی یا بدون خاک‌ورزی بر روی خاک گل خراب نشده (یا خاک‌ورزی حداقل) پاشیده شده یا به صورت ردیفی کاشته می‌شوند و (۳) کشت مستقیم در بستر غرقاب که به صورت پخش بذور جوانه دار شده‌ی برنج در آب ایستا است، طبقه‌بندی می‌شود. به‌طور عمده کشت مستقیم در بستر مرطوب به‌منظور مدیریت کمبود نیروی کار، انجام شده و در حال حاضر در مالزی، تایلند، ویتنام، فیلیپین، و سریلانکا اجرا می‌شود. اما با افزایش مشکل کمبود آب، توسعه و پذیرش کشت مستقیم در بستر خشک افزایش یافته است. مناطق تحت کشت مستقیم در بستر خشک در نواحی تحت آبیاری ناچیز است ولی به‌طور سنتی در بیش‌تر کشورهای آسیایی در مناطق تحت دیم‌کاری انجام می‌شود. کشت در بستر آبی نیز به‌گونه‌ای گسترده در ایالات متحده آمریکا جهت مدیریت علف‌های هرز مانند برنج هرز (برنج قرمز)، که به‌طور معمول کنترل آن‌ها دشوار است، اجرا می‌شود.

هر دو سیستم کشت مستقیم در بستر خشک و مرطوب، پتانسیل کاهش مصرف آب و نیروی کارگری را در مقایسه با نشاکاری تحت خاک‌ورزی متداول دارا هستند. به‌طور میانگین در حدود ۶۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری در کشت مستقیم در بستر مرطوب در مقایسه با نشاکاری تحت خاک‌ورزی متداول امکان‌پذیر است. میزان مصرف آب در کشت مستقیم در بستر خشک ۱۰ تا ۵۰ درصد کم‌تر از میزان آب مصرفی در نشاکاری تحت خاک‌ورزی متداول است. سیستم کشت مستقیم همچنین می‌تواند سبب کاهش نیاز به نیروی کارگری به‌میزان حدود ۱۰ تا ۷۰ درصد، بسته به فصل، مکان و نوع سیستم کشت مستقیم در مقایسه با نشاکاری تحت خاک‌ورزی متداول شود (Kumar et al., 2009).

روش اجرای سیستم کشت مستقیم در کشورهای مختلف، متفاوت است. آماده‌سازی زمین (خاک‌ورزی)، روش‌های کشت و استقرار، میزان بذر، مدیریت آب و مدیریت علف‌هرز و موادمغذی از مکانی به مکان دیگر تغییر می‌کند. به‌عنوان مثال، میزان مصرف بذر در محدوده‌ی ۲۰ تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار در شرق آسیا تا بیش‌تر از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در برخی از کشورهای جنوب شرقی آسیا متغیر است.

طی دهه‌ی گذشته، تلاش‌های بسیاری در جهت یافتن جایگزینی برای کشت نشایی برنج تحت خاک‌ورزی متداول صورت گرفته است. در ایران نیز با در نظر گرفتن این‌که روش عمده‌ی کشت برنج در مناطق مختلف از جمله گیلان، مازندران و بخشی از گلستان به‌روش سنتی نشاکاری بوده و مصرف آب در این روش خارج از توان منابع آبی و سفره‌های زیرزمینی است، کارشناسان معتقدند که کشت مستقیم برنج (خشکه کاری به روش بذرپاشی یا بذرکاری) می‌تواند به‌عنوان راهکار مناسبی برای مقابله با خشکسالی‌های سال‌های اخیر و توسعه‌ی مزارع برنج در مناطق کم‌آب کشور (مناطق برنج‌خیز همانند گرگان و خوزستان) در دستور کار قرار گیرد. هدف از این بازبینی ارزیابی کشت مستقیم برنج به‌عنوان جایگزینی برای کشت نشایی، روش‌های آن، همچنین بررسی مزایا و معایب کشت مستقیم و پرداختن به مشکل عمده‌ی آن، که علف‌های هرز هستند، است.

۲- دلایل انتقال از کشت نشایی به کشت مستقیم برنج

۲-۱- کمبود آب

برنج مصرف‌کننده‌ی اصلی آب‌های شیرین کره‌ی زمین بوده و در حدود ۵۰ درصد از کل آب آبیاری مورد استفاده در آسیا در مزارع برنج مصرف می‌شود. سیستم متداول کشت برنج (نشاکاری در خاک گل خراب شده) نیازمند مصرف مقادیر زیادی آب است. به‌طور متوسط، ۲۵۰۰ لیتر آب، در محدوده‌ی ۸۰۰ تا بیش‌تر از ۵۰۰۰ لیتر، برای تولید یک کیلوگرم شلتوک مورد نیاز است.

کاهش دسترسی به آب شیرین در سطح جهانی، یک تهدید جدی است. در بیش‌تر کشورهای تحت کشت برنج در آسیا، سرانه‌ی فراهمی آب به‌میزان ۳۴ تا ۷۶ درصد، بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۵ کاهش یافته و احتمالاً به‌میزان ۱۸ تا ۸۸ درصد تا سال ۲۰۵۰ تقلیل خواهد یافت.

سهم آب بخش کشاورزی نیز به دلایل مختلفی همچون افزایش جمعیت، کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی و کیفیت آب به‌واسطه‌ی آلودگی‌های شیمیایی و شور شدن، سیستم‌های آبیاری ناکارآمد، تغییر رژیم غذایی و رقابت با بخش‌های غیرکشاورزی به‌ویژه صنعت، به‌سرعت در حال کاهش است. کمبود آب، بهره‌وری و پایداری سیستم‌های مبتنی بر آبیاری برنج را در آسیا تهدید می‌نماید. پیش‌بینی شده است که در حدود ۱۳ میلیون هکتار از برنج آبی مناطق مرطوب و دو میلیون هکتار از برنج آبی نواحی خشک آسیا تا سال ۲۰۲۵، با کمبود آب مواجه خواهند شد (Toung and Bouman, 2003).

خشکسالی و کم‌آبی تهدیدی برای حیات در بخش‌های وسیعی از ایران بوده و باتوجه به روند روزافزون افزایش نیاز بخش‌های مختلف به آب، پیش‌بینی می‌شود که مشکل کم‌آبی در سال‌های آینده بحرانی‌تر خواهد شد. منابع آبی ایران در چند دهه‌ی اخیر به‌شدت کاهش پیدا کرده و برای حفظ وضع فعلی نیازمند صرفه‌جویی شدید در مصرف منابع است. در حال حاضر به‌نظر می‌رسد تنها راهکار مؤثر و عملی برای حفظ و یا بهبود وضعیت موجود، استفاده‌ی بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب بخش کشاورزی است.

وضعیت موجود بهره‌وری آب در کشاورزی به‌ویژه زراعت برنج غرقاب در مناطق کم‌آب رضایت‌بخش نیست. معرفی روش‌های جایگزین تولید برنج که نیاز به آب کم‌تری داشته و در مصرف آب کارآمدتر باشند بسیار ضروری است. یکی از راهکارها، کشت مستقیم برنج است که فرصت‌هایی را برای صرفه‌جویی در مصرف آب فراهم می‌نماید. کشت مستقیم در هر دو سیستم بستر خشک و یا بستر مرطوب نسبت به کشت نشایی از نظر مصرف آب کاراتر بوده و دارای برتری‌هایی است. با این وجود به‌نظر می‌رسد، با افزایش کمبود آب، کشت مستقیم در بستر خشک (خشکه‌کاری) با حداقل خاک‌ورزی یا بدون خاک‌ورزی از نظر صرفه‌جویی در مصرف آب، نیروی کارگری و نیز امکان مکانیزاسیون بیش‌تر، دارای پتانسیل بیش‌تری برای جایگزینی با کشت غرقاب باشد.

۲-۲- کمبود کارگر و افزایش هزینه‌های کارگری

سیستم کشت نشایی تحت خاک‌ورزی متداول نیاز به نیروی کار زیادی جهت گل‌خرابی، مرزبندی، نشاکاری و حفظ غرقاب دائم دارد. به‌علاوه پرورش نشاهای برنج در خزانه به‌دلیل رواج برخی بیماری‌ها و

مشکلاتی از قبیل سرمازدگی، از مجموعه عواملی هستند که از جذاب بودن کشت نشایی می‌کاهند. رشد اقتصادی سریع در آسیا سبب افزایش تقاضا برای نیروی کارگری در بخش‌های غیرکشاورزی و در نتیجه کاهش دسترسی به نیروی کارگری برای کشاورزی شده است. علاوه بر این، در شرایط اقتصادی-اجتماعی در حال تغییر کنونی در آسیا، بیش‌تر مردم کارهای غیرکشاورزی را ترجیح می‌دهند. تشدید کمبود نیروی کار سبب افزایش هزینه‌های کارگری شده و نشاکاری را در بسیاری از کشورهای آسیایی بسیار پرهزینه و غیراقتصادی نموده است. طبق نظر کارشناسان در ایران، بیش از ۸۵ درصد هزینه‌های تولید برنج، هزینه‌های کارگری است که این هزینه‌ها برای نشاکاری و وجین علف‌های هرز بخش قابل توجهی را به خود اختصاص داده است. نشاکاری دستی نیازمند به ۲۵-۲۰ نفر-روز کارگر در هکتار نیاز دارد که با بهره‌گیری از ماشین‌های نشاکار، این مشکل در حال حل شدن است و ممکن است نیاز به یک تا دو روز کارگر در هکتار جهت واکاری مزرعه نیاز باشد. در کشت مستقیم برای کاشت به‌روش دستپاش یا ماشینی نیاز به ۵ نفر-روز در هکتار کارگر وجود دارد که بیانگر حدود ۹۰ درصد صرفه‌جویی در مرحله‌ی کشت است. (Dawe, 2005).

۳- دیگر عوامل مؤثر بر تغییر روش کشت نشایی به کشت مستقیم

۳-۱- سیستم کشت متمرکز محصول و پیشرفت‌های اخیر در روش‌های تولید کشت مستقیم برنج

اگرچه کمبود نیروی کارگری و آب محرک‌های اصلی تغییر روش کشت برنج از نشاکاری به مستقیم هستند، انگیزه‌های اقتصادی دیگری نیز در گسترش و پذیرش سریع کشت مستقیم در برخی مناطق مؤثر بوده‌اند. برای مثال در برخی از نواحی فیلیپین، کشت مستقیم برنج امکان دو بار کشت در سال را فراهم می‌آورد. کشت ارقام زودرس (۹۵-۱۰۵ روز) سبب تسریع برداشت کشت مستقیم در بستر خشک شده و بنابراین، فرصت کافی و باران لازم برای رشد گیاه برنج دیم بعدی فراهم است. کشت مستقیم برنج در این مناطق، به‌تدریج و به‌طور پیوسته افزایش یافته و تقریباً ۱۰۰ درصد مناطق را پوشش داده و گاه اجازه‌ی سه مرتبه کشت در منطقه را می‌دهد. در دسترس بودن ارقام زودرس با عملکرد بالا و علف‌کش‌های جدید برای کنترل علف‌های هرز، انتقال از کشت نشایی به مستقیم را موفقیت‌آمیز نموده است (My et al., 1995).

۳-۲- اثرات مضر گل‌خرابی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و گیاه زراعی بعدی

اثرات سوء گل‌خرابی بر کیفیت خاک، به‌ویژه خصوصیات فیزیکی خاک و گیاهان دیم غیر برنج که پس از برداشت برنج کشت می‌شوند، از دیگر دلایل برای افزایش گرایش به تغییر جهت از نشاکاری به کشت مستقیم برنج در بستر خشک (خشکه‌کاری) است. خشکه‌کاری برنج می‌تواند در خاک گل‌خراب نشده یا در شرایط بدون خاک‌ورزی و یا حداقل خاک‌ورزی انجام شود. گل‌خرابی سبب فروپاشی کامل خاکدانه‌ها، تخریب منافذ درشت و تشکیل لایه‌ی غیرقابل نفوذ در زیر لایه‌ی سطحی خاک زراعی می‌شود. این نوع عملیات آماده‌سازی خاک دارای برتری‌های زیادی از جمله کنترل آسان‌تر علف‌های هرز، کاهش اتلاف آب و مواد مغذی از طریق نفوذ عمقی، سهولت نشاکاری، استقرار سریع گیاهچه‌های نشاء شده‌ی برنج و تسهیل دسترسی برنج به عناصر غذایی است. با این وجود گل‌خرابی می‌تواند اثر سوء بر رشد و عملکرد گیاهان دیم

بعدی به دلیل اثرات مضر بر ویژگی‌های فیزیکی خاک، شامل ساختمان ضعیف خاک، نفوذپذیری کم‌تر از حد بهینه در لایه‌ی زیر سطحی و فشردگی خاک بگذارد. از این رو معرفی روش جایگزین برای گل‌خرابی (کشت مستقیم به روش خشکه‌کاری)، به‌ویژه در مناطقی که آب در حال کمیاب شدن است و گیاه دیم بعد از برنج کشت می‌شود، حایز اهمیت است. در خاک‌های گل‌خراب شده پتانسیل کشت گیاه بعدی غیربرنج، پس از برداشت برنج کاهش می‌یابد.

۴- انواع روش‌های کشت مستقیم برنج

برنج می‌تواند به چهار روش اصلی استقرار یابد:

۱- کشت مستقیم در بستر خشک (خشکه‌کاری)

۲- کشت مستقیم در بستر مرطوب

۳- کشت مستقیم در بستر آبی یا غرقاب

۴- کشت نشایی یا نشاکاری در شرایط غرقاب.

تفاوت این روش‌ها با یکدیگر در نحوه‌ی آماده‌سازی زمین (خاک‌ورزی)، روش استقرار گیاه و یا هر دو است. کشت در بستر خشک، بستر مرطوب و شرایط غرقاب، که در آن‌ها بذر یا شلتوک به‌طور مستقیم در زمین اصلی کشت می‌شود، کشت مستقیم نامیده می‌شوند. کشت مستقیم قدیمی‌ترین روش استقرار برنج است. پیش از دهه‌ی ۱۹۵۰، کشت مستقیم بسیار متداول بود، این روش کشت به تدریج با نشاکاری در خاک گل‌خراب‌شده جایگزین شد. با این وجود، به‌واسطه‌ی کمبود آب و نیروی کارگری، کشاورزان دوباره سیستم‌های کشت مستقیم تولید برنج را مدّ نظر قرار داده‌اند و این روش کشت در حال گسترش است (Rao *et al.*, 2007). به‌نظر می‌رسد علاوه‌بر برخی محدودیت‌های کشت نشایی (کمبود کارگر، دشواری مدیریت خزانه، کمبود آب و معرفی ماشین‌آلات مناسب کشت مستقیم برنج و ...) به دلیل توسعه‌ی علف‌کش‌های مناسب کشت مستقیم، امکان گسترش این روش زراعت برنج و جایگزینی کشت نشایی با آن در آینده بیشتر است.

شیوه‌های مختلف کشت مستقیم در شرایط مختلف بر اساس روش آماده‌سازی زمین، شرایط بستر بذر، میزان اکسیژن محیط بذر در حال جوانه‌زنی و روش‌های کاشت، طبقه‌بندی و مقایسه شده‌اند.

۴-۱- کشت مستقیم در بستر خشک (خشکه‌کاری)

در این روش کشت برنج به شیوه‌های گوناگونی استقرار می‌یابد، شامل:

۱- پخش بذر خشک به‌صورت دستی بر روی خاک گل‌خراب نشده (کشت در سطح خاک) بدون

خاک‌ورزی یا خاک‌ورزی متداول (کشت در سطح خاک با ۶۰ تا ۸۰ کیلوگرم بذر در هکتار).

بذرپاشی با کودپاش‌های پشت تراکتوری نیز در برخی مناطق انجام می‌شود.

۲- روش کپه‌ای در زمینی که به‌خوبی آماده شده است (با عمق ۳-۱ سانتی‌متر و میزان بذر حدود ۸۰

تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار).

۳- کشت ردیفی بذور پس از خاک‌ورزی متداول در عمق ۲-۳ سانتی‌متری خاک با استفاده از دستگاه‌های بذرکار و به‌طور معمول با ۸۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار.

۴- کشت خطی با خطی‌کارهای گندم در عمق ۲-۳ سانتی‌متر خاک در زمین‌هایی که با عملیات خاک‌ورزی متداول آماده شده است.

برای کشت ردیفی پس از خاک‌ورزی متداول و بدون خاک‌ورزی، دستگاه بذرکار-کودکار به‌کار می‌رود، که پس از آماده‌سازی زمین یا در شرایط بدون خاک‌ورزی، کودها را جای‌گذاری نموده و بذرها را به‌صورت ردیفی می‌کارد. دستگاه بذرکار چندکاره، ماشینی است که به آن یک بذرکار و غلتک فشرده کننده‌ی خاک به یک تراکتور متصل شده‌اند. این دستگاه به‌طور هم‌زمان خاک را در عمق کم (۴-۵ سانتی‌متر) شخم زده و بذور را در ردیف‌هایی با فاصله‌ی ردیف مناسب کشت می‌نماید، سپس روی آن‌ها را با خاک پوشانده و خاک را به‌آرامی جهت تماس بهتر بذر با خاک فشرده می‌نماید.

برای کشت ردیفی در بستر بذر آماده‌شده، ماشین‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، که پس از آماده‌سازی زمین و تشکیل بستر بذر (۳۷ سانتی‌متر عرض بستر و ۳۰ سانتی‌متر عرض شیارها جهت عبور چرخ تراکتور)، کودها را جای‌گذاری نموده و بذرها را در هر دو طرف بستر به‌صورت ردیفی کشت می‌نماید. در این روش، آبیاری‌های سبک مکرر جهت جوانه‌زنی سریع و یکنواخت صورت می‌گیرد. شرایط بستر بذر، خشک (گل‌خراب‌نشده) و محیط بذر در تمامی روش‌ها عمدتاً هوازی است، از این‌رو، این روش تحت عنوان کشت مستقیم در بستر خشک شناخته می‌شود. این روش به‌گونه‌ای سنتی در مناطق دیم (مرتفع) و آبی (اراضی پست) رایج بوده و در سال‌ها اخیر در مناطق تحت آبیاری که میزان دسترسی به آب در حال کاهش است، اهمیت بیش‌تری یافته است. ردیف‌کاری نسبت به بذرپاشی در مناطق تحت آبیاری یا مناطق مناسب دیم‌کاری در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه ترجیح داده می‌شود، زیرا بذور به‌صورت ردیفی کاشته شده و در نتیجه کنترل علف‌های هرز میان ردیف‌ها تسهیل می‌شود، در مصرف بذر و زمان صرفه‌جویی شده و استقرار بذر به‌نحو بهتری انجام می‌گیرد. با این حال، در برخی شرایط بذرپاشی حتی در مناطق تحت آبیاری (با استفاده از هواپیما در کشورهای پیشرفته) به‌ویژه در شرایطی که سرعت کشت مهم است، ترجیح داده می‌شود. در کشت مستقیم زمان کشت باید طوری تنظیم شود تا از محدودیت‌های فصلی مثل گرمای زیاد در زمان گلدهی (شرایط اقلیمی خوزستان) و یا طغیان نسل سوم کرم ساقه‌خوار و بارندگی‌های آخر فصل (گیلان و مازندران) که سبب ورس می‌شود، اجتناب شود.

در ارتباط با کشت مستقیم بذر خشک در بستر خشک می‌توان بحث برنج‌هوازی را نیز مطرح نمود. برنج‌هوازی عموماً به ارقام اصلاح‌شده‌ی خاصی از برنج که به شیوه‌ی جدید کشت و کار با بذر خشک در خاک غیر غرقاب و کاملاً زه‌کشی شده، گل‌خراب نشده و غیر اشباع سازگار بوده و عملکرد دانه‌ی مناسبی تولید نمایند، اطلاق می‌شود. کشت برنج‌هوازی از جمله راهکارهای کاهش مصرف آب بوده و طبق پژوهش‌های انجام شده، میزان نیاز آبی برای کشت و کار در این روش حدود ۹۳۵ میلی‌متر است، در حالی که در روش‌های متداول نشایی و غرقابی بین ۱۶۵۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌متر است. در این شیوه‌ی کشت، بذر خشک به‌طور مستقیم در بستر خشک کاشته شده و آبیاری آن عمدتاً به‌صورت بارانی و یا آبیاری مقطعی (متناوب)

و یا از طریق جویچه‌ها انجام می‌شود، به طوری که شرایط اشباع در خاک ایجاد نشده و تنها رطوبت کافی در اطراف ریشه‌ی گیاه و در حد ظرفیت زراعی فراهم شود. ارقام برنج هوازی علاوه بر قابلیت کشت در مناطقی با بارندگی کافی و بدون نیاز به آبیاری تکمیلی و همچنین در نواحی با شیب تند که امکان تسطیح و آبیاری به سهولت امکان‌پذیر نبوده و در عین حال دارای بارندگی کافی و ساختمان خاک با زه‌کشی مناسب باشند، در مناطقی که در طی دوره‌ی رشد و نمو گیاه در معرض تنش خشکی و کم‌آبی قرار دارد و امکان آبیاری به صورت غرقابی فراهم نیست، بسیار مناسب است. این نوع از ارقام برنج جهت برقراری تناوب با سایر گیاهان زراعی و افزایش بهره‌وری از اراضی که شرایط برای کشت مستقیم و هوازی فراهم باشد، بدون این که زمین گل‌خراب و غرقاب شود، امکان‌پذیر می‌باشد.

تحقیقات در رابطه با توسعه‌ی کشت برنج هوازی در کشور چین از سال ۱۹۸۰ و با هدف تولید برنج متحمل به خشکی و قابلیت کشت در اراضی بدون گل‌خرابی آغاز شد. سپس از سال ۲۰۰۱ مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (ایری) با همکاری مؤسسات مختلف در چین، هند و فیلیپین، مطالعات در زمینه‌ی توسعه‌ی چین سیستم کاشت برنج را آغاز نمود. نخستین بار ایده‌ی تولید برنج هوازی توسط باس بومن^۱ با متخصصین زراعت و فیزیولوژی گیاهی مطرح شد که چرا نتوان برنج را مانند دیگر غلات که در اراضی خشک غیرغرقاب کشت می‌شوند، رشد داد. این ایده با تلاش و همکاری محققین در ایری و چین به واقعیت نزدیک شده و در پی کمبود آب در چین و به‌ویژه در دشت هوانگ- هوای- های، که ۲۶ درصد اراضی زراعی چین، ۳۰ درصد اراضی تحت آبیاری و ۲۴ درصد از تولید کل محصولات دانه‌ای در آن انجام می‌شود، توجه به تولید برنج هوازی بسیار جدی‌تر شد. تحقیقات در جهت توسعه‌ی برنج هوازی در چین و ایری سرانجام به ثمر رسید و هم‌اکنون در سطح وسیعی اجرایی شده است (Templeton and Bayot, 2011).

میزان بذر مصرفی در کشت مستقیم در بستر خشک دارای نوسانات زیادی است. جهت دستیابی به عملکرد مناسب بسته به شرایط و امکانات در کشور، مصرف ۶۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار در کشت ردیفی (گیلانی و جلالی، ۱۳۹۶) و کپه‌ای و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در روش بذرپاشی (موسوی و همکاران، ۱۳۹۰) توصیه شده است. با این حال، برخی از منابع نیز به کاربرد مقادیر بیش‌تر بذر تا ۱۴۰ و ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در روش‌های کشت ردیفی و بذرپاشی اشاره نموده‌اند (Hill et al., 1991). در کشور جمهوری آذربایجان، تا ۲۲۰ کیلوگرم بذر در هکتار برای کشت مستقیم در بستر خشک استفاده می‌شود.

۴-۲- کشت مستقیم در بستر مرطوب

کشت مستقیم در بستر مرطوب شامل کشت بذور پیش‌جوانه‌دار شده با ریشه‌چه‌ای در اندازه‌ی ۱ تا ۳ میلی‌متر بر روی یا داخل خاک گل‌خراب‌شده است. زمانی که بذور پیش‌جوانه‌دار شده بر روی سطح خاک گل‌خراب‌شده کاشته می‌شوند، محیط بذر عمدتاً هوازی بوده و این تحت عنوان کشت مستقیم در بستر مرطوب هوازی نامیده می‌شود. هنگامی که بذور پیش‌جوانه‌دارشده داخل خاک گل‌خراب‌شده کاشته

می‌شوند، محیط بذر عمدتاً بی‌هوای بوده و این تحت عنوان کشت در بستر مرطوب بی‌هوای نامیده می‌شود. در کشت مستقیم در بستر مرطوب در زیر سطح، بذور پوشش‌دار شده با پراکسید کلسیم جهت بهبود اکسیژن‌رسانی در اطراف بذر در حال جوانه‌زنی به‌کار می‌روند. زمانی که بذریاشی دستی صورت می‌گیرد، بذور به مدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده شده و پس از آن به مدت ۲۴ ساعت در محیطی گرم نگه داشته می‌شوند. در این روش کشت، مصرف بذر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و گاه تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار متداول‌تر است. با این وجود، میزان بذر مصرفی توسط برخی کشاورزان در محدوده‌ی ۷۰ تا ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار، ۳۵ تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار و گاه ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر است (Kumar and Ladha, 2011; Khan et al., 2009). مطابق بررسی‌های در دست انجام در شرایط اقلیمی استان گیلان، احتمالاً میزان بذر مورد نیاز برای کشت مستقیم یک هکتار حدود ۷۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم پیشنهاد خواهد شد.

۴-۳- کشت مستقیم در بستر غرقاب

کشت مستقیم در بستر غرقاب در مناطقی که برنج هرز یا برنج قرمز به‌عنوان مشکلی جدی مطرح است، عمومیت بیشتری دارد. این روش کشت به‌ندرت توسط دست و عمدتاً توسط هواپیما اجرا می‌شود. بذریاشی هوایی در بستر غرقاب متداول‌ترین روش کشت مورد استفاده در نواحی معتدل است. کشت مستقیم در بستر غرقاب در ایالات متحده آمریکا و استرالیا به‌ترتیب ۳۳ و ۸۱ درصد و در ایتالیا ۹۸ درصد از سطح زیر کشت برنج را به خود اختصاص داده است. این اراضی دارای آلودگی شدید به علف‌های هرز بوده و غرقاب نقش اصلی در کاهش رقابت علف‌های هرز دارد. در ایالت کالیفرنیا تمام سطح زیر کشت برنج منحصر به کشت مستقیم در بستر غرقاب است. این روش در برخی از کشورهای آسیایی از جمله مالزی نیز عمومیت یافته است. با این وجود به‌دلیل در دسترس نبودن ارقام برنج متحمل به غرقاب و شرایط بی‌هوای، این روش کشت در آسیا به‌گونه‌ای گسترده مورد پذیرش قرار نگرفته است. با این حال، در مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج، تحقیقات در جهت یافتن ارقام مناسب متحمل نسبت به شرایط بی‌هوای خاک برای برخی نواحی خاص در حال توسعه است (Chauhan, 2012). در این روش، بذور پیش‌جوانه‌دار شده (۲۴ ساعت خیساندن در آب و ۲۴ ساعت قرار دادن در محیط گرم و مرطوب) بر روی آب ایستا در خاک گل‌خراب‌شده (کشت آبی-مرطوب) یا خاک گل‌خراب‌نشده (کشت آبی-خشک) پاشیده می‌شوند. خیساندن بذور در آب سبب افزایش وزن آن‌ها به‌میزان تقریبی ۳۰ درصد شده و وزن اضافه‌شده در اثر جذب آب سبب فرو رفتن بذور در آب ایستا و استقرار مناسب آن‌ها در خاک می‌شود. بذور خشک نیز ممکن است به‌صورت آبی کشت شوند، ولی لازم است که ابتدا توسط مخلوطی از تالک و ماده‌ی چسبنده به‌منظور افزایش وزن بذر پوشش‌دار شوند. در کالیفرنیا، ۱۵-۱۰ درصد از اراضی برنج به‌صورت کشت بذور پوشش‌دار شده در آب ایستا کشت می‌شوند. در این روش کشت، ارقامی از برنج که تحمل خوبی نسبت به سطح پایین اکسیژن محلول، نور کم و دیگر تنش‌های محیطی دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر مناطق تحت آبیاری، کشت مستقیم در بستر آبی در مناطقی که سیلاب اولیه رخ داده و آب قادر به خارج شدن از مزرعه نیست نیز اجرا می‌شود.

در این روش کشت، میزان بذر مصرفی به‌طور معمول ۱۴۰-۱۲۰ کیلوگرم در هکتار (بر مبنای بذر خشک) بوده و تحقیقات نشان داد که از تراکم ۲۵۰-۱۵۰ گیاهچه در مترمربع عملکرد مطلوبی حاصل می‌شود (Hill *et al.*, 1991). برخی منابع نیز میزان بذر مصرفی را ۱۰۰ تا ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار عنوان نموده‌اند. علاوه بر این، میزان بذر مصرفی برای ارقام دو رگ (هیبرید) نسبت به ارقام رایج و همچنین در ارقام دانه‌ریز کم‌تر است.

۵- توزیع جهانی کشت مستقیم برنج

روش‌های کشت برنج در مناطق مختلف جهان دارای تنوع زیادی است. حدود ۲۳ درصد از کل برنج در سراسر دنیا به‌صورت مستقیم کشت می‌شود. در ایالات متحده آمریکا، استرالیا و اروپا کشت برنج در دو بستر خشک و آبی انجام می‌شود. بیش از ۹۰ درصد زراعت برنج در استرالیا با بذرپاشی هوایی انجام می‌شود. کشت مستقیم در آسیا، با ۲۱-۲۲ درصد از کل سطح زیر کشت را شامل شده و به‌صورت خشک یا مرطوب کشت می‌شود، و سطح زیرکشت آن به سرعت رو به افزایش است. بذرپاشی و کشت ردیفی متداول‌ترین روش‌های کشت برنج دیم در آفریقا بوده و در خاک‌های خشک در کشورهای آمریکای لاتین، کشت ردیفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این وجود، کشت مستقیم در خاک‌های اشباع در نواحی جنوبی برزیل، شیلی، ونزوئلا، کوبا، کلمبیا و برخی از کشورهای کارائیب به‌میزان زیادی پذیرفته شده است (Fischer and Antigua, 1996). کشت مستقیم در بستر خشک به‌طور گسترده‌ای در هند، در اراضی پست که با آب باران آبیاری می‌شوند و اراضی دیم انجام می‌شود، درحالی‌که کشت در بستر مرطوب به‌عنوان روشی متداول منحصر به نواحی دارای سیستم آبیاری است. در نواحی جنوبی ویتنام، به‌ویژه در دلتای مکونگ، برنج به‌صورت بذرپاش در بستر مرطوب کشت می‌شود (Luat, 2000). یک درصد از کل سطح زیر کشت برنج در کره جنوبی تحت کشت مستقیم است که در دو بستر خشک و مرطوب انجام می‌گیرد (Kim *et al.*, 2001). در شمال کامبوج، ۸۰-۹۰ درصد از مزارع برنج تحت کشت مستقیم در بستر خشک قرار می‌گیرند، درحالی‌که، در استان‌های جنوبی، کشت در بستر مرطوب و آبی انجام می‌شود (CIAP, 1998). در فیلیپین، کشت در هر دو بستر خشک و مرطوب انجام می‌شود، که کشت در بستر مرطوب متداول‌تر بوده و کشت در بستر خشک در نواحی با ارتفاع و شیب زیاد، اراضی مسطح که تحت آبیاری قرار نمی‌گیرند و اراضی پست تحت آبیاری که دارای خاکی با بافت متوسط تا سبک هستند، رایج است. در تایلند، بخش عمده‌ای از برنج دیم در بستر خشک کشت می‌شود، درحالی‌که، کشت برنج در دشت‌های مرکزی، عمدتاً در بستر مرطوب و تحت آبیاری انجام می‌شود. در مالزی، کشت در بستر مرطوب مورد علاقه است ولی تشویق به اجرای آن تنها در مناطقی که مدیریت آب به‌گونه‌ای مؤثر امکان‌پذیر باشد، صورت می‌گیرد (Azmi *et al.*, 2005). امروزه تحقیق و استفاده از برنج هوازی در کشورهای هند، برزیل، استرالیا، ایالت متحده آمریکا، جنوب شرقی آسیا و آفریقا به‌طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. در مناطق شمال و شمال شرقی چین کشت برنج هوازی، به‌صورت مستقیم در خاک غیرغرقاب و گل‌خراب نشده، انجام می‌شود و هم‌اکنون رقم Han Dao در سطحی بیش از ۱۲۰ هزار هکتار از دشت هوانگ-هوای-های چین کشت شده و پیش‌بینی

می‌شود در آینده‌ی نزدیک تا سطح یک میلیون هکتار توسعه یابد (Templeton and Bayot, 2011). در ژاپن نیز ارقام مختلف برنج هوازی از جمله رقم Takanari با پتانسیل تولید حدود ۱۱ تن در هکتار کشت می‌شوند. در مناطق معتدله نظیر ایالات متحده آمریکا نیز کشت برنج به‌صورت هوازی از سال‌های دهه ۱۹۸۰ میلادی آغاز و میزان کاهش مصرف آب آن بین ۲۰ تا ۵۰ درصد گزارش شده است (Rajakumar et al., 2009).

۶- کشت مستقیم برنج در ایران

سطح زیر کشت برنج در ایران ۵۹۸ هزار هکتار گزارش شده است (آمارنامه محصولات زراعی، ۹۶-۹۵) که حدود ۷۰ درصد از این مساحت منحصر به استان‌های مازندران و گیلان است. استان خوزستان با حدود ۴۵ هزار هکتار کشت برنج، در جایگاه سوم قرار دارد. برخی آمارهای غیررسمی سطح زیرکشت برنج درخوزستان را در برخی سال‌ها حدود ۸۵ هزار هکتار گزارش کرده‌اند. سطح زیر کشت برنج به‌صورت مستقیم در سال ۱۳۹۰، حدود ۴۵ هزار هکتار گزارش شد که عمده‌ی آن در استان خوزستان و مقدار کم‌تری در آذربایجان شرقی کشت شد (غلامی رضوانی و همکاران، ۱۳۹۴). از کل سطح زیر کشت برنج در استان خوزستان، ۷۰ تا ۷۵ درصد به‌صورت مستقیم در بستر مرطوب و باقیمانده آن به شیوه‌ی نشایی بوده و روش خشکه‌کاری در سال‌های اخیر به‌سرعت در حال جایگزین شدن با روش رایج منطقه یعنی کشت مستقیم در بستر مرطوب است. در سال‌های اخیر پژوهش‌های متعددی در زمینه‌ی کشت مستقیم برنج در استان خوزستان صورت گرفته که در ذیل به مرور برخی از آن‌ها پرداخته می‌شود.

باتوجه به این‌که میزان آب در دسترس، از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده‌ی سطح زیر کشت برنج در استان خوزستان است و سیستم‌های کاشت برنج در عملیات تهیه‌ی بستر و مدیریت آب آبیاری در کل دوره‌ی رشد با یکدیگر متفاوت هستند، مقایسه‌ی شیوه‌های مختلف کاشت از نظر آب مصرفی بسیار حائز اهمیت است. در مقایسه‌ی خشکه‌کاری با شیوه‌ی رایج کاشت (نشایی) ارقام برنج (چمپا- عنبروری قرمز- دانیال)، نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه با متوسط ۶۳۹۴ کیلوگرم در هکتار مربوط به روش نشایی بود و کم‌ترین عملکرد در کشت مستقیم به‌دست آمد (گیلانی، ۱۳۹۵). با این‌وجود، کم‌ترین و بیش‌ترین راندمان آب مصرفی با ۰/۱۷۱ و ۰/۲۵۵ کیلوگرم بر مترمکعب به‌ترتیب مربوط به کشت نشایی و خشکه‌کاری بود. از این‌رو می‌توان خشکه‌کاری را به‌عنوان یک راهبرد برای استفاده‌ی بهینه از آب در زراعت برنج در نظر گرفت. گیلانی و موسوی (۱۳۹۱) در بررسی سازگاری لاین‌های هیبرید برنج (Hyb1 و Hyb2) به روش خشکه‌کاری و نشایی طی سه تاریخ بذرپاشی (۱، ۱۰ و ۲۰ تیر) با احتساب ۴۰ کیلوگرم بذر در هکتار به این نتیجه رسیدند که در روش کشت نشایی در هر دو لاین، عملکرد کم‌تری در هر سه تاریخ کاشت مشاهده شد. میزان تأثیرپذیری یا حساسیت محیطی عملکرد دانه در روش نشایی بیش‌تر از خشکه‌کاری بوده و عنوان شد که صرف‌نظر از تفاوت این دو شیوه‌ی کاشت در مهم‌ترین جزء عملکرد دانه یعنی تعداد خوشه در واحد سطح در کشت نشایی و تعداد دانه در خوشه در خشکه‌کاری، تا حدود زیادی ناشی از اثرات سوء شرایط گرم منطقه است. بنابراین، اثر حذف یا از دست رفتن یک بوته یا کپه در کاهش تولید دانه در کشت نشایی بسیار بیش‌تر از روش خشکه‌کاری است. واکنش عملکردی لاین‌های هیبرید

کاملاً متأثر از تاریخ کاشت و در لاین شماره ۱، بیش‌ترین عملکرد در تاریخ کاشت دوم بوده و پس از آن به‌شدت کاهش یافت ولی در لاین شماره ۲، این روند کاملاً خطی و دارای شیب منفی بوده و بیش‌ترین و کم‌ترین میزان عملکرد دانه به‌ترتیب در تاریخ‌های اول و سوم مشاهده شد.

لویمی (۱۳۸۵) با مقایسه‌ی کشت مکانیزه‌ی برنج با استفاده از سه نوع بذرکار (خطی‌کار-ردیف‌کار و بذرپاش گریز از مرکز) در سه رقم برنج (عنبروری‌قرمز- چمپا و LD183) به‌صورت خشکه‌کاری اعلام نمود که به‌کارگیری روش‌های مکانیزه برای خشکه‌کاری برنج مناسب و قابل توصیه است. روش‌های کشت از نظر عملکرد تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند، با این‌حال کشت از طریق پخش کردن بذر در سطح مزرعه به‌وسیله‌ی بذرپاش گریز از مرکز به‌علت ظرفیت مزرعه‌ای بالاتر، سرعت بیش‌تر، مصرف سوخت کم‌تر و فناوری ساده‌تر قابلیت توصیه‌ی بیش‌تری را نشان داد. اگرچه لازمه‌ی موفقیت این روش، کالیبره نمودن دقیق بذرپاش و دیسک‌زدن یکنواخت در عمق کم است. در صورت نبود بذرپاش گریز از مرکز، خطی‌کار قابل توصیه بوده و در صورت تمرکز صرف بر روی بذر مصرفی کم‌تر، به‌کارگیری ردیف‌کار می‌تواند مورد توصیه قرار گیرد. با این‌وجود در چنین حالتی، رسیدگی‌های به‌موقع و وافری از نظر کود و دفع علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها ضروری است تا با پنجه‌زنی کافی بوته‌ها، از کاهش عملکرد به‌علت خوشه‌های کم‌تر جلوگیری شود. در میان ارقام نیز LD183، نتایج بهتری را از نظر عملکرد و دیگر ویژگی‌ها نشان داد. لویمی (۱۳۹۵) در بررسی فنی دستگاه خاک‌ورز-کاشت نواری و مقایسه با دیگر روش‌های کشت برنج (دوبار دیسک+خطی‌کار و بی‌خاک‌ورزی) در مقادیر مختلف بذر (۷۵، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) در رقم دانیال به روش خشکه‌کاری در خوزستان، به این نتیجه رسید که خاک‌ورز-کاشت نواری حداقل میزان مصرف سوخت و هزینه‌ی هکتاری و بی‌خاک‌ورزی کم‌ترین زمان مورد نیاز و بالاترین ظرفیت مزرعه‌ای را داشتند. اصلاح و بهینه‌سازی دستگاه خاک‌ورز-کاشت نواری می‌تواند آن را از نظر زمان عملیات به روش بی‌خاک‌ورزی نزدیک نماید. بین مقادیر مختلف بذر نیز بیش‌ترین عملکرد دانه به میزان بذر ۷۵ کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت. گیلانی (۱۳۸۵)، در مقایسه‌ی دو نوع بذرکار (خطی‌کار و سانتریفیوژ یا گریز از مرکز) با مقادیر مختلف بذر (۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) رقم عنبروری‌قرمز در کشت مستقیم خشکه‌کاری به این نتیجه رسیدند که عملکرد دانه مستقل از عوامل و تیمارهای آزمایشی بود، ولی میانگین تولید دانه از دامنه‌ی ۴/۴ تا ۵۵۰ کیلوگرم در هکتار و افزایش ۳۸۰ کیلوگرم در بذرکار گریز از مرکز تا متوسط ۵۱۲۴/۴ کیلوگرم در خطی‌کار متغیر بود. در بین تراکم بذر نیز با افزایش مصرف بذر، عملکرد دانه به‌میزان بسیار کمی افزایش نشان داد. در تمام سطوح بذر مصرفی، تعداد بوته در واحد سطح در بذرکار گریز از مرکز بیش‌تر از خطی‌کار بود که در مقادیر بالاتر بذر از اختلاف بیش‌تری برخوردار بودند. یافته‌ها در نهایت نشان داد که بسته به شرایط می‌توان برنج را به‌میزان ۶۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت خشکه‌کاری کشت نمود. با مصرف حداقل بذر (۶۰ کیلوگرم در هکتار) و به‌کارگیری هر دو نوع بذرکار در شرایط خشکه‌کاری، عملکرد معادل ۵۵۰ کیلوگرم در هکتار قابل دسترس بود. ارزیابی اقتصادی رژیم‌های متفاوت آبیاری غرقابی (با تناوب‌های یک یا شاهد، دو و سه روزه) بر تولید سه رقم برنج (عنبروری‌قرمز، چمپا، دانیال) در شرایط حداقل خاک‌ورزی در خوزستان جهت دستیابی به رژیم آبیاری مناسب در شرایط حداقل خاک‌ورزی

نشان داد که تفاوت معنی‌داری میان رژیم‌های آبیاری وجود نداشته و بسته به شرایط منطقه به‌خصوص از نظر بافت خاک، هر سه رژیم آبیاری قابل توصیه بوده ولی در خاکی با بافت لومی-رسی و شرایط حداقل خاک‌ورزی، رژیم آبیاری سه روز در میان مناسب‌تر است (گیلانی، ۱۳۸۵). طی بررسی‌های پیشین، امکان آبیاری بارانی برنج به‌عنوان یکی از راهکارهای صرفه‌جویی در مصرف آب به اثبات رسیده و از این‌رو، گیلانی و آسلاان (۱۳۸۵) در ارزیابی عملکرد ارقام برنج (عنبروری‌قرمز، چمپا ۶، چمپا ۱۶، گچساران ۵، گچساران ۷ و LD183) تحت آبیاری بارانی (در سه سطح ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد آب مورد نیاز گیاه) به روش کشت مستقیم با استفاده از خطی‌کار در خوزستان با هدف دستیابی به ارقام سازگار به این شیوه آبیاری به این نتیجه رسیدند که بهترین ارقام متناسب با آبیاری بارانی، رقم گچساران ۵، عنبروری‌قرمز، گچساران ۷ و چمپا ۱۶ هستند. بر اساس کارآیی مصرف آب، رژیم مناسب برای ارقام گچساران ۵، گچساران ۷ و چمپا ۱۶ رژیم ۷۵ درصد نیاز آبیاری و برای رقم عنبروری‌قرمز، رژیم ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری می‌باشد. کاشت ارقام LD183 و چمپا ۶ نیز توصیه نشد. گیلانی و رضایی (۱۳۸۰) در مقایسه‌ی کاربرد دو روش آبیاری بارانی و استغراقی جهت کشت مستقیم در خوزستان در رقم محلی عنبروری‌قرمز به این نتیجه رسیدند که در سال اول، میزان مصرف آب در آبیاری بارانی (با در نظر گرفتن نفوذ عمقی به‌عنوان تلفات) حدود ۲۵/۱ درصد آن در حالت استغراقی و مقدار کاهش محصول حدود ۲۳/۶ درصد بود. در سال دوم نیز میزان مصرف آب در آبیاری بارانی در حدود ۲۲/۱ درصد و کاهش محصول ۳۰/۲۷ درصد حالت استغراقی بود. آن‌ها اعلام نمودند که بیش‌تر اختلاف مصرف آب از تلفات نفوذ ناشی از عدم گل‌خرابی در آبیاری سطحی بوده و با انجام گل‌خرابی این اختلاف به حداقل خواهد رسید. با توجه به این که خشکه‌کاری در استان خوزستان به‌صورت مکانیزه صورت می‌گیرد، تعیین میزان مناسب بذر در واحد سطح از اهمیت زیادی برخوردار بوده و سبب کاهش هزینه‌های تولید می‌شود. در این راستا، گیلانی و کریمی‌نژاد (۱۳۸۶) در مقایسه‌ی مقادیر مختلف بذر (۶۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) رقم چمپای محلی در شرایط خشکه‌کاری، مناسب‌ترین میزان بذر را ۸۰ کیلوگرم در هکتار دانسته و توصیه به تنظیم دستگاه‌های کارنده بر اساس این میزان بذر نمودند. در پژوهشی دیگر در ارتباط با اهمیت روش بذرکاری و تراکم بوته در کشت خشکه‌کاری برنج، گیلانی و جلالی (۱۳۹۶) نکاتی را اعلام نمودند، از جمله این‌که بسته به شرایط و امکانات می‌توان هر هکتار از مزرعه برنج را با ۶۰-۱۰۰ کیلوگرم به روش خشکه‌کاری کشت نمود. برای این امر می‌توان از هر دو نوع بذرکار (گریز از مرکز و ردیف‌کار) استفاده کرد. داشتن گیاهچه‌های قوی با تعداد کم‌تر در تراکم بذر پایین می‌تواند سبب تولید عملکرد مشابه یا بیش‌تر از تراکم‌های بذر بالاتر یا گیاهچه‌های بیش‌تر و نسبتاً ضعیف‌تر شود. مصرف بذر بیش‌تر از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در خشکه‌کاری می‌تواند سبب کاهش تولید دانه شود. در صورت فراهم بودن امکانات ماشینی (بذرکار تک‌کاشت) می‌توان در فواصل ردیف ۲۰×۲۰ یا ۲۵×۲۵ سانتی‌متر با مصرف ۳۵-۴۰ کیلوگرم بذر خشک یک هکتار را کشت نمود. در بررسی اثر تعداد متفاوت بذر در کپه (۱، ۳ و ۵ بذر در کپه) در روش خشکه‌کاری بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم برنج (عنبروری‌قرمز، چمپا، دانیال و کادوس) با هدف کاهش مصرف بذر ارقام برنج و امکان کشت کپه‌ای بذر خشک، گیلانی (۱۳۹۴) دریافت که با تغییر تعداد بذر از ۱ به ۵ عدد در کپه، عملکرد دانه روندی افزایشی را نشان داد؛ اگرچه تفاوت معنی‌داری

میان تعداد ۳ و ۵ بذر (دارای عملکرد دانه بالاتر) مشاهده نشد. در میان ارقام نیز تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه دیده نشد. باوی (۱۳۸۶) در بررسی اثرات تعداد بذر در کپه (۲، ۴، ۶ و ۸ بذر) در روش کشت مستقیم بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های رشد سه رقم برنج (عنبری‌قرمز، چمپا و LD183) در شرایط خوزستان، تیمار ۶ بذر در کپه را مطلوب‌ترین معرفی نمود. تمامی ارقام با این تعداد بذر در کپه بیش‌ترین عملکرد دانه را نشان دادند. سود خالص حاصل از کاشت ۶ بذر در کپه در کلیه ارقام برنج بیش از دیگر تیمارها بود. رقم LD183 نیز بالاترین عملکرد دانه، بیش‌ترین سرعت جذب خالص و سرعت رشد را در میان ارقام نشان داد. علاوه بر این، با افزایش تعداد بذر در کپه، سرعت جذب خالص افزایش یافته و با رسیدن به حد بالاتر از مطلوب، کاهش نسبی پیدا کرد. بررسی اثر تعداد بذر در کپه (۲، ۴، ۶ و ۸) در کشت مستقیم (خشکه‌کاری) بر روابط منبع-مخزن و عملکرد ارقام برنج (عنبری‌قرمز، چمپا و دانیال) در شرایط خوزستان نیز نشان داد که با افزایش تراکم از ۲ به ۶ بذر در کپه، عملکرد دانه افزایش یافته ولی در تراکم بیش از ۶ بذر، روندی کاهشی را نشان داد. رقم دانیال نسبت به دو رقم دیگر از نظر عملکرد دانه برتری داشت. کلیه ارقام مورد مطالعه فاقد محدودیت مخزن بودند (گوهری، ۱۳۸۶). مقایسه‌ی عملکرد و روند پرشدن دانه و خوشه‌ی ارقام برنج (عنبری‌قرمز، چمپا و دانیال) در ۳ روش کاشت (نشایی-مستقیم یا رایج منطقه و خشکه‌کاری) در استان خوزستان نشان داد که روند پرشدن دانه در هر سه رقم در کشت نشایی دارای نمودار بالاتری بوده و رقم دانیال بر دو رقم دیگر برتری داشت. بالاترین عملکرد دانه در کشت نشایی مشاهده شده و پس از آن، خشکه‌کاری در جایگاه دوم قرار گرفت (امیدعلی‌پور، ۱۳۹۱). گیلانی (۱۳۸۶) با در نظر گرفتن این‌که روش‌های کم‌خاک‌ورزی می‌تواند سبب کاهش هزینه‌های تولید شود، اثر روش‌های کم‌خاک‌ورزی (۱- گاواهن برگردان‌دار + دو دیسک عمود بر هم (شاهد)، ۲- گاواهن قلمی با تیغه ساده، ۳- گاواهن قلمی با تیغه ساده + یک دیسک، ۴- گاواهن قلمی با تیغه پنجه‌غازی، ۵- گاواهن قلمی با تیغه پنجه‌غازی + یک دیسک و ۶- دودیسک عمود برهم) همراه با مالچ کلش گندم بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم برنج (عنبری‌قرمز، LD183 و لاین ۶) در روش خشکه‌کاری را بررسی نمود و با در نظر گرفتن این‌که، میان سطوح مختلف روش‌های کم‌خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد، اعلام نمود که با توجه به نتایج حاصله، بسته به شرایط خاک و نوع گیاه در تناوب با برنج و همچنین امکانات در دسترس زارعین عمدتاً شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی بر روش رایج و عملیات کامل بسترسازی از مزیت نسبی برخوردار بوده و مدیریت مزرعه از زمان کاشت تا مرحله‌ی گیاهچه‌ای برنج از لحاظ آبیاری و سرعت تجزیه‌ی بقایا و کاهش اثرات ناخواسته‌ی دگرآسیبی بر جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه باید مورد توجه قرار گیرد. او در ادامه اعلام نمود که انجام عملیات کامل تهیه‌ی زمین ضروری نبوده و بسته به شرایط منطقه و امکانات کشاورزان، هر یک از شیوه‌های کم‌خاک‌ورزی می‌تواند با حذف بخشی از عملیات و مراحل تهیه‌ی زمین و کاهش هزینه‌های تولید قابل استفاده و توصیه باشد. قشقایی (۱۳۹۴) نیز در پژوهش خود مبنی بر تعیین همبستگی و تجزیه‌ی علیت میان صفات زراعی و عملکرد در تراکم‌ها (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی (ماشین خاک‌ورز، کاشت نواری متصل به خطی‌کار غلات، خاک‌ورزی دو بار دیسک به‌علاوه‌ی ماله و کشت با خطی‌کار غلات و بی‌خاک‌ورزی با ماشین بی‌خاک‌ورز و

بدون شخم) در شرایط خشکه کاری برنج در خوزستان به این نتیجه رسید که با توجه به این که تعداد خوشه در مترمربع، بالاترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه داشت، گزینش این صفت در تراکم ۷۵ کیلوگرم در هکتار و کاشت با ماشین خاک‌ورز نواری و ماشین بی‌خاک‌ورز سبب افزایش عملکرد دانه خواهد شد. در پژوهشی با هدف افزایش سرعت جوانه‌زنی و خروج بذر از خاک، ظهور و استقرار گیاهچه‌هایی با بنیه‌ی بالا، ایجاد پوشش سریع و تراکم بوته‌ی مناسب جهت افزایش توانایی رقابتی گیاه با علف‌های هرز، اثر قارچ‌کش زیستی تریکودرمین (غلظت ۰، ۱، ۳ و ۶ درصد) و مقادیر مختلف بذر (۴۰، ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد و اجزای عملکرد ۳ رقم برنج (عنبروری‌قرمز، چمپا و دانیال) به روش خشکه کاری در خوزستان بررسی شده و این نتیجه حاصل شد که با افزایش ۱۰۰ درصدی در میزان بذر مصرفی از ۴۰ به ۸۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد گیاهچه با افزایش ۴۴ درصدی از ۱۵۴ به ۲۲۲ بوته در واحد سطح رسید. مصرف تریکودرمین با غلظت ۶ درصد ضمن افزایش تعداد بوته در واحد سطح و درصد سبز مزرعه، فضای بین بوته‌ای راکاهش داد. تفاوت معنی‌داری میان تیمارها از نظر عملکرد دانه مشاهده نشد، اگرچه به دلیل وقوع تنش شدید کم‌آبی طی اجرای آزمایش، رقم پرمحصول دانیال حذف شد. در نهایت اعلام شد که در صورت مدیریت بهینه بخصوص مراقبت‌های اولیه از زمان کاشت تا مرحله‌ی ۵-۴ برگی برنج، کاشت ۴۰ کیلوگرم در هکتار از بذر ارقام برنج در روش خشکه کاری منجر به عملکرد مطلوبی خواهد شد. تحت این شرایط، استفاده از مواد زیستی به‌عنوان حمایت‌کننده‌ی گیاهچه در برابر عوامل بازدارنده از حمله‌ی میگرورگان‌سیسم‌های بیماری‌زای خاک‌زی و نیز توسعه‌ی سریع ریشه در بوته‌های برنج می‌تواند سبب تولید گیاهچه‌هایی با بنیه‌ی قوی‌تر شود (گیلانی، ۱۳۸۹). مصرف غلظت‌های مختلف تریکودرمین بر اساس مقادیر تجارتي (۰، ۱، ۳ و ۶ درصد) در سه رقم شفق، شیروودی و تابش در شرایط خشکه کاری در خوزستان نیز نشان داد که علی‌رغم تفاوت بین سه رقم از نظر اجزای عملکردی و برخی صفات زراعی، هر سه رقم در شرایط خشکه کاری با در نظر گرفتن تولید دانه قابل کشت می‌باشند. در ارقام دارای وزن هزاردانه‌ی بیش‌تر (سنگین‌تر)، اهمیت استفاده از مواد زیستی در فرآیند جوانه‌زنی و استقرار بوته‌ها به‌طور نسبی کم‌تر از ارقام دانه‌سبک است؛ لذا در رقم شیروودی که بذور سنگین‌تری دارد، می‌توان از غلظت ۱ درصد و در دو رقم دیگر تا غلظت ۶ درصد نیز استفاده نمود. در ارتباط با تعداد بوته‌ها در واحد سطح، نتایج نشان داد که واکنش ارقام در سطوح مختلف تریکودرمین متفاوت بوده، به‌طوری‌که در رقم تابش با افزایش غلظت تریکودرمین، تعداد بوته در واحد سطح از ۳۶۸ در سطح شاهد به ۲۵۶ بوته در غلظت ۶ درصد کاهش یافت و این موضوع باید لحاظ شود. مواد زیستی گاهی ممکن است نتیجه‌ی مثبت نشان نداده و یا در غلظت بالا اثر سوزاندگی داشته باشند (گیلانی، ۱۳۹۰).

مقایسه عملکرد ارقام برنج (لاین‌های ۴، ۳۰ و ۶۵ منتخب از توده‌های محلی استان، رقم 24IRCTN90 و رقم گرده محلی جونقان) در کشت مستقیم و نشایی در استان چهارمحال و بختیاری نشان داد که صفات ریخت‌شناختی، اجزای عملکرد و عملکرد تمامی ارقام در کشت نشایی بیش‌تر از کشت مستقیم بوده و لاین ۶۵، دارای بیش‌ترین عملکرد بود (نوربخشیان، ۱۳۷۹).

در استان‌های شمالی کشور (گیلان، مازندران) نیز پژوهش‌هایی در ارتباط با کشت مستقیم برنج صورت گرفته است. مقایسه‌ی روش‌های کشت مستقیم برنج جوانه‌دار (ماشینی و دستی) با نشاکاری در استان مازندران (آمل) نشان داد که عملکرد روش نشا با دست، بالاتر از دیگر روش‌ها و اختلافات مشاهده شده در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود. دلیل کاهش عملکرد در کشت مستقیم به شرایط اقلیمی، نوع رقم، زمان مبارزه با علف‌های هرز و سایر عوامل نسبت داده شد. از طرفی، اختلاف عملکرد در استفاده از خطی‌کار در کشت مستقیم نسبت به روش دستپاش از نظر آماری معنی‌دار نبود. ماشین خطی‌کار کشت مستقیم، بازده کاری بالاتر و نیاز کارگری کم‌تری نسبت به نشاکاری و یکنواختی بیش‌تری نسبت به روش دستپاش داشت. ضریب تغییرات یکنواختی ریزش بذر در روش کشت مستقیم بالای ۲۰ درصد بود. کارگر و زمان مورد نیاز برای کاشت یک هکتار برنج با استفاده از خطی‌کار در مقایسه با روش نشاکاری به ترتیب به یک‌هفتم و یک‌بیستم کاهش یافت. با توجه به ارزیابی اقتصادی تیمارها، علی‌رغم پایین بودن عملکرد تیمار استفاده از ماشین خطی‌کار، این روش از نظر اقتصادی برای زارعین توجیه اقتصادی داشت (ایوانی و همکاران، ۱۳۹۳). با توجه به این‌که انتخاب تاریخ کاشت مناسب، اهمیت زیادی در بهبود عملکرد دانه در سیستم کشت مستقیم دارد، بررسی امکان افزایش ضریب موفقیت کشت مستقیم ژنوتیپ‌های برنج (فجر، طارم محلی، هاشمی، لاین‌های وارداتی اروگوئه: هیبرید، شماره ۱۸ و ۲) با تغییر تاریخ کاشت (۲۹ فروردین، ۸ و ۱۸ اردیبهشت) در استان مازندران (آمل) نشان داد که با تغییر تاریخ کاشت از ۲۹ فروردین به ۱۸ اردیبهشت، عملکرد دانه افزایش یافته و بالاترین میزان این صفت در لاین شماره ۲ و رقم طارم محلی مشاهده شد. بر اساس نتایج، جهت حصول حداکثر عملکرد دانه لازم است که کاشت لاین شماره ۲ در ۲۹ فروردین، فجر در ۸ اردیبهشت و ژنوتیپ‌های هیبرید، طارم محلی، هاشمی و لاین شماره ۱۸ در ۱۸ اردیبهشت صورت گیرد (جلالی و همکاران، ۱۳۹۴). با در نظر گرفتن این‌که بیماری بلاست از مهم‌ترین بیماری‌های برنج بوده و خسارت قابل‌توجهی به محصول برنج وارد می‌نماید، ارزیابی تراکم‌های مختلف بذر (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) در کشت مستقیم برنج روی بیماری بلاست و خصوصیات زراعی برنج (ارقام طارم محلی، شیروودی، فجر و کوهسار) نشان داد که انتخاب رقم مناسب (شیروودی و فجر) و استفاده از تراکم‌های ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار علاوه بر کاهش بیماری بلاست در مقایسه با کشت نشایی، سبب بهبود مدیریت آب، کاهش استفاده از سموم شیمیایی و صرف هزینه‌ی کم‌تر می‌شود. علاوه بر این، کشت مستقیم برنج عملکرد مطلوب زراعی را در حدی که بتوان با کشت نشایی مقایسه نمود، ایجاد کرد (کاظمی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵). ارزیابی اثر میزان بذر (۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد برنج رقم هاشمی در انواع روش‌های کشت مستقیم (ردیفی، کپه‌ای و دستپاش) در استان گیلان (رشت) نشان داد که با استفاده از روش کاشت مستقیم بذر جوانه‌دار شده به‌صورت کپه‌ای در بستر مرطوب و میزان بذر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌توان عملکرد دانه‌ی قابل قبولی در زراعت برنج رقم هاشمی در شرایط اقلیمی منطقه‌ی مورد نظر به‌دست آورد (غلامی رضوانی و همکاران، ۱۳۹۴). کعبی رهنما (۱۳۹۰) بر مبنای تحقیقات خود، کشت مستقیم بذور جوانه‌دار شده به‌صورت کپه‌ای در بستر گل‌خراب و میزان بذر ۸۰ کیلوگرم در هکتار را جهت حصول عملکرد دانه‌ی قابل قبول در برنج رقم خزر در شرایط آب

و هوایی رشت معرفی نمود. تأثیر تاریخ کاشت (۱۰، ۲۰، ۳۰ اردیبهشت و ۹ خرداد) بر روند تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ی ارقام مختلف برنج (هاشمی، طارم محلی و الپاسو) در گیلان (رشت) نشان داد که با تأخیر در تاریخ کاشت، طول دوره‌ی رشد و زمان لازم برای تجمع مواد در بافت‌ها و انتقال آن‌ها به دانه کاهش یافت. تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت و رقم طارم دارای بالاترین طول دوره‌ی پر شدن دانه و عملکرد بودند (بشرخواه و همکاران، ۱۳۸۹). تأثیر مثبت پرایمینگ بذر در یکنواختی جوانه‌زنی و افزایش عملکرد و افزایش عملکرد برنج گزارش شده است. اخگری و همکاران (۱۳۹۶) اثر پرایمینگ بذر بر رشد و عملکرد دو رقم برنج در روش کشت مستقیم را ارزیابی نمودند. عامل اول دو رقم برنج (خزر و هاشمی) و عامل دوم شامل ده سطح (هشت تیمار پرایمینگ شامل هیدروپرایمینگ، اسکوربیک‌اسید، سالیسیلیک‌اسید، کلرید کلسیم، پرایمینگ با سرما، پرایمینگ با گرما+سرما، پوشش‌دار کردن بذر و بذر خشک بدون پرایم که بذرهای پس از پرایمینگ در نوار کاغذی قرار داده شده و به صورت نوار بذر کشت شدند به همراه کاشت مستقیم بذر جوانه‌دار شده و نشاکاری گیاهچه‌های ۲۵ روزه) بود. نتایج نشان داد که بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار هیدروپرایمینگ و بیش‌ترین میزان استقرار گیاهچه در مزرعه مربوط به تیمار بذر خشک بود. تأثیر پرایمینگ بر عملکرد دانه معنی‌داری نبود و برهمکنش رقم در پرایمینگ بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به رقم خزر در روش کشت نشایی و رقم هاشمی در تیمار پرایمینگ بذر با کلرید کلسیم بود. نتایج همچنین نشان داد که شیوه‌ی کاشت مستقیم با استفاده از نوار بذر با کاهش ۱۱ درصدی در طول دوره‌ی رشد و ۳۲ درصدی در تعداد کارگر، نسبت به کشت نشایی برتری داشت. نتیجه‌ی کلی نیز حاکی از کاهش ۱۲ درصدی هزینه‌ی تولید برنج در کشت مستقیم با نوار بذر نسبت به نشاکاری بود.

مطالعاتی بر روی امکان کشت برنج هوازی و لاین‌های متحمل به تنش خشکی و مناسب برای شرایط بحران آب و خشکسالی از سال ۱۳۸۶ در مازندران آغاز شده و توسعه‌ی ارقام مناسب، مدیریت‌های زراعی و امکان انتقال صفات مطلوب این دسته از ژنوتیپ‌ها به ارقام برنج ایرانی که اغلب به تنش خشکی، به‌ویژه در مرحله‌ی زایشی حساس هستند، انجام شده است (مومنی، ۱۳۹۲). بر این اساس، ژنوتیپ‌های برنج هوازی به‌عنوان ترکیبی از ویژگی‌های ارقام آپلند (دیم) با قابلیت تحمل به تنش خشکی بالا و ریشه‌های قوی و ارقام مرسوم مبتنی بر کشت نشایی با پتانسیل عملکرد بالا، ولی اغلب حساس به تنش خشکی و کم‌آبی، از تلاقی بین ارقام دو دسته‌ی یاد شده اصلاح و معرفی شده‌اند (مومنی، ۱۳۹۵). در آزمایشی که نخستین بار توسط مومنی و همکاران (۱۳۸۷، منتشر نشده) بر روی تعداد ۶۸ ژنوتیپ هوازی برنج ارسالی از ایری و تعدادی ارقام ایرانی در شرکت زراعی دشت ناز ساری و در شرایط آبیاری بارانی و در بستر خشک انجام شد، مشخص شد که اغلب ارقام و ژنوتیپ‌هایی که مبتنی بر سیستم کشت هوازی توسعه داده شده‌اند، دارای واکنش مطلوبی در شرایط مورد آزمایش بودند؛ درحالی‌که اغلب ارقام ایرانی یا از بین رفتند و یا این‌که تولید عملکرد اقتصادی نداشته، حساس به بیماری بلاست بوده و قادر به توسعه‌ی ارتفاع نبودند. انتظار می‌رود برنج‌های هوازی امکان کشت و توسعه‌ی این زراعت را در مناطق کم‌آب و با تنوع کشت مانند شرق مازندران، گلستان و یا شرایط مشابه فراهم نماید. پژوهشی که با هدف مطالعه‌ی امکان تغییر الگوی کشت

برنج از شرایط غرقابی به هوازی در استان مازندران و روی ۶۱ ژنوتیپ برنج هوازی به همراه سه رقم شاهد شامل فجر، ندا و طارم محلی اجرا شد، حاکی از برتری هشت ژنوتیپ هوازی برنج بر ارقام شاهد بود که عمدتاً دارای زمان رسیدگی کوتاه‌تر، طول و عرض دانه‌ی مطلوب و وزن هزار دانه‌ی بالاتری بودند. از میان ژنوتیپ‌های شاهد نیز رقم ندا وضعیت مطلوبی را در شرایط هوازی نشان داد که به‌عنوان رقم متحمل به شرایط کم‌آبی می‌تواند در مطالعات مرتبط با تحمل به خشکی مورد استفاده قرار گیرد (مومنی، ۱۳۹۲).

۷- مزایا و مخاطرات بالقوه کشت مستقیم برنج

کشت مستقیم برنج در مقایسه با روش‌های متداول گل‌خرابی و نشاکاری، مزایای متعددی برای کشاورزان و محیط زیست دارد. با این وجود، درک و پیش‌بینی مخاطرات و یا تهدیدهایی که ممکن است کشت مستقیم برنج در طولانی‌مدت با آن مواجه شود نیز مهم هستند. برخی از مزایا و مخاطرات به‌صورت خلاصه در زیر آورده شده است:

۷-۱- مزایای کشت مستقیم

- ۱- صرفه‌جویی در نیروی کارگری در محدوده‌ی صفر تا ۴۶ درصد، با میانگین ۲۵ درصد در کشت مستقیم در بستر مرطوب و ۴ تا ۶۰ درصد، با میانگین ۲۹ درصد در کشت مستقیم در بستر خشک.
- ۲- کاهش سختی کار به‌ویژه برای زنان کارگر از طریق حذف عملیات نشاکاری.
- ۳- کشت سریع‌تر و آسان‌تر.
- ۴- صرفه‌جویی در مصرف آب در محدوده ۱۲ تا ۳۵ درصد بسته به نوع سیستم کشت مستقیم. صرفه‌جویی در مصرف آب در انواع مختلف کشت مستقیم برنج متفاوت است و به‌طورکلی میزان صرفه‌جویی در بستر کشت مرطوب با خاک‌ورزی متداول کم‌ترین است و در مقایسه‌ی کشت در بستر خشک با خاک‌ورزی متداول دارای صرفه‌جویی بیش‌تری است که مشابه کشت مستقیم در بستر خشک بدون خاک‌ورزی است. کشت مستقیم در بستر بذر خشک دارای بیش‌ترین با هر نوع سیستم خاک‌ورزی معمولاً دارای بیش‌ترین صرفه‌جویی در مصرف آب است.
- ۵- صرفه‌جویی در مصرف انرژی (بیش‌تر از ۶۰ درصد سوخت) به‌دلیل حذف مراحل آماده‌سازی خزانه، گل‌خرابی و کاهش مصرف آب برای آبیاری.
- ۶- کاهش تلفات آب آبیاری به‌واسطه‌ی نفوذ عمقی به‌دلیل کاهش ترک‌های خاک.
- ۷- افزایش کارایی مصرف کود به‌دلیل قرارگیری کود در ناحیه‌ی ریشه.
- ۸- کاهش نشر متان (۶ تا ۹۲ درصد بسته به نوع سیستم کشت مستقیم و مدیریت آب).
- ۹- کاهش هزینه‌ی کشت، از ۲ تا ۱۶ درصد در کشت در بستر مرطوب و از ۶ تا ۳۲ درصد در کشت در بستر خشک.
- ۱۰- افزایش درآمد کلی کشاورزان بسته به نوع سیستم کشت برنج.
- ۱۱- دارا بودن قابلیت مکانیزاسیون یا ماشینی شدن کشت مستقیم برنج.

۱۲- کشت مستقیم برنج در مقایسه با کشت نشایی بدون تأخیر رشد ناشی از آسیب گیاهچه (شوک حاصل از کندن گیاهچه‌ها در خزانه و انتقال به زمین اصلی) استقرار یافته و این امر سبب تسریع رسیدگی فیزیولوژیکی و کاهش آسیب‌پذیری در اثر خشکی انتهایی فصل می‌شود (Kumar and Ladha, 2011).

۷-۲- مخاطرات کشت مستقیم

- ۱- باران ناگهانی بلافاصله پس از کشت می‌تواند اثرات مضر بر استقرار گیاه بگذارد.
- ۲- کاهش فراهمی و قابلیت دسترسی مواد مغذی خاک نظیر نیتروژن، آهن و روی به‌ویژه در کشت مستقیم در بستر خشک.
- ۳- شیوع علف‌های هرز جدید از جمله برنج قرمز یا هرز.
- ۴- افزایش وابستگی به علف‌کش‌ها.
- ۵- افزایش شیوع آفات و بیماری‌های خاک‌زی مانند نماتد.
- ۶- افزایش نشر اکسید نیتروس (مونوکسید دی نیتروژن) از خاک.
- ۷- تلفات نسبتاً بیش‌تر کربن از خاک به‌دلیل تکرار خشک و مرطوب شدن.

۸- علف‌های هرز، محدودیت زیستی اصلی در کشت مستقیم

علف‌های هرز به‌عنوان تهدید اصلی در تولید گیاه زراعی برنج در سیستم کشت مستقیم مطرح هستند. جوامع علف‌های هرز در کشت مستقیم برنج دارای فلور متنوع‌تر و فراوانی بیش‌تری در مقایسه با سیستم کشت نشایی بوده و سبب می‌شوند که سیستم کشت مستقیم در معرض فشار بیش‌تر علف‌های هرز در مقایسه با کشت نشایی قرار گیرد. تجربیات بیش از سه دهه‌ی گذشته نشان داده است که، در غیاب اقدامات مناسب جهت کنترل علف‌های هرز، افت عملکرد به‌واسطه‌ی علف‌های هرز در سیستم کشت مستقیم بسیار بیش‌تر از مقدار مشاهده شده در کشت نشایی است (Rao et al., 2007). رشد علف‌های هرز در کشت نشایی توسط گیاهچه‌های برنج که دارای ارتفاع بیش‌تری نسبت به گیاهچه‌های درحال جوانه‌زنی علف‌هرز هستند، بازداشته می‌شود. علاوه بر این، در کشت نشایی برنج، علف‌های هرز ظاهر شده در اوایل فصل به‌واسطه‌ی شرایط بی‌هوای ایجاد شده توسط غرقاب زود هنگام، که در مورد کشت مستقیم وجود ندارد، فرو نشانده می‌شوند. سبز شدن هم‌زمان علف‌های هرز با گیاهچه‌های برنج، کنترل علف‌های هرز را در سیستم کشت مستقیم به‌دلیل همپوشانی و تداخل کشت و نیاز به کنترل علف‌هرز به پدیده‌ای پیچیده تبدیل می‌کند.

۹- فلور علف‌های هرز در کشت مستقیم برنج

علف‌های هرز در طبیعت پویا هستند و ترکیب جوامع علف‌های هرز در مزارع برنج تحت تأثیر عوامل زراعی، مکانیکی، شیمیایی و محیطی قرار می‌گیرد. هرگونه تغییر در نحوه‌ی استقرار گیاه از نشاکاری به کشت مستقیم می‌تواند تنوع زیادی را در جوامع علف‌های هرز مربوطه و تأثیر هم‌زمان آن‌ها بر روی گیاه زراعی ایجاد نماید.

گونه‌های علف‌های هرز واکنش‌های متفاوتی را نسبت به رژیم‌های رطوبتی نشان می‌دهند، به گونه‌ای که وضعیت رطوبت خاک متعاقب کشت، ترکیب فلور علف‌های هرز را به میزان زیادی تحت تأثیر قرار می‌دهد. غالبیت گونه‌های سوروف تحت شرایط اشباع افزایش یافته، درحالی‌که سبزشدن علف‌هرز باریک‌برگ لپتوکلوآ (*Leptochloa chinensis*) در زمانی‌که رطوبت خاک پایین‌تر از حد اشباع است، بیشتر می‌باشد. در بین علف‌های هرز باریک‌برگ، سوروف مهم‌ترین علف‌هرز شالیزار در ایران است و لپتوکلوآ از اهمیت چندانی برخوردار نیست. به‌طور کلی فلور علف‌های هرز در کشت مستقیم دارای تنوع بیشتری بوده، و افت عملکرد به‌واسطه‌ی علف‌های هرز در خاک‌های اشباع در مقایسه با شرایط غرقاب به‌مراتب بیشتر است. محیط‌های غرقاب و "تفاوت اندازه" گیاهچه‌های برنج، یک مزیت رقابتی در مقابل علف‌های هرز در کشت نشایی است که در غیر این‌صورت، به‌واسطه‌ی شرایط هوازی و سبز شدن هم‌زمان برنج و علف‌های هرز خسارت به گیاه زراعی بیشتر خواهد بود. سیستم کشت مستقیم ممکن است فلور علف‌های هرز را به سمت باریک‌برگ‌ها و جگن‌های سرسخت با قدرت رقابتی بیشتر تحریک کند (Bhagat et al., 1999).

فلور متداول علف‌های هرز در کشت مستقیم برنج شامل باریک‌برگ‌ها، جگن‌ها و پهن‌برگ‌ها است. علف‌های هرز باریک‌برگ مؤثر در کاهش شدید عملکرد، سوروف ریشک‌دار (*Echinochloa crus-galli*)، سوروف بدون ریشک (*Echinochloa colona*)، لپتوکلوآ (*Leptochloa chinensis*)، برنج قرمز (*O. sativa* f. *spontanea*) و ایسکوموم (*Ischaemum rugosum*) هستند. جگن‌هایی که در کاهش شدید عملکرد مؤثر هستند شامل اویارسلام بذری (*Cyperus iria*)، اویارسلام یک‌ساله (*Cyperus difformis*)، اویارسلام ارغوانی (*Cyperus rotundus*)، پیזור (*Schoenoplectus* sp.) و پهن‌برگ‌های مسبب افت عملکرد نیز شامل گل آردی (*Eclipta prostrata*)، ورث‌آبی (*Spheoclea zeylanica*)، پامچال‌آبی (*Ludwigia hyssopifolia*) و برگ‌بیدی (*Commelina diffusa*) هستند.

بررسی‌های مزرعه‌ای بیانگر این واقعیت هستند که علف‌های هرز باریک‌برگ، غالب‌ترین دسته‌ی علف‌های هرز در کشت مستقیم بوده و حدود ۸۰ درصد از جمعیت علف‌های هرز را تشکیل می‌دهند. علاوه بر این، ممکن است برخی از گونه‌های جدید علف‌هرز یا علف‌های هرزی که احتمالاً در مزارع برنج شایع نیستند نیز توزیع و پراکنش چشمگیری را در کشت مستقیم برنج نشان دهند. بنابراین، ممکن است که انتخاب سیستم کشت مستقیم برنج به تغییراتی در تنوع گونه‌های هرزی که با آن مواجه می‌شویم (باریک‌برگ‌ها در مقابل پهن‌برگ‌ها) و همچنین تراکم نسبی و سهم آن‌ها، و در نتیجه، رقابت درون و بین‌گونه‌ای منجر شود. توانایی رقابتی یک علف‌هرز خاص در کشت مستقیم در مقایسه با کشت نشایی بیشتر است. به‌عنوان مثال برای کاهش عملکرد به‌میزان ۲۰ درصد در تراکم یکسان گیاه زراعی، به‌ترتیب نیاز به ۳ و ۶۶ بوته سوروف در کشت مستقیم و نشایی وجود دارد (Hill et al., 1990). بر مبنای فلور علف‌های هرز و دوره‌ی بحرانی رقابت آن‌ها، انتخاب و پذیرش روش‌های مدیریت علف‌های هرز در کشت مستقیم باید بسیار هوشمندانه صورت گیرد.

۱۰- اُفت عملکرد و رقابت گیاه زراعی - علف‌هرز در کشت مستقیم برنج

تنوع بیش‌تر فلور علف‌های هرز مشخصه‌ی خاص زراعت برنج به روش کشت مستقیم است. شاخص تنوع در کشت نشایی تنها ۰/۱۱۸ بود، درحالی‌که میزان مشاهده شده‌ی آن در کشت مستقیم ۰/۳۱۷ است. اُفت عملکرد برنج به‌واسطه‌ی اُفات ممکن است به‌میزان ۴۰ درصد برسد، درحالی‌که، بیش از ۵۰ گونه علف‌هرز مسبب اُفت عملکرد، از ۳۰ تا ۹۸ درصد در کشت مستقیم برنج هستند. بنابراین، علف‌های هرز به‌عنوان بزرگ‌ترین عامل تحمیل‌کننده‌ی اُفت عملکرد در کشت مستقیم برنج مطرح هستند. در واقع، اُفت عملکرد به‌واسطه‌ی علف‌های هرز بیش‌تر از اُفت ایجاد شده توسط کمبود نیتروژن، اُفات یا بیماری‌ها بوده و میزان آن در کشت مستقیم نسبت به کشت نشایی بسیار بیش‌تر است (Chauhan, 2012). به‌ازای هر یک کیلوگرم زیست‌توده‌ی تولید شده توسط علف‌هرز، عملکرد برنج به‌میزان ۰/۷۵ کیلوگرم کاهش می‌یابد. ویژگی مهم علف‌هرز رقیب در کشت مستقیم برنج آن است که بیش‌تر آن‌ها دارای مسیر تثبیت کربن C₄ هستند که در مقایسه با برنج دارای مسیر تثبیت کربن C₃، در برتری رقابتی قطعی علف‌های هرز نسبت به گیاه زراعی مؤثر است. تراکم نه بوته سوروف ریشک‌دار (در مترمربع) جهت اُفت عملکرد ۵۰ درصد و اُفت بالای ۷۵ درصد در تراکم ۲۸۰ بوته (در مترمربع) سوروف بدون ریشک گزارش شده است (Mercado and Talatala, 1977).

هجوم علف‌های هرز به‌ویژه در مراحل اولیه‌ی رشد که گیاه زراعی تحت شرایط دیم هوازی رشد می‌کند و دارای قدرت رقابتی و سایه‌اندازی کم‌تری است، بسیار شدید است. عوامل متعدد اقلیمی و ویژگی‌های گیاه هرز و زراعی بر رقابت در کشت مستقیم مؤثر هستند که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به فصل، اندازه و گونه‌ی هرز، نوع و طول مدت رقابت علف‌های هرز، روش کوددهی، توانایی رقابتی ژنوتیپ برنج، تراکم علف هرز و برنج و اعمال مدیریت زراعی اشاره نمود. علف‌های هرز علاوه بر رقابت برای فضا، آب، عناصر غذایی و نور خورشید پناهگاه حشرات (اُفات) و محل تکثیر عوامل بیماری‌زا هستند که می‌توانند کیفیت محصول تولیدی را کاهش دهند. دوره‌ی بحرانی رقابت علف‌های هرز (CPWC)^۱ تحت عنوان دوره‌ای از رشد گیاه زراعی که از راه مشاهده و عملی قابل اندازه‌گیری بوده و طی آن عملکرد به‌واسطه‌ی رقابت علف هرز کاهش می‌یابد، توصیف شده است (Zimdahl, 1999).

به‌صورت نظری، رقابت علف‌های هرز زودتر و دیرتر از این محدوده‌ی زمانی ممکن است تأثیر کمی بر عملکرد بگذارد. دوره‌ی بحرانی می‌تواند آگاهی لازم در جهت دوره‌ی زمانی بحرانی که کنترل علف‌هرز باید انجام شود را فراهم نماید. علاوه براین، زمان مصرف علف‌کش پیش‌رویشی (پیش از سبز شدن) می‌تواند مطابق دوره‌ی بحرانی مشخص شده، و خطرات مرتبط با مصرف نادرست علف‌کش‌ها کاهش می‌یابد. به‌عنوان مثال اگر دوره‌ی بحرانی کنترل علف‌های هرز در زراعت برنج ۲ تا ۶ هفته تعیین شده است، مطابق یافته‌ی فوق می‌توان از مصرف زود هنگام علف‌کش‌ها اجتناب نمود که برنج نیز در مراحل اولیه‌ی رشد دارای

حساسیت بیش‌تری به علف‌کش‌ها است. شروع و پایان دوره‌ی بحرانی کنترل علف‌های هرز می‌تواند در واکنش به عملیات زراعی، ویژگی‌های گیاه زراعی و علف‌هرز و ... متفاوت باشد.

نتیجه‌ی کلی دریافت شده از تحقیقات انجام شده در رابطه با رقابت علف‌های هرز در سیستم کشت مستقیم برنج این است که گیاه کشت‌شده به‌صورت مستقیم نسبت به رقابت علف‌های هرز آسیب‌پذیرتر بوده و با توجه به این‌که رقابت در مراحل اولیه‌ی رشد گیاه زراعی رخ می‌دهد، کنترل علف‌های هرز در اوایل فصل رشد مورد نیاز است. اُفت بالای عملکرد که به‌واسطه علف‌های هرز رخ می‌دهد، نشان‌دهنده‌ی این است که فرصت‌های مهمی برای بهبود عملکرد از طریق راهبردهای مؤثر مدیریت علف‌هرز وجود دارد.

۱۱- راهبردهای مدیریت علف‌های هرز

راهبردهای متعددی برای مدیریت علف‌های هرز موجود بوده و بر مبنای مکان و منابع موجود، برخی از راهبردها ممکن است مورد نیاز باشد. برخی از راهکارهایی که در ذیل مورد بحث قرار می‌گیرند تنها در کشت مستقیم در بستر خشک قابلیت کاربرد داشته و برخی دیگر در تمامی شرایط کشت (بستر خشک، مرطوب و غرقاب) قابل اجرا هستند.

۱۲- پیشگیری

پیشگیری از ورود و گسترش علف‌هرز، مهم‌ترین راهبرد مدیریت علف‌های هرز صرف‌نظر از گیاه زراعی، روش استقرار و زیست‌بوم است. ماشین‌آلات مورد استفاده برای خاک‌ورزی، کاشت، برداشت و خرمن‌کوبی باید قبل از انتقال از مزرعه‌ای به مزرعه‌ی دیگر تمیز (عاری از بذور علف‌هرز) شوند. مهم‌ترین اقدام پیشگیرانه، استفاده از بذور تمیز برنج است (Chauhan, 2013). مدیریت علف‌های هرز در مزارع یا جاده‌ها نیز می‌تواند به پیشگیری از تهاجم علف‌های هرز در مزارع برنج کمک نماید.

۱۳- آماده‌سازی زمین

عملیات خاک‌ورزی، جزء جدا نشدنی کشت گیاهان زراعی بوده و محیطی مناسب را برای رشد و نمو آن فراهم می‌نماید. با این وجود اغلب، تأثیر خاک‌ورزی بر پیدایش، توزیع و خفتگی علف‌های هرز نادیده گرفته می‌شود و یا شناخت کافی در این خصوص وجود ندارد. سیستم‌های خاک‌ورزی، ترکیب جوامع علف‌های هرز را از طریق تأثیر بر توزیع عمودی علف‌های هرز در خاک، زمان نسبی سبز شدن، فراوانی گونه‌های خاص علف‌های هرز، بقای بذر علف‌هرز و نسبت علف‌های هرز یک‌ساله در مقابل چندساله تحت تأثیر قرار می‌دهد. روش کشت، عمق شخم، زمان و تعداد کشت می‌تواند بر ترکیب، تراکم، و پایداری (ماندگاری) طولانی‌مدت جامعه‌ی علف‌های هرز اثر بگذارد. تغییرات حاصل از خاک‌ورزی در رطوبت خاک، دمای روزانه، در دسترس بودن و فراهمی نور، و شکار بذر ممکن است در ترکیب و تنوع علف‌هرز بوده و از این‌رو تفاوت در فشار علف‌های هرز را موجب شوند. شناخت الگوهای سبزشدن گیاهچه‌ی علف‌های هرز تحت سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی ممکن است به پیش‌بینی و مدیریت مشکل علف‌های هرز در مزارع تحت کشت مستقیم کمک نماید.

بر مبنای سیستم تولید، کشت مستقیم برنج می‌تواند در بستر بذر آماده شده یا تحت شرایط بی‌خاک‌ورزی (خاک‌ورزی صفر یا بدون خاک‌ورزی) انجام گیرد. انتخاب بی‌خاک‌ورزی ممکن است سبب تحریک تغییر فلور علف‌های هرز به سمت باریک‌برگ‌های یک‌ساله شده و علف‌های هرز چندساله که از بخش‌های رویشی زیرزمینی رشد می‌نمایند نیز گاه شیوع بیش‌تری را در خاک‌های به‌هم‌نخورده یا شخم‌نخورده، نشان می‌دهند. به‌طورکلی بی‌خاک‌ورزی مداوم سبب افزایش معنی‌دار سهم علف‌های هرز دائمی یا چندساله در لایه‌ی سطحی (صفر تا ۵ سانتی‌متری رویی خاک) در مقایسه با خاک‌ورزی متداول می‌شود. تحت بی‌خاک‌ورزی، ۷۷ درصد از بذور در لایه‌ی فوقانی خاک (۲ سانتی‌متر) مشاهده شد، درحالی‌که تحت خاک‌ورزی متداول ۶۲ درصد بذور در عمق ۵-۲ سانتی‌متری دفن بودند (Chauhan and Johnson, 2009). برخی از علف‌های هرز توسط سیستم‌های خاک‌ورزی بدون هیچ‌گونه تغییری باقی می‌مانند.

آماده‌سازی بستر کشت به‌روش تهیه‌ی بستر بذر کاذب، یکی از راهبردهای مدیریت علف‌های هرز است که می‌تواند قبل از هرگونه کشت گیاه زراعی جهت کاهش بانک بذر علف‌های هرز به‌کار رود. پس از آماده‌سازی بستر بذر، گیاه زراعی بلافاصله کاشته نشده و با آبیاری سبک اجازه‌ی سبز شدن به علف‌های هرز داده می‌شود. پس از آن، علف‌های هرز توسط روش‌های شیمیایی (استفاده از علف‌کش‌های غیرانتخابی گلیفوسیت یا پاراکوات) و مکانیکی (خاک‌ورزی سطحی) مدیریت می‌شوند. این روش می‌تواند با کاهش علف‌های هرز سبز شده و تخلیه‌ی بانک بذر از فشار علف‌های هرز بکاهد. استفاده از بستر بذر کاذب می‌تواند در تمامی سیستم‌های کشت مستقیم برنج سودمند باشد.

روش بستر بذر کاذب همراه با کاربرد علف‌کش‌های غیرانتخابی در بازدارندگی از رشد علف‌های هرز نسبت به وجین مکانیکی تحت شرایط کشت مستقیم بسیار کارا تر بوده و حتی ممکن است تا ۵۰ درصد از رشد علف‌های هرز جلوگیری نماید (Singh et al., 2009). این روش همچنین می‌تواند به کاهش علف‌های هرز سخت‌کنترل همچون اویارسلام ارغوانی و برنج قرمز کمک نماید. با این وجود، علی‌رغم اهمیت بسیار زیاد بستر بذر کاذب، خاک‌ورزی به‌تنهایی قادر به کنترل مناسب تمام علف‌های هرز نیست و لازم است تا به‌همراه علف‌کش‌ها به‌کار رود. سیستم‌های خاک‌ورزی همچنین بر کارایی علف‌کش‌ها تأثیر می‌گذارند؛ به‌گونه‌ای که کارایی علف‌کش‌ها در سیستم کشت مستقیم تحت شرایط بی‌خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی متداول بسیار کم‌تر است.

عملیات خاک‌ورزی حدود ۱۵ درصد از کل هزینه‌های تولید در برنج تحت آبیاری را تشکیل می‌دهد. کشت مستقیم برنج تحت شرایط بی‌خاک‌ورزی می‌تواند سبب کاهش هزینه‌ها شود. علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف سوخت و نیروی کارگری، این سیستم می‌تواند در بهبود و اصلاح ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نیز نقش داشته باشد. انتخاب سیستم بی‌خاک‌ورزی، توزیع بذور علف‌های هرز در لایه‌ی سطحی خاک و زمان سبز شدن علف‌های هرز را تغییر می‌دهد. در سیستم‌های بی‌خاک‌ورزی که خاک دست‌نخورده باقی مانده و سطح خاک توسط بقایای گیاهی پوشیده شده است، تراکم علف‌های هرز در داخل خاک در مقایسه با دیگر سیستم‌های خاک‌ورزی کاهش می‌یابد. دفن بذور علف‌های هرز درون خاک می‌تواند در شکستن خواب بذر و کاهش تراکم علف‌های هرز مؤثر باشد.

گاه اطلاعات مربوط به تأثیر خاک‌ورزی بر سبز شدن و ترکیب گونه‌های علف‌های هرز متناقض است. خاک‌ورزی متداول ممکن است برخی از علف‌های هرز استقرار یافته را نابود کند، با این وجود ممکن است رویش مجدد برخی علف‌های هرز را با آوردن بذور جدید از لایه‌های عمیق‌تر به سطح خاک ایجاد نماید. از سوی دیگر، بی‌خاک‌ورزی ممکن است سبب کاهش جمعیت علف‌های هرز شود که به دلیل برهم زدن محیط توسط عوامل مختلفی از بین می‌روند. به علاوه گاه ممکن است جمعیت علف‌های هرز در سال‌های بعدی به دلیل جمع‌شدن بذور در لایه‌ی سطحی و تشکیل بانک بذری بزرگ‌تر، به گونه‌ای قابل ملاحظه افزایش یابد. این امر نیاز به بررسی‌های بیشتر در ارتباط با برهم‌کنش میان خاک‌ورزی و رشد علف‌های هرز دارد که می‌تواند به ایجاد و طراحی روش‌های مدیریت تلفیقی علف‌های هرز در کشت مستقیم کمک نماید.

۱۴- زمان کاشت و میزان بذر (تراکم کاشت)

در میان عوامل تأثیرگذار بر پویایی علف‌های هرز و تداخل علف‌هرز برنج، زمان کاشت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. انتخاب زمان مناسب کاشت می‌تواند سبب کاهش نیاز به استفاده از روش‌های متعدد حفاظت از گیاه زراعی شده و همچنین تاریخ کاشت می‌تواند جهت تنظیم ترکیب علف‌های هرز تحت شرایط مزرعه‌ای دستکاری شود. آماده‌سازی زمین در زمان‌های مختلف کاشت، سبب ایجاد تغییرات فصلی در رژیم‌های دمایی و رطوبتی خاک، دو عامل تعیین‌کننده‌ی بقا و توزیع گونه‌ها، شده و بدین طریق تناوب سبز شدن گیاهچه‌های علف‌های هرز را کنترل می‌نماید. زمان برهم‌زدن خاک می‌تواند تعیین‌کننده‌ی این باشد که کدام بذور علف‌های هرز در کدام مرحله‌ی خفتگی برای جوانه‌زنی آمادگی دارند و بدین طریق جوانه‌زنی و رشد متعاقب علف‌های هرز را تنظیم می‌نماید. ترکیب جوامع علف‌های هرز در گیاهان کشت‌شده در اواسط یا انتهای فصل با یکدیگر متفاوت است. گونه‌های علف‌های هرز تنها طی زمانی خاص در سال سبز شده و تأخیر در کاشت می‌تواند سبب جلوگیری از دوره‌ی اوج جوانه‌زنی آن‌ها شود. این می‌تواند فشار علف‌های هرز پس از کاشت گیاه زراعی را کاهش دهد. به‌طور کلی، اُفت عملکرد در شرایطی که علف‌های هرز زودتر یا هم‌زمان با گیاه زراعی سبز می‌شوند، بیشتر است؛ زیرا طی دوره‌ی استقرار اولیه، علف‌های هرز ۲۰-۳۰ درصد از رشد خود را انجام می‌دهند، درحالی‌که گیاه زراعی تنها ۲-۳ درصد از رشد خود را طی می‌کند (Moody, 1990).

کشت دیرهنگام در مقایسه با کشت زودهنگام سبب کاهش بیش‌تر فشار علف‌های هرز می‌شود. گیلانی (۱۳۹۵)، در ارزیابی تأثیر تاریخ کاشت (۱۵ و ۲۵ خرداد و ۵ تیر) بر جمعیت و تنوع علف‌های هرز در کشت مستقیم خشکه‌کاری برنج در استان خوزستان به این نتیجه رسید که در هر سه تاریخ کاشت، جمعیت علف‌های هرز صرف‌نظر از ترکیب گونه‌ای، در دامنه زمانی ۲۰-۴۰ روز پس از کاشت حداکثر بوده و پس از آن، کاهش یافت. بالاترین تعداد علف‌هرز نیز در تاریخ کاشت اول دیده شد. بهره‌گیری از زمان کاشت در مدیریت علف‌هرز برنج به‌ویژه تحت شرایط هوایی نیازمند بررسی‌های گسترده‌ای است.

تراکم کاشت به‌عنوان ابزاری مؤثر در کاهش اثرات رقابتی علف‌هرز بر گیاه زراعی مطرح است. افزایش میزان بذر به بازدارندگی از رشد علف‌های هرز و همچنین جبران استقرار ضعیف گیاه زراعی کمک می‌کند.

در بسیاری از کشورها، مقادیر زیاد بذر در سیستم‌های کشت مستقیم به کار برده می‌شوند که مقادیر بالای بذر را عمدتاً جهت جبران کیفیت پایین بذر و سبزشدن ضعیف گیاه زراعی و همچنین به منظور جبران تلفات ناشی از خسارت جوندگان، پرندگان، حشرات، نماتدها و حلزون‌ها به کار می‌برند. الگوی رشد علف‌هرز و گیاه زراعی اغلب تحت تراکم‌های مختلف گیاهی متفاوت بوده و این می‌تواند به عنوان ابزاری در جهت کاهش فشار علف‌های هرز مورد استفاده قرار گیرد (Mahajan et al., 2010).

تراکم کشت گیاه زراعی می‌تواند پوشش تاج‌پوش، میزان جذب نور، شاخص سطح برگ و میزان تجمع ماده خشک که تعیین‌کننده توانایی رقابتی آن هستند و تحت عنوان زیست‌توده‌ی علف هرز بیان می‌شوند را کنترل نماید. افزایش تراکم کاشت به همراه دیگر روش‌های مدیریت علف‌های هرز به‌ویژه در ارتباط با گیاهانی که توانایی رقابتی پایینی با علف‌های هرز دارند، به عنوان مثال برنج، می‌تواند بسیار مهم باشد. میزان بذر بیشتر، اغلب برتری توان رقابتی را به گیاه زراعی تحت شرایط رقابت کامل یا نسبی علف‌های هرز می‌دهد که به طور معمول در شرایط کاملاً عاری از علف‌هرز از دست رفته است (Mahajan et al., 2010).

به‌طور کلی، اثر مقادیر بالاتر بذر بر بازدارندگی از رشد علف‌های هرز به زیست‌شناسی علف‌های هرز و همچنین رقم برنج بستگی دارد. در محیط‌های عاری از علف‌هرز، عملکرد دانه ممکن است تحت مقادیر بالا یا پایین بذر، برای مثال از ۲۵ تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار، مشابه باشد. با این وجود، در شرایط حضور علف‌های هرز، عملکرد دانه ممکن است با افزایش مقادیر بذر افزایش یابد. مقادیر بالای بذر سبب بسته‌شدن سریع‌تر تاج‌پوش شده و رقابت علف‌هرز را کاهش می‌دهد. در نهایت، مقادیر بالای بذر ممکن است به بازدارندگی از رشد علف‌های هرز و کاهش آفت عملکرد به‌واسطه‌ی کنترل علف‌های هرز کمک نمایند. ادعای فوق در صورتی صحیح است که، هیچ‌گونه کنترل علف‌های هرز صورت نگرفته و یا این که کنترل نسبی علف‌های هرز صورت گیرد. مصرف مقادیر بالای بذر در محیط‌های مرطوب، ممکن است مشکلات زیان‌بار برای عملکرد دانه، همچون کمبود نیتروژن، افزایش تعداد پنجه‌های نابارور، هجوم آفات و بیماری‌ها و خوابیدگی گیاه زراعی را تشدید نماید. در برخی از کشورها مثل هند، کشاورزان برای کشت مستقیم بذور، ارقام دورگ (هیبرید) را خریداری می‌نمایند که به دلیل قیمت بالای بذر قادر به مصرف مقادیر بالای بذر نیستند. در چنین شرایطی با در دسترس بودن ردیف‌کارهای پیشرفته و کارنده‌های دارای ابزارهای دقیق اندازه‌گیری بذر، میزان بذر تنها ۱۵ تا ۲۵ کیلوگرم در هکتار برای کشت در بستر خشک مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این وجود، برای حصول تراکم یکنواخت در مقادیر پایین بذر، استفاده از بذور با کیفیت و دارای درصد جوانه‌زنی بالا، بستر بذر تسطیح‌شده، عمق کشت مناسب و رطوبت مطلوب مورد نیاز است. علاوه بر این، تلفات ناشی از خسارت پرندگان، موش‌ها، حشرات، نماتدها و حلزون‌ها، لازم است در محاسبه‌ی میزان بذر لحاظ شود. استفاده از مقادیر پایین بذر نیازمند بررسی‌های بیشتر و شناخت بیشتر از محدودیت‌های هر منطقه است (Chauhan, 2012).

۱۵- فاصله ردیف کشت

در کشاورزی پیشرفته، گیاهان زراعی، به‌ویژه غلات، در ردیف‌هایی متمایز با فاصله‌ی ردیف و تراکم بوته‌ی متفاوت کشت می‌شوند. کاهش نور دریافتی توسط علف‌های هرز با دستکاری ردیف کشت گیاهان زراعی و جهت آن امکان‌پذیر است. کشت گیاه در ردیف‌های باریک به‌دلیل بسته‌شدن زودتر و سریع‌تر تاج‌پوش به گیاه زراعی برتری رقابتی نسبت به علف‌هرز می‌دهد. حدود ۳۴ درصد زیست‌توده‌ی بیش‌تر علف‌هرز، در گیاه برنج کشت‌شده در ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متری نسبت به برنج‌های کشت‌شده در فاصله‌ی ردیف ۱۵ سانتی‌متری گزارش شده است. آن‌ها همچنین نتیجه‌گیری نمودند که فاصله‌ی ردیف کشت دارای اثری قطعی بر رقابت گیاه زراعی-علف‌هرز است (Chauhan and Johnson, 2011)، زیرا دوره‌ی بحرانی برای برنج کشت‌شده به‌صورت مستقیم در فاصله‌ی ردیف ۱۵ سانتی‌متر کم‌تر بود. اگرچه فاصله‌ی ردیف بیش‌تر، کنترل مکانیکی علف‌های هرز را تسهیل می‌نماید. یک علف‌کش امیدبخش می‌تواند علف‌های هرز درون و بین ردیف‌ها را در گیاهان زراعی کشت‌شده در ردیف‌های باریک به‌گونه‌ای مؤثر کنترل نماید. ردیف کشت باریک می‌تواند کنترل تکمیلی علف‌های هرز را انجام داده و از این‌رو به کارآیی علف‌کش کمک می‌نماید.

به‌طور کلی فاصله‌ی ردیف کم می‌تواند برای برنجکاران به‌ویژه در مزارعی که کنترل اولیه‌ی علف‌هرز انجام می‌شود، مفید باشد. کاربرد علف‌کش‌های پیش از سبزشدن یا پس از سبزشدن زود هنگام می‌تواند به برنج کشت‌شده به‌صورت مستقیم نوید شروع فصل رشد عاری از علف‌هرز را داده و فاصله‌ی ردیف کم می‌تواند پس از آن، کارآیی علف‌کش را از طریق بسته‌شدن سریع و زود هنگام تاج‌پوش تکمیل نماید (Chen *et al.*, 2008).

۱۶- استفاده از ژنوتیپ‌های رقابتی برنج

استفاده از ژنوتیپ‌هایی از برنج که در تداخل با علف‌های هرز دارای توان رقابتی بالاتری هستند، نیازی کلیدی در راهبردهای مدیریت علف‌های هرز در هر گیاه زراعی است. کاربرد چنین ژنوتیپ‌هایی ممکن است سبب کاهش فشار انتخابی، مصرف علف‌کش‌ها و هزینه‌های کارگری شود. افزایش توان رقابتی گیاه زراعی با علف‌های هرز می‌تواند هزینه‌های تحمیل‌شده در کنترل علف‌هرز را بیش از ۳۰ درصد کاهش دهد. توانایی رقابتی گیاه زراعی با علف‌هرز دارای دو جزء است: تحمل علف‌هرز و توانایی فرونشانی (بازدارندگی رشد) علف‌هرز (Jannink *et al.*, 2000; Zhao *et al.*, 2006). تحمل علف‌هرز، توانایی گیاه زراعی در جهت حفظ عملکرد بالا با وجود رقابت با علف‌های هرز است، درحالی‌که توانایی فرونشانی علف‌های هرز، توانایی بازدارندگی رشد علف‌های هرز از طریق رقابت است. هر دو جزء بسیار مهم هستند زیرا پایداری عملکرد و جلوگیری از تولید بذر و متعاقب آن، تولید بانک بذر علف‌هرز در گیاهان زراعی که همراه با علف‌هرز رشد می‌نمایند، مطلوب است (Jordan, 1993). تفاوت ارقام در توانایی فرونشانی علف‌های هرز از طریق برآورد تفاوت در زیست‌توده‌ی علف‌هرز در کرت‌های تحت رقابت تعیین می‌شود. به‌منظور اصلاح ارقام گیاهان زراعی، توانایی آن‌ها در فرونشانی علف‌های هرز بر تحمل علف‌هرز برتری دارد؛

زیرا توانایی فرونشانی علف‌های هرز، تولید بذر علف‌هرز را کاهش داده و جهت مدیریت علف‌های هرز در آینده مفید است؛ درحالی‌که تحمل علف‌هرز تنها در فصل زراعی جاری مفید بوده و ممکن است سبب افزایش بانک بذر علف‌هرز و فشار وارده در فصول بعدی از سوی علف‌های هرزی شود که در فصل قبل تکثیر پیدا کرده‌اند. تحمل علف‌هرز تنها می‌تواند برای ژنوتیپ‌هایی با توانایی فرونشانی و پتانسیل عملکرد یکسان، تعیین شود. علاوه بر این، توانایی زیاد در جهت فرونشانی (بازدارندگی از رشد) علف‌های هرز در صورت پایین بودن عملکرد بالقوه، لزوماً یک مزیت عملکردی بالا نیست. تحت شرایط رقابت کامل علف‌هرز، عملکرد گیاه زراعی تحت تأثیر پتانسیل عملکرد، توانایی بازدارندگی رشد علف‌های هرز و تحمل علف‌هرز قرار می‌گیرد و این تأثیرات اغلب درهم‌آمیخته بوده و تشخیص آن‌ها تحت شرایط مزرعه‌ای دشوار است (Zhao *et al.*, 2006). تفاوت میان ارقام برنج از نظر توانایی رقابتی با علف‌های هرز در مناطق مختلف مشاهده و گزارش شده است. برخی ارقام و هیبریدهای زودرس برنج به‌واسطه‌ی بنیه‌ی بهتر و تمایل به بستن سریع‌تر تاج‌پوش بر روی علف‌های هرز اثر خفه‌کنندگی بیش‌تری دارند.

اهمیت بنیه‌ی گیاهچه به‌منظور استقرار مطلوب گیاه زراعی و افزایش توان رقابتی، اثبات شده است. بنیه‌ی گیاهچه، توانایی گیاه زراعی جهت سبز شدن سریع‌تر از خاک یا آب بوده و نقشی حیاتی را در سیستم کشت مستقیم ایفا می‌نماید؛ زیرا به استقرار بهتر گیاه کمک نموده و سبب رقابت بیش‌تر گیاه زراعی با علف‌های هرز می‌شود. بنیه در برنج همچنین بر بسیاری از صفات زراعی اثر گذاشته و به‌صورت غیرمستقیم، عملکرد دانه را به‌واسطه‌ی رقابت با علف‌های هرز تحت تأثیر قرار می‌دهد. نمره‌ی بنیه رویشی در دو هفته پس از کشت و عملکرد عاری از علف‌هرز مسئول ۸۷ درصد از تفاوت عملکرد میان ارقام تحت شرایط رقابت با علف‌های هرز بوده و این دو صفت می‌توانند معیار مفید انتخاب غیرمستقیم در جهت بهبود عملکرد برنج تحت شرایط رقابت کامل باشند.

طول شاخساره‌ی گیاهچه، ریشه، مزوکوتیل، برگ اولیه و همچنین نسبت ریشه به شاخساره در مراحل رشدی معین برای تشخیص ارقام رقیب برنج، مورد استفاده قرار می‌گیرند. هنگامی‌که برنج به‌همراه علف هرزی همچون سوروف رشد می‌کند، رقابت شاخساره در مقایسه با ریشه، میزان رشد و عملکرد را به‌میزان بیش‌تری کاهش می‌دهد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که رقابت شاخساره برای نور ممکن است مکانیسم اولیه‌ی تعیین‌کننده‌ی نتیجه‌ی رقابت میان برنج و سوروف باشد (Chauhan and Johnson, 2010). عملکرد دانه‌ی برنج دارای همبستگی بالایی با زیست‌توده‌ی اندام‌های هوایی و زیرزمینی است. این نتایج نشان‌دهنده‌ی اهمیت ارزیابی و اندازه‌گیری کل گیاه زراعی در زمان تلاش برای درک تفاوت میان توانایی رقابتی در کشت مستقیم برنج است. در کشت نشایی، اصلاحگرها به‌دلیل عدم وجود همبستگی میان عملکرد دانه و صفات مربوط به توان رقابتی، توجه کم‌تری بر صفات مرتبط با توان رقابتی نشان می‌دهند.

ارتفاع گیاه زراعی، تعداد پنجه (پنجه‌ی بیش‌تر) و آغاز زود هنگام پنجه‌زنی، زیست‌توده‌ی شاخساره در مراحل اولیه‌ی رشد، زیست‌توده‌ی بالاتر گیاه زراعی در مرحله‌ی پنجه‌زنی، شاخص سطح برگ (بالاتر)، سرعت توسعه‌ی سطح برگ بیش‌تر در ابتدای فصل، پوشش تاج‌پوش (بسته شدن زودتر تاج‌پوش)، سطح

ویژه‌ی برگ بالاتر، برگ‌های افتاده یا خمیده، رشد بیش‌تر ریشه، بنیه‌ی اولیه‌ی گیاهچه و سطح برگ و زیست‌توده‌ی بالاتر گیاهچه، صفات مرتبط با توان رقابتی هستند.

گیاهان پابلند دارای توان رقابتی بالایی هستند ولی آن‌ها اغلب دارای پتانسیل عملکرد پایین بوده و تمایل به خوابیدگی دارند. ارقام نیمه‌پاکوتاه می‌توانند به‌اندازه‌ی گیاهان پابلند رقابتی باشند و از این‌رو، ارتفاع متوسط ممکن است برای کشت مستقیم مطلوب‌تر باشد. در کشت نشایی، نشاکاری سبب تأخیر در پنجه‌زنی می‌شود؛ با این‌وجود، به‌نظر نمی‌رسد که پنجه‌زنی مانعی در کشت مستقیم باشد و بنابراین، توانایی پنجه‌زنی به‌عنوان صفتی اولیه جهت انتخاب مدنظر قرار نمی‌گیرد (Song et al., 2009). پنجه‌زنی بیش از اندازه در مراحل اولیه‌ی رشد سبب کاهش زیست‌توده‌ی برگ و فتوسنتز در مراحل بعدی شده و سرانجام، یکی از دلایل مهم کاهش عملکرد می‌شود. برنج زراعی آفریقایی *Oryza glaberrima*، با پتانسیل عملکرد پایین، دارای برگ‌های افتاده به‌همراه سطح ویژه‌ی برگ بالا است که در فرونشانی علف‌های هرز بسیار مؤثر است. اگر این صفت محدود به رشد اولیه شده و با برگ‌های عمود و افراشته و سطح ویژه‌ی برگ پایین *O. sativa* ترکیب شود، چنین ارقامی می‌توانند برای کشت مستقیم مفید باشند (Jones et al., 1997).

در مجموع، استفاده از ژنوتیپ‌های رقابتی برنج در سیستم‌های کشت مستقیم می‌تواند ابزاری ایمن و بوم‌سازگار برای مدیریت علف‌های هرز با مصرف کم‌تر علف‌کش و همچنین صرف هزینه‌ی کم‌تر فراهم آورد. علاوه‌براین، تنوع خوبی در ژنوم‌های برنج وجود داشته و با فراهم بودن ابزارهای نوین در مهندسی ژنتیک، امکان توسعه‌ی ارقامی از برنج که دارای کلیه‌ی صفات مرتبط با توان رقابتی با علف‌های هرز بوده و توانایی مقابله با علف‌های هرز در سیستم کشت مستقیم را دارا هستند، ممکن خواهد بود (Mahajan and Chauhan, 2013).

۱۷- ارقام دگرآسیب

برنج و علف‌های هرز از طریق دگرآسیبی نیز با یکدیگر رقابت می‌کنند. ارقام دگرآسیب برنج می‌توانند در بازدارندگی از رشد علف‌های هرز تک‌لپه و دولپه اثرگذار باشند. در یک بررسی، ۱۱۱ رقم برنج جهت ارزیابی توانایی بازدارندگی آن‌ها در ممانعت از رشد علف هرز سوروف مطالعه شد و نتایج نشان داد که خاصیت دگرآسیبی برخی ارقام کاهش ۳۴ درصدی در وزن خشک علف‌های هرز در هشت هفته پس از کاشت را موجب شد. کاهش وزن خشک علف‌های هرز در این ارقام به آزاد شدن مواد آلوشیمیایی نسبت داده شد (Olofsdotter, 2001). سیل و پراتنی (Seal and Pratney, 2010) اثرات دگرآسیبی ۲۷ رقم برنج را بر روی چند علف هرز مهم آبی در استرالیا ارزیابی نموده و دریافتند که رقم Amaroo از رشد علف‌های هرز خانواده‌ی قاشق‌واشیان به‌میزان ۹۷ درصد جلوگیری نمود، درحالی‌که میزان بازدارندگی از رشد سوروف، ۷۲ درصد بود. رقم غیردگرآسیب Langi رشد ریشه‌ی سوروف ریشک‌دار را به‌میزان تقریبی ۲۰ درصد افزایش داد. از این‌رو، می‌توان این‌گونه اعلام نمود که زمینه‌ی وسیعی برای بهره‌گیری ارقام دگرآسیب برنج در سیستم‌های کشت مستقیم جهت مدیریت علف‌های هرز وجود دارد.

۱۸- استفاده از بقایای گیاهی به عنوان مالچ (خاک پوش)

استفاده از مالچ (خاک پوش) بر سطح خاک روشی دیگر برای کنترل علف‌های هرز در کشت مستقیم برنج است. علاوه بر حفظ رطوبت، خاک پوش سبب بازدارندگی از رشد علف‌های هرز، جلوگیری از فرسایش خاک، افزودن مواد آلی به خاک، بهبود سلامت خاک و کاهش نوسان در دمای روزانه می‌شود. خاک پوش از طریق انسداد فیزیکی جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز، جلوگیری از دریافت نور خورشید و با آزادسازی مواد دگرآسیب خاص سبب بازدارندگی از رشد علف‌های هرز می‌شود. با این وجود، واکنش علف‌های هرز به خاک پوش به عوامل متعددی بستگی دارد، از جمله تعداد و موقعیت بذر علف‌های هرز نسبت به خاک پوش، توانایی دگرآسیبی خاک پوش و زیست‌شناسی گونه‌های علف‌هرز. به عنوان مثال، بقایای برنج در سیستم‌های کشت برنج- برنج یا برنج- برنج- برنج، بقایای گندم در سیستم کشت برنج- گندم، بقایای ذرت در سیستم کشت برنج- ذرت ممکن است به گونه‌ای متفاوت بر سبزشدن گیاهچه‌ی علف‌هرز در سیستم کشت مستقیم برنج اثرگذار باشند و این تفاوت‌ها ممکن است به دلیل ضخامت بقایا در مزرعه، عمق بذر علف‌هرز در خاک، نوع خاک و توانایی دگرآسیب بقایای گیاهی باشد (Chauhan, 2012). از آنجا که بذور برنج معمولاً بزرگ‌تر از بذر بیش‌تر علف‌های هرز هستند، استفاده از بقایا به عنوان خاک پوش می‌تواند به بازدارندگی از رشد علف‌های هرز در کشت مستقیم کمک نماید.

کومار و همکاران (Kumar *et al.*, 2013) گزارش نمودند که علف‌های هرز مشکل‌زا برای کشت مستقیم از جمله سوروف ریشک‌دار، سوروف بدون ریشک، علف پنجه‌ای مصری و مستور خوابیده (*Eclipta alba*) نسبت به بقایای گندم که به عنوان خاک پوش به کار می‌رود، حساس هستند.

کاه و کلش تولیدشده توسط گندم می‌تواند جهت پخش در سطح خاک مورد استفاده قرار گیرد. این همچنین می‌تواند مشکل مدیریت کاه و کلش را نیز حل نماید؛ زیرا سوزاندن بقایا نیز مشکل جدی دیگری است. استفاده از بقایای کاه و کلش گیاه زراعی قبلی به همراه مصرف علف‌کش‌های پس از سبزشدن می‌تواند راهبردی نویدبخش جهت کنترل علف‌های هرز در کشت مستقیم برنج به‌ویژه در کشورهای آسیایی با توجه به نگرانی‌های مرتبط با آلودگی‌های محیطی و تخلیه‌ی مواد آلی خاک پس از سوزاندن بقایا باشد (Singh *et al.*, 2018).

۱۹- تناوب گیاهی

تناوب گیاهی در کنترل علف‌های هرز بسیار مفید و سودمند است. تناوب گیاهی به شکستن چرخه‌ی بذر علف‌هرز کمک نموده و علف‌های هرز متعددی وجود دارند که به راحتی با تغییر سیستم کشت کنترل می‌شوند. تغییر در سیستم کشت فلور علف‌های هرز را تغییر می‌دهد، به گونه‌ای که برخی از علف‌های هرز ناپدید شده و علف‌های هرز جدیدی سبز می‌شوند.

تغییر تناوب برنج-گندم همچنین به مدیریت برنج قرمز (هرز) کمک می‌نماید. از طریق تناوب برنج با سویا، ماش، ذرت پاییزه یا پنبه، برنج قرمز می‌تواند کنترل شود؛ زیرا علف‌کش‌ها و روش‌های زراعی دیگر که در برنج قابل استفاده نیستند، می‌توانند به کار روند (Singh *et al.*, 2013). وارد نمودن گیاهان علوفه‌ای در

تناوب زراعی نیز می‌تواند به بازدارندگی از رشد علف‌های هرز به‌واسطه‌ی رقابت، چرانیدن و علف‌زنی کمک نماید (Gill and Holmes, 1997).

۲۰- کود قهوه‌ای (هم‌کشتی با سببانی)

کشت سببانی^۱ به‌عنوان کود سبز قبل از کشت برنج یا همراه کشت و به‌صورت مخلوط با برنج، کود قهوه‌ای (هم‌کشتی سببانی) نامیده می‌شود. سببانی به‌میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار همراه برنج کاشته شده و ۲۵-۳۰ روز پس از رشد، هنگامی‌که سببانی به ارتفاع ۴۰-۳۰ سانتی‌متر رسید، توسط توفوردی استر به‌میزان ۰/۵ کیلوگرم در هکتار از بین برده می‌شود. این فناوری هم‌کشتی می‌تواند سبب کاهش جمعیت علف‌های هرز به‌میزان تقریباً نصف شود، بدون اینکه هیچ اثر مضر بر عملکرد برنج بگذارد. علاوه بر بازدارندگی از رشد علف‌های هرز، دیگر مزایای هم‌کشتی سببانی شامل تثبیت نیتروژن اتمسفری و تسهیل سبز شدن گیاه زراعی در مناطقی است که تشکیل پوسته‌ی سخت خاک (سله‌بستن) یک معضل است. بهترین زمان کاشت سببانی برای بیش‌ترین بازدارندگی از رشد علف‌های هرز، هم‌زمان (همان روز) با کشت برنج است (Singh et al., 2007). هم‌کشتی با سببانی علیه علف‌های هرز پهن‌برگ و جگن‌ها مؤثرتر بوده و اثر کم‌تری بر باریک‌برگ‌ها دارد. بنابراین، در این روش، توصیه به استفاده از علف‌کش پندیمتالین به‌صورت پیش از سبز شدن جهت غلبه بر مشکل باریک‌برگ‌ها شده است (Kumar and Ladha, 2011). مطالعات انجام‌شده توسط انجمن تحقیقات کشاورزی هند نشان داد که کشت لوبیا چشم‌بلبلی یا سببانی به‌صورت کشت درهم و مصرف پیش از سبز شدن علف‌کش پندیمتالین به‌میزان یک کیلوگرم در هکتار و به‌دنبال آن وجین دستی ۲۰ روز پس از کاشت به‌عنوان راهبردی تلفیقی، جهت کاهش رقابت علف‌های هرز در برنج دیم مناسب تشخیص داده شد (ICAR, 2007).

۲۱- پرایمینگ بذر (پیش‌تیمار سازی بذر)

پرایمینگ بذر عبارت است از افزودن رطوبت به‌دقت کنترل‌شده به بذور که اجازه‌ی آبرگیری نسبی تا نقطه‌ای به آن‌ها داده شده، فعالیت‌های سوخت و سازی مرتبط با جوانه‌زنی نیز رخ داده ولی بذور به نقطه‌ی برگشت‌ناپذیر سبز شدن ریشه‌چه نمی‌رسند. پرایمینگ بذر می‌تواند سبب بهبود صفات مرتبط با توانایی رقابت با علف‌های هرز در برنج از جمله ارتفاع اولیه، سرعت رشد، زیست‌توده‌ی اولیه گیاه و بنیه‌ی اولیه شود. روش‌های متعدد پرایمینگ به‌کار برده شده جهت بهبود سرعت و هم‌زمانی جوانه‌زنی بذر، پیش‌خیساندن، مقاوم‌سازی (هاردنینگ)، پرایمینگ هورمونی، هیدروپرایمینگ، هالوپرایمینگ، اسموپرایمینگ، و آسکوبات پرایمینگ (پرایمینگ با آسکوبات) است. تیمارهای پرایمینگ می‌توانند سبب تولید گیاهچه‌هایی پرتوان با ۵۰ درصد شاخص بنیه‌ی بالاتر نسبت به بذور پرایم‌نشده شوند. وزن خشک گیاهچه نیز به‌میزان ۶۰ و ۳۵ درصد، توسط به‌ترتیب هاردنینگ و هیدروپرایمینگ افزایش می‌یابد. سبز شدن بیش‌تر و یکنواخت‌تر بذور پرایم‌شده می‌تواند تضمین‌کننده‌ی توده‌ی گیاهی پرتوان با توسعه‌ی سریع تاج‌پوش باشد که به برنج برتری اولیه نسبت به علف‌های هرز می‌بخشد. در پژوهشی، افت نسبی عملکرد

1. *Sesbania aculeata*

به‌میزان تقریبی ۱۰ درصد به‌واسطه‌ی پرایمینگ کاهش یافته بود (Juraimi et al., 2012). این عمدتاً به‌واسطه‌ی این واقعیت است که پرایمینگ خطر استقرار توده‌ی ضعیف گیاهی و تلفات گیاه به‌دلیل وجود علف‌های هرز را کاهش می‌دهد.

۲۲- آفتاب‌دهی خاک

آفتاب‌دهی، گرم کردن سطح خاک با استفاده از ورقه‌های شفاف پلی‌اتیلن جهت جذب و به‌دام انداختن تابش خورشید است. این روش دمای خاک را بالا برده، به سطوحی کشنده برای بسیاری از عوامل بیماری‌زای خاک‌زی و بذور علف‌های هرز رسانده و از این‌رو، علف‌های هرز را پیش از سبزشدن از بین می‌برد. این روش می‌تواند به‌گونه‌ای مؤثر در مناطق بسیار گرم و داغ به کار رود. علاوه بر اثرات کنترلی علف‌های هرز، آفتاب‌دهی دارای مزایای دیگری همانند بهبود ساختار خاک و تقویت فراهمی و در دسترس بودن نیتروژن و دیگر مواد مغذی مورد نیاز گیاه و کنترل زیستی عوامل بیماری‌زای خاک همچون نماتدها و فوزاریوم نیز می‌باشد (Raj and Syriac, 2017). پوشاندن خاک پیش از کاشت توسط ورقه‌های پلی‌اتیلن با ضخامت ۱۰۰ میکرون به‌مدت ۳۰ روز می‌تواند در کاهش تراکم علف‌های هرز باریک‌برگ و پهن‌برگ و همچنین وزن خشک علف‌های هرز مؤثر باشد. دمای خاک در عمق پنج سانتی‌متری زیر خاک‌پوش شفاف به‌میزان ۱۰-۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و در عمق ۱۰ سانتی‌متری به‌میزان ۱۲-۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بالاتر خواهد بود (Khan et al., 2003).

۲۳- مدیریت آب

وضعیت آب در کشت مستقیم برنج بسته به میزان در دسترس بودن آب و نوع سیستم کشت مستقیم در محدوده‌ی هوازی تا غرقاب دائم تغییر می‌کند. در شرایط کشت مستقیم در بستر مرطوب که برنج پس از گل‌خرابی کاشته می‌شود (حضور لایه‌ی سخت)، آب ایستا می‌تواند به‌راحتی به‌صورت پیوسته نگه داشته شود. ولی در شرایط کشت در بستر خشک به‌دلیل عدم وجود لایه‌ی سخت در زیر لایه‌ی شخم و خروج سریع آب از خاک، نگهداری آب ایستا به‌صورت پیوسته مشکل است. بنابراین، مدیریت آب بستگی به سیستم کشت مستقیم برنج دارد؛ با این وجود، اگر آب آبیاری کافی باشد، بیش‌تر کشاورزان مزرعه‌ی خود را بلافاصله پس از سبزشدن گیاه زراعی غرقاب خواهند کرد؛ زیرا آب به‌صورت غرقاب، به‌عنوان مؤثرترین ابزار کنترل علف‌های هرز در برنج شناخته می‌شود (Chauhan, 2012).

مدیریت آب (زمان، مدت و عمق غرقاب) عامل اصلی تأثیرگذار بر تراکم، رشد و ترکیب گونه‌های علف‌هرز در کشت مستقیم برنج است. واکنش‌های متفاوت علف‌های هرز و برنج به غرقاب، جزء مهم مدیریت علف‌های هرز را تشکیل می‌دهد. غرقاب سطحی (به‌عنوان مثال، دو سانتی‌متر) ممکن است به بازدارندگی از سبزشدن و رشد بیش‌تر گونه‌های علف‌هرز کمک نماید. در سیستم‌های کشت مستقیم برنج، غرقاب پس از سبزشدن گیاه زراعی انجام می‌شود، زیرا ژنوتیپ‌های فعلی برنج دارای عملکرد بالا در آسیا نمی‌توانند تحت شرایط غرقاب جوانه زده و سبز شوند. طی زمانی که مزرعه غرقاب می‌شود، علف‌های هرز ممکن است سبز شده باشند که این مدیریت آن‌ها توسط غرقاب را دشوار می‌نماید. اخیراً، موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج

ژنوتیپ‌هایی از برنج را که قادر به جوانه‌زنی در شرایط غرقاب/بی‌هوای هستند پرورش داده است. در دسترس بودن و استفاده از چنین ژنوتیپ‌هایی می‌تواند در بازدارندگی از سبزشدن و رشد علف‌های هرز طی سبزشدن گیاه زراعی به‌ویژه در سیستم‌های کشت مستقیم در بستر مرطوب و آبی بسیار سودمند باشد. چنین ژنوتیپ‌هایی می‌توانند بار علف‌کش‌ها در مزارع تحت کشت مستقیم برنج، به‌ویژه در جایی که آب فراوان است را کاهش دهند (Mahajan and Chauhan, 2013).

۲۴- مدیریت مواد مغذی

تفاوت در کسب منابع و تجمع ماده‌ی خشک توسط گیاه زراعی نتیجه‌ی رقابت بین گیاهی است. نیتروژن مهم‌ترین ماده‌ی مغذی است که اثری تعیین‌کننده بر تعادل رقابتی میان برنج و علف‌های هرز دارد. اگرچه کوددهی قادر به افزایش رقابت‌پذیری با علف‌های هرز است، علف‌های هرزی که دوستدار مواد مغذی هستند، معمولاً بخش بیش‌تری از مواد مغذی به‌کار برده شده را مصرف نموده و از این‌رو، در غیاب کنترل مطلوب علف‌هرز، کوددهی به‌طور قطعی به سود رشد علف‌هرز تا سطحی است که می‌تواند توده‌ی گیاه زراعی را کاهش دهد. پژوهش‌ها نشان داده است که مزایای مربوط به نیتروژن برای اوبارسلام ارغوانی نسبت به برنج دیم بیش‌تر بوده و کوددهی سبب رشد، توسعه‌ی علف‌هرز و افزایش توانایی رقابتی این علف‌هرز می‌شود. استفاده از نیتروژن به‌میزان بیش‌تر از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سبب کاهش کارایی مصرف نیتروژن، افزایش رشد علف‌های هرز و عقیمی سنبلیچه در کشت مستقیم برنج خواهد شد. این نشان‌دهنده‌ی این واقعیت است که گیاه زراعی در سیستم کشت مستقیم فشار اضافی علف‌های هرز را در خاک‌های نسبتاً حاصلخیز یا در جایی که کوددهی مفرط متداول است، متحمل می‌شود. چنین شرایطی، استفاده‌ی منطقی از کود جهت حفظ سودمندی سیستم کشت مستقیم برنج، درحالی‌که از رقابت علف‌های هرز اجتناب می‌ورزد را ضروری می‌نماید (Mahajan and Timsina, 2011). دستکاری در کوددهی گیاه زراعی، روش زراعی مهمی است که می‌تواند در مدیریت علف‌های هرز به‌کار برده شود. با این حال، تأثیر کوددهی، به‌ویژه نیتروژن، بر تداخل گونه‌های هرز مختلف نیازمند بررسی‌های بیش‌تر است.

۲۵- کنترل زیستی

کنترل زیستی علف‌های هرز با استفاده از عوامل زیستی گیاه‌خوار مختلف همچون ماهی، میگو و اردک به‌منظور کنترل علف‌های هرز در مناطق تحت آبیاری برنج در تعداد معدودی از کشورها انجام می‌گیرد ولی این روش قابلیت استفاده در برنج هوای که آب ایستا وجود ندارد را دارا نیست. اردک‌های وحشی تغذیه‌کننده در مزرعه برنج آلوده به برنج قرمز (هرز) می‌توانند سبب کاهش بذر برنج قرمز (هرز) به میزان بیش‌تر از ۹۰ درصد شده (Smith and Sullivan, 1980) و سیستم کشاورزی برنج-ماهی (کپور و کپور علف‌خوار) سبب کنترل خوب جگن‌هایی همچون علف ارزنی (*Fimbristylis miliacea*) و اوبارسلام بذری می‌شود (Pane and Fagi, 1992). کنترل علف‌های هرز توسط ریزعلف‌کش‌ها به‌منظور کاهش تکیه به علف‌کش‌ها نیز در حال بررسی است. COLLEGO، فرمولاسیون پودری *Colletotrichum gloeosporioides*، در سال ۱۹۸۲ برای کنترل ماشک‌شمالی (*Aeschynomene virginica*) در برنج ثبت

شده بود. دیگر قارچ‌های امیدبخش شناسایی شده برای کنترل زیستی سوروف، *Exserohilum monocerus* و *Cochliobolus lunatus* و *Alternaria alternate* هستند.

ستوسفاریا (*Setosphaeria*) به‌عنوان قارچی با کارایی بسیار بالا جهت کنترل علف‌هرز لپتوکلوآ شناسایی شده و قارچ *Colletotrichum gloeosporioides* قادر به کنترل بیش‌تر از ۸۰ درصد خرفه‌ی باتلاقی در برنج پس از چهار هفته است (Boyette et al., 1979).

۲۶- کنترل مکانیکی و دستی

علف‌بری (علف‌چینی): علف‌بری، برداشتن یا بریدن (قطع) اندام‌های هوایی علف‌های هرز با استفاده از داس یا دروگر است. این روش در کنترل علف‌های هرز یک‌ساله موفقیت‌آمیز بوده ولی در ارتباط با علف‌های هرز چندساله قابلیت کاربرد عملی کم‌تری دارد؛ زیرا علف‌های هرز چندساله دارای اندوخته‌ی غذایی در بخش‌های زیرزمینی بوده و در چندین مرتبه پس از قطع اندام‌های هوایی دوباره رشد می‌نمایند. علف‌بری باید پیش از گلدهی یا تولید بذر جهت جلوگیری از انتشار بذور علف‌های هرز انجام گیرد. علف‌های هرز حاصل از این روش باید به‌طور عمیق دفن شده یا جهت از بین بردن احتمال زنده‌مانی بذور علف‌های هرز، سوزانده شوند.

وجین دستی: وجین دستی علف‌های هرز تنها زمانی امکان‌پذیر است که علف‌های هرز به اندازه‌ای برسند که قابل کشیده و کنده‌شدن باشند. کمبود نیروی کارگری، هزینه‌های بالای کارگر، شرایط نامناسب آب و هوایی و حضور علف‌های هرز چندساله سبب کاهش کارایی وجین دستی می‌شود.

وجین مکانیکی: وجین مکانیکی با استفاده از ابزارهای ساده به‌عنوان روشی کاربردی و اقتصادی برای کشاورزان دارای زمین‌های کوچک و حاشیه‌ای در آسیا و آفریقا است. سیستم کشت مستقیم به‌صورت ردیفی و همچنین دستپاش انجام می‌گیرد. قلمرو کنترل مکانیکی علف‌های هرز تنها محدود به گیاهان کشت‌شده به‌صورت ردیفی می‌باشد. با این وجود، از بین‌بردن علف‌های هرز سبز شده در داخل ردیف‌ها توسط این وجین‌کن‌ها مشکل بوده و وجین دستی آن‌ها در چنین مواقعی ضروری است. علاوه‌براین، وجین‌کن‌های مکانیکی نیاز به شرایط مطلوب رطوبتی خاک جهت عمل به‌گونه‌ای مؤثر و کارا دارند. با این وجود، وجین‌کن‌های مکانیکی (به‌عنوان مثال، استفاده از وجین‌کن دستی، خاک‌همزن چرخ، کونویدر) به‌همراه مصرف علف‌کش‌های پیش از سبزشدن می‌توانند ابزاری مناسب در مدیریت تلفیقی علف‌های هرز در سیستم کشت مستقیم باشند. وجین مکانیکی در شرایطی که دوره‌های پیوسته‌ی بارندگی و خشکی سبب کاهش اثر علف‌کش‌های پس از سبزشدن می‌شود، مؤثرتر است. وجین‌کن‌های مکانیکی همچنین می‌توانند به کاهش مصرف کلی علف‌کش‌ها کمک نمایند. با این وجود، نیاز به ارزیابی نیازهای کارگری و جنبه‌ی اقتصادی در مقایسه با کنترل شیمیایی وجود دارد (Singh et al., 2018).

۲۷- کنترل شیمیایی

در دسترس‌نبودن نیروی کارگری، افزایش هزینه‌های کارگری، نیاز مبرم جهت بالابردن عملکرد و حفظ سودآوری بر مبنای محدودیت تدریجی زمین، دلایل متعددی هستند که سبب شده است کشاورزان

در جستجوی جایگزینی برای وجین دستی باشند. در سیستم کشت مستقیم برنج، علفکش‌ها به‌عنوان جایگزین یا مکمل وجین دستی در نظر گرفته می‌شوند. اهمیت علفکش‌ها در کشت مستقیم بسیار زیاد است، زیرا علف‌های هرز و برنج به‌صورت هم‌زمان سبز شده و کنترل زودهنگام علف‌های هرز ضروری است. تقلید علف‌های هرز باریک‌برگ از برنج و اندازه‌ی کوچک گیاهچه‌ی علف‌هرز جهت بیرون کشیدن، مانعی برای وجین دستی هستند. این محدودیت‌ها سبب می‌شوند تا کنترل شیمیایی تنها گزینه‌ی موجود بوده و مصرف آن‌ها اجتناب‌ناپذیر و ضروری باشد. هر دو نوع علفکش پیش و پس‌رویشی در صورت مصرف درست و مناسب، تا اندازه نسبتاً زیادی در جهت فرونشانی علف‌های هرز در کشت مستقیم مؤثر و کارا هستند. میزان مصرف علفکش‌ها با گسترش کشت مستقیم برنج در دهه‌های گذشته دارای روند افزایشی بوده است. در آسیا، مصرف علفکش از سال ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۵ به‌میزان چشمگیری، به‌طور تقریبی حدود سه برابر افزایش یافته است. در آمریکا، استرالیا، اروپا و آسیای شرقی، بیش از ۹۰ درصد از مناطق زیر کشت مستقیم برنج با علفکش‌ها تیمار شدند. در بخش‌هایی از شرق و جنوب شرقی آسیا و آمریکای لاتین، مصرف علفکش به سرعت افزایش یافته است. در آسیا، مصرف علفکش در کشت مستقیم تحت شرایط آبی بیش‌تر از دیم‌کاری و این میزان در برنج دیم تحت شرایط گرمسیری و آفریقا بسیار کم‌تر بود. با این وجود، کاهش مصرف علفکش‌ها در برخی سال‌ها گزارش شده است که دلیل احتمالی آن، ورود محصولات بدون علامت تجاری از کشورهای چین و هند است (Rao et al., 2007).

تفاوت در فلور علف‌های هرز و الگوی سبز شدن آن‌ها می‌تواند بر انتخاب نوع علفکش و زمان مصرف آن مؤثر باشد. فلور متنوع علف‌های هرز (خاکزی و آبی) در سیستم کشت مستقیم نیازمند مصرف دو یا تعداد بیش‌تری علفکش جهت کنترل مؤثر و رضایت‌بخش گونه‌های متعدد علف‌هرز است. مصرف دو یا تعداد بیش‌تری علفکش به‌صورت متوالی یا ترکیبی جهت گسترش طیف کنترل‌کنندگی علفکش‌ها در روش مدیریت شیمیایی می‌تواند سبب کاهش هزینه‌های تولید و جلوگیری از تغییر فلور و گسترش مقاومت علف‌هرز به علفکش‌های خاص باشد.

با وجود مخاطرات و اثرات جانبی نامطلوب علفکش‌ها، در حال حاضر هیچ گزینه‌ای به‌جز علفکش جهت رهانیدن کشاورزان از علف‌های هرز موجود نیست. با این وجود، علفکش‌ها نباید به‌عنوان ابزاری جامع و عمومی برای کلیه‌ی مشکلات علف‌های هرز در سیستم کشت مستقیم در نظر گرفته شوند، بلکه باید به‌همراه دیگر راهبردها مورد استفاده قرار گیرند، با این وجود در برنامه مدیریت تلفیقی علف‌های هرز، همچنان به‌عنوان ابزار یا راهکار اصلی کنترل جهت مصرف در آینده باقی می‌مانند تا زمانی که روشی بر مبنای زیست‌بوم‌شناسی توسط ابزارها یا راهکارهای متعدد دیگر توسعه یابد. مصرف علفکش به‌منظور کنترل علف‌های هرز در کشت مستقیم برنج بر اساس روش استقرار گیاه متفاوت است، زیرا کارایی علفکش بسته به رژیم‌های رطوبتی (آبی) تغییر می‌کند.

۲۸- مصرف علف‌کش در کشت مستقیم در بستر خشک (خشکه کاری)

در سیستم‌های خشکه کاری تحت آبیاری، ممکن است میان زمان کشت و زمان ایجاد غرقاب دائم و یا دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز، ۴-۶ هفته فاصله باشد و کنترل علف‌های هرز طی این دوره جهت دستیابی به حداکثر عملکرد دانه ضروری است. از این رو، برای کشت مستقیم در بستر خشک، به‌طور معمول، دو بار مصرف علف‌کش توصیه می‌شود: ابتدا طی دوره‌ی خشکی و درست قبل یا پس از سبزشدن برنج و دیگری طی دوره‌ی غرقاب. علف‌کش‌های پندیمتالین و تیوبنکارب می‌توانند پس از جذب آب توسط برنج و آماس آن برای جوانه‌زنی، ولی پیش از سبزشدن برنج و علف‌های هرز مصرف شوند. کوئین کلوراک را می‌توان پیش از سبزشدن یا پس از سبزشدن مصرف کرد. این علف‌کش‌ها دارای باقی‌مانده^۱ (پسماند) در خاک بوده و باریک‌برگ‌های یک‌ساله و بعضی از علف‌های هرز پهن‌برگ را برای ۲ تا ۴ هفته کنترل می‌کنند. با وجود این که این علف‌کش‌ها قادر به کنترل سوروف طی فصل رشد در خاک‌های سیلتی لومی هستند، ولی معمولاً قادر به کنترل تمام فصل در خاک‌های رسی آبرفتی (رسوبی) نیستند. ظرفیت این خاک‌ها جهت تغییر حجم از طریق انقباض و انبساط سبب می‌شود که خاک تیمار نشده در معرض شرایطی قرار گیرد که سبب تقویت جوانه‌زنی علف‌های هرز و سبزشدن از خاک زیر ناحیه تیمار شده با علف‌کش شود. رشد بعدی علف‌های هرز معمولاً توسط علف‌کش‌های پس از سبزشدن، یا وجین دستی کنترل می‌شود. عدم موفقیت در کنترل علف‌های هرز در تیمار با علف‌کش‌های پس‌رویشی ممکن است سبب کاهش عملکرد دانه‌ی برنج به میزان ۹ تا ۶۰ درصد شود. نمونه‌هایی از علف‌کش‌های پس‌رویشی (پس از سبزشدن) شامل آسیفلورفن^۲، بن‌سولفورون^۳، بنتازون^۴، بیس‌پایریباک، کارفنترازون^۵، کلومازون^۶، سای‌هالوفوپ، توفوردی، فنوکساپروپ، هالوسولفورون^۷، مولینیت، پروپانیل، کوئین کلوراک و تری‌کلوپیر^۸ هستند.

بنتازون، آسیفلورفن، بن‌سولفورون، توفوردی و تری‌کلوپیر علف‌های هرز پهن‌برگ را کنترل می‌کنند. دشواری کنترل باریک‌برگ‌ها و جگن‌ها سبب ادامه یافتن تقاضا برای باریک‌برگ‌کش‌ها شده است. کلومازون و هالوسولفورون علف‌کش‌های انتخابی برنج هستند که اخیراً معرفی شده‌اند. کلومازون، سوروف را به گونه‌ای مطلوب در محدوده‌ی وسیعی از شرایط محیطی و مدیریت آب کنترل می‌نماید. هالوسولفورون، جگن‌ها به‌ویژه اوپارسلام را به‌همراه پهن‌برگ‌ها کنترل می‌کند. به‌دلیل تنوع فلور علف‌های هرز در کشت مستقیم در بستر خشک (خشکه کاری) معمولاً مصرف دو یا چند علف‌کش به‌منظور کنترل رضایت‌بخش آن‌ها ضروری بوده و تعیین سازگاری علف‌کش‌ها برای این شرایط در توسعه‌ی راهبردهای مدیریتی مهم است.

1. Residual effect
2. Acifluorfen
3. Bensulfuron
4. Bentazon
5. Carfentrazone
6. Clomazon
7. Halosulfuron
8. Triclopyr

کنترل شیمیایی در خشکه کاری از مکانی به مکان دیگر و از سالی به سال دیگر در همان محل به دلیل عوامل متنوع نظیر تفاوت در گونه های علف هرز، جمعیت علف هرز، شرایط اقلیمی و خاک متفاوت است. بنابراین، انعطاف در مصرف علف کش به گونه ای مطلوب جهت مدیریت گونه های هرز ضروری است. برخی توصیه ها برای مصرف علف کش ها در کشت مستقیم می تواند به صورت ذیل باشد:

۱- مصرف زودهنگام (۱۰-۰ روز پس از غرقاب) علف کش های خاک مصرف نظیر بوتاکلر، پرتیلاکلر، تیوبنکارب^۱، مولینیت^۲ مخلوط این علف کش ها با بن سولفورون متیل^۳، پیرازوسولفورون متیل^۴ و ایمازوسولفورون^۵ توصیه شده است.

۲- مصرف متوسط (۲۵-۱۵ روز پس از غرقاب) مخلوط سولفونیل اوره ها جهت کنترل باریک برگ های یک ساله و جگن های چندساله.

۳- مصرف دیرهنگام (۴۰-۳۰ روز پس از غرقاب) مخلوط علف کش ها با استفاده از بیس پریباک سدیم، سای هالوفوپ بوتیل، فنوکساپروپ پی اتیل، پیری بنزوکسیم^۶ با پروپانیل، بنتازون، آزیم سولفورون^۷ و اتوکسی سولفورون^۸.

در هند پندیمتالین یا پرتیلاکلر^۹ را به صورت پیش رویشی مصرف نموده و پس از آن، وجین دستی را انجام و همچنین آزیم سولفورون + بیس پریباک سدیم + فنوکساپروپ را حدود سه هفته پس از کشت توصیه کرده اند (Mahajan and Chauhan, 2015). کاربرد اگزادیازون به صورت پیش رویشی و سپس یک بار وجین دستی در بنگلادش توصیه شده است (Mazid et al., 2005)؛ اگزادیازون، بوتاکلر / توفوردی، و تیوبنکارب / پروپانیل در اندونزی (Pane and Mortimer, 2002)؛ کوئین کلوراک؛ پرتیلاکلر و متعاقب آن بن سولفورون متیل + تیوبنکارب؛ پرتیلاکلر و متعاقب آن بن سولفورون + کوئین کلوراک؛ پرتیلاکلر + فنکلوریم^{۱۰}؛ سای هالوفوپ؛ فنوکساپروپ؛ اگزازیکلومفن^{۱۱}؛ فن ترازامید^{۱۲}؛ تیوبنکارب + بن سولفورون؛ پرتیلاکلر + بن سولفورون؛ پندیمتالین + بن سولفورون؛ و بیس پریباک - سدیم در چین (He et al., 2000)، پرتیلاکلر + پیری بنزوکسیم، تیوبنکارب + پروپانیل؛ و بیس پریباک + متامیفوپ^{۱۳} در سریلانکا (Chauhan et al., 2013) برای کنترل علف های هرز در کشت مستقیم توصیه شده است (Awan et al., 2015).

1. Dithiopyr
2. Esprocarb
3. Pyrazosulfuron- methyl
4. Imazosulfuron
5. Pyribenzoxim
6. Azimsulfuron
7. Etoxysulfuron
8. Pretilachlor
9. Fenclorim
10. Oxaziclomefone
11. Fentrazamide
12. Metamifop

۲۹- مصرف علف‌کش در کشت مستقیم در بستر مرطوب

استفاده از علف‌کش‌ها در کشت مستقیم برنج در بستر مرطوب به‌منظور کنترل اقتصادی علف‌های هرز، ضروری است. به‌طور کلی، انتخاب علف‌کش برای کشت مستقیم در بستر مرطوب، که خاک ممکن است اشباع بوده و یا آب ایستا وجود داشته باشد، در مقایسه با خشکه‌کاری برنج نسبتاً محدودتر است و اثرات سوء علف‌کش‌ها بر روی گیاه زراعی یک نگرانی جدی است. برای مصرف زودهنگام در اوایل فصل (۲۰-۱۰ روز پس از کاشت)، مولینیت، دیمپیرات^۱، دیمرون^۲، فنکلوریم^۳، پیرازولات^۴، مفناست^۵، سای‌هالوفوپ-بوتیل، بوتیل، و پیریمینوباک-متیل^۶، به‌تنهایی یا به‌صورت مخلوط با علف‌کش‌های خانواده سولفونیل‌اوره، توصیه شده‌اند. بیش‌تر علف‌کش‌های فوق (به‌استثنای مولینیت) در ایران در دسترس نیستند و علف‌کش‌های تیوبنکارب، پندیمتالین، پرتیلاکلر، فلوستوسولفورون و کانسیل به‌جای علف‌کش‌های آن‌ها در کشور ما قابل توصیه هستند. این علف‌کش‌ها پس از مرحله‌ی ۱/۵ برگی برنج قابل توصیه است. مصرف علف‌کش‌ها در مرحله‌ی بعدی حدود ۳۰-۴۰ روز پس از کاشت خواهد بود که نوع آن‌ها به ترکیب فلور علف‌های هرز موجود و کنترل نشده در مرحله‌ی قبلی بستگی دارد. در این مرحله محلول‌پاشی ترکیب علف‌کش‌ها و یا استفاده از علف‌کش‌های دارای طیف وسیع در کنترل علف‌های هرز، همانند بیس‌پریباک‌سدیم، پیرینزوکسیم، سای‌هالوفوپ‌بوتیل، پروپانیل، بنتازون یا اتوکسی‌سولفورون توصیه می‌شود. علف‌کش‌های فوق در ایران ثبت شده یا در دست ثبت هستند. به‌علاوه کاربرد ترکیبی از باریک‌برگ‌کش‌ها با علف‌کش‌های کنترل‌کننده‌ی پهن‌برگ‌ها و جگن‌ها نظیر کوئین‌کلوراک+ بن‌سولفورون، مولینیت+ بن‌سولفورون، مولینیت+ توفوردی، و تیوبنکارب+ پیرازوسولفورون نیز کارایی خوبی در کنترل علف‌های هرز در کشت مستقیم برنج نشان داده‌اند.

موفقیت در کنترل علف‌های هرز توسط علف‌کش و به حداقل رساندن خطر گیاه‌سوزی برای گیاه زراعی برنج، تا اندازه زیادی به مدیریت آب وابسته است. علف‌کش‌هایی که بر روی شاخ و برگ تأثیر می‌گذارند (مانند بنتازون، توفوردی و تری‌کلوپیر)، نیاز به محلول‌پاشی و تماس با برگ و تخلیه‌ی آب از مزرعه جهت تماس کامل علف‌های هرز با علف‌کش‌ها دارند. علف‌کش مولینیت باید در داخل آب مصرف شود، زیرا مصرف آن در شالیزارهای زه‌کشی شده سبب اتلاف آن از طریق تبخیر می‌شود. سولفونیل‌اوره‌ها در زمان مصرف در شرایط غرقاب بهترین کارایی را دارند، زیرا غرقاب به‌عنوان ناقلی برای توزیع یکنواخت آن عمل می‌نماید. آب برای توزیع و حفظ کارایی تیوبنکارب ضروری است، اما وزش باد سبب رانش این علف‌کش آبگریز در کرت‌های غرقاب شده و تجمع آن در حاشیه‌ی کرت‌ها موجب اختلالات رشدی در برنج

1. Dimepiperate
2. Dimeron
3. fenclorim
4. Pyrazolate
5. Mefenacet
6. Pyriminobac- methyl

می‌شود. افزایش عمق غرقاب سبب افزایش کارایی علف‌کش پس‌رویشی زودهنگام^۱ پیرازوسولفورون-اتیل (۲۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) شد. ترکیب پیش از کاشت پرتیلاکلر (۰/۶ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار) در

شرایط غرقاب، زه‌کشی قبل از کاشت و تیمار بذر با فن‌کلوریم در جهت کنترل برنج هرز، علف‌هرز اصلی در کشت مستقیم برنج در بستر مرطوب، مؤثر بود. اعلامی بازکیایی و همکاران (۱۳۹۵)، مصرف متوالی علف‌کش‌های تیوبنکارب، بن‌سولفورون‌متیل و پروپانیل به‌ترتیب ۹ روز قبل، ۹ و ۳۰ روز بعد از کاشت را جهت کنترل مطلوب علف‌های هرز در کشت مستقیم در بستر مرطوب در برنج رقم هاشمی معرفی کردند. علی‌پور استخری (۱۳۹۴)، مصرف متوالی اگزادپارژیل، بن‌سولفورون‌متیل و پروپانیل را ترکیب تیماری مناسبی جهت کنترل علف‌های هرز در کشت مستقیم در بستر مرطوب اعلام نمود. استفاده از علف‌کش‌هایی با نحوه عمل متفاوت سبب تأخیر در مقاومت نسبت به علف‌کش‌ها می‌شود. مصرف پاششی^۲، روشی جدید در نحوه مصرف علف‌کش است که میزان نسبتاً کمی آب، ۱۰-۵ لیتر در هکتار مصرف می‌نماید. این روش مصرف علف‌کش با دستگاه‌های ساده‌ای انجام می‌شود.

۳۰- مصرف علف‌کش در کشت مستقیم در بستر غرقاب

کشت برنج در شرایط غرقاب دائم، جهت کنترل زراعی سوروف، توسعه یافته و علف‌کش‌ها از دیگر اجزاء مدیریت تلفیقی علف‌های هرز در این سیستم کشت هستند. کنترل مؤثر علف‌های هرز وابسته به نوع و میزان علف‌کش، شرایط محیطی و مرحله‌ی رشدی علف‌هرز در زمان مصرف علف‌کش است. تطبیق مدیریت آب با ویژگی‌های علف‌کش مورد استفاده در موفقیت علف‌کش جهت کنترل علف‌هرز بسیار مؤثر است. برای مثال، برای موفقیت علف‌کش سیستمیک تری‌کلوپیر، تنها ۷۰ درصد از شاخ و برگ علف‌هرز باید در معرض تماس با علف‌کش قرار گیرند. بیش‌تر علف‌کش‌های پس‌رویشی نیاز به مصرف در مزارعی که تا حدی یا به‌طور کامل زه‌کشی شده‌اند، دارند. دلیل این امر اطمینان حاصل نمودن از پوشش کامل علف‌های هرز توسط علف‌کش‌ها است (Scherder *et al.*, 2004). فیشر و همکاران (۲۰۰۴) در زمان مصرف بیس‌پریباک-سدیم به‌میزان ۱۰ گرم ماده مؤثره در هکتار به‌صورت مخلوط با ۲۲۴۰-۱۱۲۰ گرم ماده مؤثره در هکتار تیوبنکارب، اثرات هم‌افزایی (تشدیدکنندگی) را بر روی سوروف آبی دیررس (*Echinochloa phyllopogon*) گزارش نمودند (Fischer *et al.*, 2004). این هم‌افزایی دارای مزیت‌های متعدد می‌باشد که مهم‌ترین آن کنترل علف یا علف‌های هرز با مقادیر کم‌تر علف‌کش است. پروپانیل+مولینیت و بنتازون با فنوکساپروپ به‌میزان ۰/۰۷۵ کیلوگرم در هکتار جهت کنترل سوروف دارای سازگاری بیش‌تری هستند، درحالی‌که بن‌سولفورون، کارفنترازون، هالوسولفورون و تری‌کلوپیر می‌توانند کارایی فنوکساپروپ در کنترل سوروف را کاهش دهند (Zhang *et al.*, 2005). در کالیفرنیا که ۹۵ درصد از سطح زیر کشت برنج به‌صورت آبی است، پروپانیل، مولینیت، تیوبنکارب، تری‌کلوپیر، بن‌سولفورون، فنوکساپروپ، توفوردی، ام‌سی‌پی‌ای، و پندیمتالین به‌ترتیب کاهش‌ی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Gianessi *et al.*, 2002). در کشت آبی برنج در

7. Early postemergence

2. Splash application

کالیفرنیا، ویلیامز و همکاران (۱۹۹۰) برهمکنش ارتفاع آب از ۵ تا ۲۰ سانتی‌متر و بهبود کنترل گونه‌های سوروف از ۱۶ تا ۷۷ درصد را برآورد کردند. اویارسلام یک‌ساله نیز توسط ارتفاع بیش‌تر آب کنترل شد. با وجود این‌که کلیه تیمارهای عمق (ارتفاع) غرقاب از طریق مصرف علف‌کش بهبود یافته بودند، تیمارهای

ارتفاع کم‌تر آب (سطحی) جهت حصول عملکردهای بالا وابستگی بیش‌تری به علف‌کش‌ها داشتند. علف‌کش‌های پس‌رویشی متداول در اروپا شامل پروپانیل، پرتیلاکتر، تیوبنکارب، مولینیت، سای‌هالوفوپ، فنوکساپروپ، آزیم‌سولفورون، کوئین‌کلوراک، بنتازون، بن‌سولفورون، سینوسولفورون، پروپانیل و توفوردی است. پندیمتالین، تیوبنکارب و مولینیت علف‌کش‌های پیش‌رویشی در کشت مستقیم برنج هستند. در مزارعی که سوروف مقاوم به پروپانیل وجود دارد، راهبرد جایگزین، به‌کار بردن مولینیت به‌صورت پیش‌رویشی و سپس کاربرد پس‌رویشی کوئین‌کلوراک + آزیم‌سولفورون یا سای‌هالوفوپ است (Gianessi *et al.*, 2003). علف‌کش‌های مورد استفاده در استرالیا شامل بن‌سولفورون، بنزوفناپ، کلومازون، مولینیت، تیوبنکارب، دی‌کامبا^۱، ام‌سی‌پی‌ای‌سدیم، گلیفوسیت، پاراکوات^۲، پندیمتالین و پروپانیل هستند (Taylor, 2004). در ایران نیز رجبیان و همکاران (۱۳۹۷)، کاربرد متوالی علف‌کش‌های پرتیلاکتر، بن‌سولفورون‌متیل، پروپانیل را به‌عنوان ترکیب علف‌کشی مطلوبی جهت مدیریت علف‌های هرز در ارقام بومی، اصلاح شده و رگه‌های^۳ امیدبخش برنج در شرایط آب و هوایی رشت و جایگزین مناسبی جهت وجین دستی در کشت آبی معرفی نمودند.

۳۱- رویکرد زیست‌فناورانه کنترل علف‌های هرز

برنج مقاوم به علف‌کش، نوعی از برنج است که نسبت به علف‌کش یا علف‌کش‌های خاصی مقاوم است. یکی از مهم‌ترین دلایل توسعه‌ی برنج مقاوم به علف‌کش، دستیابی به کنترل مؤثر و انتخابی علف‌های هرز از جمله برنج قرمز است. امروزه برنج مقاوم به علف‌کش ایمیدازولینون، برنج مقاوم به گلیفوسیت و برنج مقاوم به گلی‌فوسینیت در سطح تجاری در دنیا موجود است. در میان این‌ها، برنج‌های مقاوم به گلیفوسیت و گلی‌فوسینیت، تراریخته هستند، درحالی‌که برنج مقاوم به ایمیدازولینون تراریخته نبوده و از طریق جهش تولید شده است. گلیفوسیت، با نام تجاری رانداپ، علف‌کشی با طیف کنترل‌کنندگی وسیع در تمام گیاهان بوده و از بیوسنتز اسیدهای آمینه آروماتیک جلوگیری می‌نماید. رگه‌های گیاه زراعی مقاوم به گلیفوسیت دارای ژنی هستند که از اگروباکتريوم سویه CP4، که آنزیم متحمل به گلیفوسیت را رمزگذاری می‌کند و CP4 EPSP سنتاز نامیده می‌شود، مشتق شده است. بیان CP4 EPSP سنتاز سبب تولید گیاهان متحمل به گلیفوسیت می‌شود که کنترل مؤثرتر علف‌های هرز را از طریق اجازه به مصرف علف‌کش‌های پس از سبز شدن سبب می‌شود. گلی‌فوسینیت یا نمک آمونیوم آن DL- فسفینوتریسن جزء فعال در چندین علف‌کش غیر انتخابی همچون Liberty, Challenge, Ignite, Finale, Rely, Basta است. این در مسیر

1. Dicamba
2. Paraquat
3. lines

بیوسنتزی اسید آمینه گلوتامین و با غیرسمی نمودن آمونیوم دخالت می‌کند. ژنی که مقاومت به گلی فوسینیت را ایجاد می‌نماید، ژنی است که از باکتری استرپتومیسس هیگروسکوپیکوس^۱ مشتق شده است. این ژن، فسفینوتریسین استیل ترانسفراز (PAT) را رمزگذاری نموده و فسفینوتریسین را غیرسمی

می‌نماید. برنج CLEARFIELD از طریق جهش تولید شده است که تحمل به علف‌کش‌های ایمیدازولینون را اعطا می‌نماید. این تنها برنج مقاوم به علف‌کش است که تجاری‌سازی شده است (Raj and Syriac, 2017).

۳۲- نقاط ضعف برنج مقاوم به علف‌کش

۱- احتمال جریان ژن از برنج مقاوم به علف‌کش به برنج هرز یا وحشی

۲- توسعه جمعیت مقاوم به علف‌کش

۳- بذور برنج مقاوم به علف‌کش در خاک ممکن است در سال‌های بعد که ارقام متفاوت برنج کشت می‌شوند، تبدیل به علف‌هرز شوند.

۳۳- مدیریت تلفیقی علف‌های هرز

راهبردهای متعدد مدیریت علف‌های هرز در سیستم کشت مستقیم برنج وجود دارد. استفاده از تنها یک راهبرد قادر به کنترل مؤثر، طولانی‌مدت و پایدار علف‌های هرز نیست، زیرا علف‌های هرز مختلف از نظر عادات رشدی و خواب بذر با یکدیگر متفاوت هستند. از این رو، لازم است که راهبردهای متفاوت پیشگیرانه، زراعی، مکانیکی و شیمیایی در برنامه‌های مدیریت تلفیقی علف‌های هرز با یکدیگر ترکیب شوند. بر مبنای منابع موجود و نوع سیستم کشت مستقیم، ترکیبی از روش‌های مختلف تا حد ممکن کنترل علف‌های هرز را در مقایسه با تنها یک روش به‌گونه‌ای مؤثرتر فراهم می‌نماید. به‌عنوان مثال، استفاده از بذور و ماشین‌آلات عاری از علف‌هرز، روشی پیشگیرانه است که استفاده از آن در سیستم‌های کشت مستقیم بسیار ضروری است. در پژوهشی اخیر در سریلانکا، استفاده از بذور تمیز برنج، تولید بذر برنج هرز را در مقایسه با اقدامات معمول کشاورزان به‌میزان ۲۹-۴۱ درصد کاهش داد (Chauhan et al., 2014). در سیستم‌های بدون خاک‌ورزی، به‌عنوان مثال، استفاده از بستر بذر کاذب به‌دنبال نگهداری بقایای گیاهی متعاقب مصرف علف‌کش‌های پس از سبزشدن زود و دیر هنگام می‌تواند سبب کاهش تراکم علف‌های هرز در کشت مستقیم در بستر خشک شود. افزایش تراکم بوته از ۴۰ به ۶۰ بوته در مترمربع به‌همراه مصرف علف‌کش بیس‌پایرباک‌سدیم به‌میزان ۲۵ گرم در هکتار در ۳۰ روز پس از کاشت سبب کاهش زیست‌توده علف‌های هرز و افزایش عملکرد دانه‌ی برنج شد (Singh et al., 2017). کاهش فاصله ردیف کشت از ۳۵ به ۱۵ سانتی‌متر به‌همراه مصرف علف‌کش‌های ستوکسیدیم سدیم + بروماکسینیل + ام.سی.پی.آ. بنتازون، پروپانیل + سینوسولفورون و کلودینافوپروپارژیل + بروماکسینیل + ام.سی.پی.آ نیز به‌گونه‌ای مؤثر سبب کاهش زیست‌توده علف‌های هرز در کشت مستقیم برنج شدند (درخشان و همکاران، ۱۳۹۲). افراسیابی‌مهر (۱۳۹۲)

کاهش فاصله ردیف (از ۲۵ به ۱۵ سانتی متر) و مصرف علف‌کش‌های پروپانیل + سینوسولفورون (به صورت مختلط طی دو مرحله، ابتدا و انتهای پنجه‌زنی) جهت کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز و حصول عملکرد مطلوب در کشت مستقیم برنج در گرگان را توصیه نمود. تنکابنی (۱۳۸۸)، تاریخ کاشت ۵ و ۲۵ اردیبهشت، استفاده از علف‌کش سان‌رایس پلاس و کشت ارقام پرمحصول فجر، هیبرید، لاین شماره ۲ و ۱۸ را جهت کنترل علف‌های هرز و حصول عملکرد مطلوب در کشت مستقیم برنج در آمل اعلام نمود. موسوی و همکاران (۱۳۹۰)، تراکم ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار و مصرف پنج لیتر علف‌کش مولینیت را جهت کنترل مناسب علف‌های هرز و حصول عملکرد مطلوب در کشت مستقیم خشکه‌کاری رقم LD183 در شرایط آب و هوایی خوزستان توصیه نمودند.

کارایی مصرف علف‌کش و توانایی رقابتی برنج در مقابل علف‌های هرز می‌تواند با تلفیق عملیات زراعی اصلاح‌شده، به‌موقع بودن عملیات، کوددهی مطلوب و مدیریت آب بهبود یابد. اطلاعات در رابطه با سیستم‌های کشت مستقیم برنج به‌ویژه در کشورهای آسیایی بسیار محدود بوده و نیاز به بررسی راهبردهای مختلف کنترل علف‌های هرز وجود دارد. اگرچه، لازم به ذکر است که علف‌های هرز تنها نشانه‌ای از مشکل هستند، مشکل اصلی بانک بذر علف‌های هرز است. از این رو، هرگونه تلاشی باید به‌منظور کاهش اندازه بانک بذر علف‌های هرز در خاک صورت گیرد.

۳۴- نتیجه‌گیری

سطح زیر کشت زراعت برنج به روش کشت مستقیم به‌دلیل مشکل کمبود آب و نیروی کارگری در حال افزایش است. با این وجود، علف‌های هرز محدودیت اصلی زیستی در این سیستم تولید هستند. انتخاب موفقیت‌آمیز سیستم کشت مستقیم در مزارع کشاورزان تا حد زیادی وابسته به شناخت و انتخاب صحیح راه‌حل‌های موجود برای مدیریت علف‌های هرز است. علف‌کش‌ها، راه حل احتمالی برای مدیریت علف‌های هرز هستند، ولی تنها استفاده از علف‌کش‌ها قادر به کنترل مؤثر و طولانی‌مدت علف‌های هرز نیست. علاوه بر این، روش کنترل علف‌های هرز متمرکز بر علف‌کش از نظر بوم‌شناسی بی‌خطر نبوده (دارای مخاطرات زیست‌محیطی بوده)، همچنین از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نیست و در مقابل فلور متنوع علف‌های هرز نیز فاقد کارایی کافی است. بنابراین، نیاز به راهبردهای مدیریت پایدار علف‌های هرز وجود دارد که به برنج در مقابل علف‌های هرز توانایی رقابتی بالاتری دهد. مصرف علف‌کش‌ها (میزان، زمان، نحوه مصرف و ترکیب مناسب) باید با دیگر روش‌های پیشگیرانه همچون استفاده از بذور عاری از بذر علف‌هرز، روش‌های زراعی مانند استفاده از ارقام رقیب، زمان کاشت مطلوب، استفاده از بستر بذر کاذب، خاک‌پوش، پرایمینگ بذر، آفتاب‌دهی خاک، استفاده از مقادیر بیش‌تر بذر، فاصله ردیف کم‌تر، مصرف بهینه آب و کود، وجین مکانیکی و ... جهت حصول کنترل مؤثر، پایدار و طولانی‌مدت علف‌های هرز در سیستم کشت مستقیم برنج ادغام شود.

منابع

- اخگری، ح.، اصفهانی، م.، محسن آبادی، غ. ر. و اعلمی، ع. ۱۳۹۶. ارزیابی اثر پرایمینگ بذر بر رشد و عملکرد دو رقم برنج (*Oryza sativa L.*) در روش کشت مستقیم. تحقیقات غلات. ۳: ۳۲۹-۳۱۵.
- اعلامی بازکیایی، پ.، اصغری، ج.، مرادی، پ. و امیری، ا. ۱۳۹۵. تغییرات عملکرد برنج در سیستم کشت مستقیم با بستر مرطوب متأثر از کاربرد علف‌کش‌ها. نشریه علمی-پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۰(۴): ۸۰۹-۸۲۲.
- افراسیابی مهر، ا. ۱۳۹۲. تلفیق فاصله ردیف و کاربرد علف‌کش برای مدیریت علف‌های هرز در کشت مستقیم برنج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده تولید گیاهی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- آمارنامه کشاورزی، سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵. جلد اول: محصولات زراعی، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۱۱۶ صفحه (سال چاپ: ۱۳۹۷).
- امیدعلی‌پور، ش. ۱۳۹۱. مقایسه عملکرد و روند پر شدن دانه و خوشه ارقام برنج در سه روش کاشت در استان خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروز آباد.
- ایوانی، ا.، صفری، م. و هدایتی پور، ا. ۱۳۹۳. مقایسه روش‌های کاشت مستقیم برنج جوانه‌دار (ماشینی و دستی) با نشاکاری. نشریه ماشین‌های کشاورزی. ۴(۱): ۱۱۵-۱۰۸.
- باوی، ج. ۱۳۸۶. اثر تعداد بذر در کپه در روش کشت مستقیم بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های رشد سه رقم برنج در شرایط خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان.
- بشرخواه، م.، ولدآبادی، ع. ر.، دانشیان، ج. و عرفانی، ع. ر. ۱۳۸۹. تأثیر تاریخ کاشت بر روند تجمع مواد فتوسنتزی در دانه ارقام مختلف برنج در کشت مستقیم. یافته‌های نوین کشاورزی. ۲(۲): ۱۴۵-۱۳۳.
- تنکابنی، ف. ۱۳۸۸. تأثیر تاریخ کاشت و مصرف علف‌کش بر ویژگی‌های زراعی و عملکرد ارقام برنج در کشت مستقیم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم زراعی. مجتمع آموزش عالی علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. دانشگاه مازندران.
- جلالی، ج.، نصیری، م.، حبیبی، م. و خیری، ن. ۱۳۹۴. بررسی امکان افزایش ضریب موفقیت کشت مستقیم ژنوتیپ‌های برنج با تغییر تاریخ کاشت. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲۶: ۸۵-۱۰۳.
- درخشان، ا.، قرخلو، ج. و باقرانی، ن. ۱۳۹۲. ارزیابی تأثیر فاصله ردیف و کاربرد علف‌کش بر کنترل علف‌های هرز در کشت مستقیم. مجله پژوهش علف‌های هرز. ۵(۲): ۱۵۲-۱۳۷.
- رحبیان، م.، اصغری، ج.، احتشامی، س. م. ر. و یعقوبی، ب. ۱۳۹۷. ارزیابی تأثیر علف‌کش‌ها بر مدیریت علف‌های هرز و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های برنج در شرایط کشت مستقیم. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۹(۱): ۱۴۱-۱۲۵.
- علا، ا.، آقاعلیخانی، م.، امیریلاریجانی، ب. و صوفی‌زاده، س. ۱۳۹۳. مقایسه سیستم کشت مستقیم و نشایی برنج در استان مازندران: رقابت علف‌هرز، عملکرد و اجزای عملکرد. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۲(۳): ۴۷۵-۴۶۳.
- علی‌پور استخری، و. ۱۳۹۴. تأثیر کنترل شیمیایی علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در کشت مستقیم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان. ۵۳ صفحه.
- غلامی رضوانی، ن.، اصفهانی، م.، کعبی رهنما، ش.، اعلمی، ع. و نحوی، م. ۱۳۹۴. اثر میزان بذر بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد برنج رقم هاشمی در انواع روش‌های کاشت مستقیم. مجله به‌زراعی نهال و بذر. ۳۱-۲(۱): ۵۶-۳۷.
- قشقایی، م. ۱۳۹۴. تعیین همبستگی و تجزیه علیت میان صفات زراعی و عملکرد در تراکم‌ها و مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی در شرایط خشکه‌کاری برنج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز.

- کاظمی نیا، ا.، مهدیان، ص. ع.، خسروی، و.، عرفانی، ر. و نورمحمدی، س. ۱۳۹۵. اثر تراکم‌های مختلف بذر در کاشت مستقیم برنج روی بیماری بلاست برنج و خصوصیات زراعی آن. بیست و دومین کنگره گیاهپزشکی ایران. ۶ تا ۹ شهریور ۱۳۹۵. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج. ص ۳۱۶.
- کعبی رهنما، ش. ۱۳۹۰. اثر میزان بذر بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص بهره‌وری آب برنج رقم خزر در انواع روش‌های کشت مستقیم. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان.
- گوهری، م. ۱۳۸۶. اثر تعداد بذر در کپه در کشت مستقیم (خشکه‌کاری) بر روابط منبع- مخزن و عملکرد ارقام برنج، در شرایط خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز.
- گیلانی، ع. ع. و جلالی، س. ۱۳۹۶. اهمیت روش بذرکاری و تراکم بوته در کشت خشکه‌کاری برنج. نشریه ترویجی. مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی. سازمان جهاد کشاورزی خوزستان. ۱۵ صفحه.
- گیلانی، ع. ع. ۱۳۸۵. ارزیابی اقتصادی رژیم‌های متفاوت آبیاری غرقابی بر تولید سه رقم برنج در شرایط حداقل خاک‌ورزی در خوزستان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ۲۵ صفحه.
- گیلانی، ع. ع. ۱۳۸۶. بررسی اثر روش‌های کم‌خاک‌ورزی همراه با مالچ کلش گندم بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم برنج خوزستان در روش خشکه‌کاری. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ۲۳ صفحه.
- گیلانی، ع. ع. ۱۳۸۹. اثر مصرف قارچ‌کش زیستی تریکودرمین و مقادیر مختلف بذر بر عملکرد و اجزاء عملکرد سه رقم برنج به روش خشکه‌کاری در خوزستان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ۱۷ صفحه.
- گیلانی، ع. ع. ۱۳۹۰. اثر مقادیر مختلف قارچ‌کش زیستی تریکودرمین بر عملکرد و اجزاء عملکرد سه رقم برنج به روش خشکه‌کاری در خوزستان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ۱۹ صفحه.
- گیلانی، ع. ع. ۱۳۹۴. بررسی اثر تعداد متفاوت بذر در کپه در روش خشکه‌کاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد چهار رقم برنج در خوزستان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ۱۵ صفحه.
- گیلانی، ع. ع. ۱۳۹۵. تأثیر تاریخ کاشت بر جمعیت و تنوع علف‌های هرز در کشت مستقیم خشکه‌کاری برنج. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ۲۹ صفحه.
- گیلانی، ع. ع. ۱۳۹۵. مقایسه روش خشکه‌کاری با شیوه‌های رایج کاشت ارقام برنج از نظر میزان آب مصرفی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ۲۲ صفحه.
- گیلانی، ع. ع. و آبسالان، ش. ۱۳۸۵. ارزیابی عملکرد ارقام برنج تحت آبیاری بارانی به روش کشت مستقیم با استفاده از خطی‌کار در خوزستان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ۳۱ صفحه.
- گیلانی، ع. ع. و رضایی، م. ۱۳۸۰. مقایسه کاربرد دو روش آبیاری بارانی و استغراقی جهت کشت مستقیم برنج در خوزستان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ۱۸ صفحه.
- گیلانی، ع. ع. و کریمی نژاد، ژ. ۱۳۸۶. مقایسه مقادیر مختلف بذر یک رقم برنج در کشت مستقیم خشکه‌کاری. گزارش نهایی طرح تحقیقی ترویجی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ۹ صفحه.
- گیلانی، ع. ع. و موسوی، ا. ۱۳۹۱. بررسی سازگاری لاین‌های هیبرید برنج به روش‌های خشکه‌کاری و نشایی در شرایط خوزستان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.
- گیلانی، ع. ع. ۱۳۸۵. مقایسه دو نوع بذرکار (خطی کار و سانتریفیوژ) با مقادیر مختلف بذر رقم عنبروری‌قرمز در کشت مستقیم خشکه‌کاری. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ۲۵ صفحه.
- لویمی، ن. ۱۳۸۵. مقایسه کشت مکانیزه برنج با استفاده از سه نوع بذرکار در سه رقم برنج به صورت خشکه‌کاری در شرایط خوزستان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ۲۰ صفحه.
- لویمی، ن. ۱۳۹۵. بررسی فنی دستگاه خاک‌ورز-کاشت نواری و مقایسه با دیگر روش‌های کشت برنج در مقادیر مختلف بذر به روش خشکه‌کاری در خوزستان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ۲۵ صفحه.
- موسوی، ه.، عالمی سعید، خ.، فتحی، ق.، سیاهپوش، ع. ر. و قرینه، م. ح. ۱۳۹۰. اثر تراکم کاشت و مقدار علف‌کش مولینیت بر کنترل سوروف در کشت مستقیم برنج در شرایط اهواز. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی). ۹۰: ۹۲-۸۳.

- مومنی، ع. ۱۳۹۲. مطالعه امکان الگوی تغییر کشت برنج از شرایط غرقابی به هوازی در مازندران. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۶(۴): ۲۱۵-۲۲۸.
- مومنی، ع. ۱۳۹۵. نگرشی بر قابلیت‌های توسعه کشت برنج هوازی در شرایط بحران کمبود آب در ایران. مجله علوم زراعی ایران. ۱۸(۳): ۱۷۹-۱۹۵.
- نوربخشیان، ج. ۱۳۷۹. مقایسه عملکرد ارقام برنج در کشت مستقیم و نشائی. مجله علوم زراعی ایران. ۲(۴): ۳۲-۲۵.
- Awan, T. A., Sta Cruz, P. C. and Chauhan, B. S. 2015. Agronomic indices, growth, yield- contributing traits, and yield of dry- seeded rice under varying herbicides. *Field Crops Research*, 177: 15-25.
- Azmi, M., Chin, D. V., Vongsaraj, P. and Johnson, D. E. 2005. Emerging issues in weed management of direct- seeded rice in Malaysia, Vietnam, and Thailand. In “Rice Is Life: Scientific Perspectives for the 21st Century” (K. Toriyama, K. L. Heong, and B. Hardy, Eds.), pp. 196–198, International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, and Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Tsukuba, Japan.
- Bhagat, R.M., Bhuiyan, S.I., Moody, K. and Estorninos, L.E. 1999. Effect of water, tillage and herbicide on ecology of weed communities in intensive wet-seeded rice ecosystem. *Crop Protection*. 18: 293–303.
- Boyette, C.D., Templeton, G.E. and Smith Jr. R. J. 1979. Control of winged waterprimrose (*Jussiaea decurrens*) and northern joint vetch (*Aeschynomene virginica*) with fungal pathogens. *Weed Science*. 27: 497-501.
- Chauhan, B. S. 2012. Weed management in direct-seeded rice systems. Crop and Environmental Sciences Division, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- Chauhan, B. S., Abeysekara, A. S. K., Kulatunga, S. D. and Wickrama, U. B. 2013. Performance of different herbicides in a dry- seeded rice system in Sri Lanka”. *Weed Technology*. 27: 459- 462.
- Chauhan, B.S. 2013. Strategies to manage weedy rice in Asia. *Crop Protection*. 48: 51–56.
- Chauhan, B.S. and Johnson, D.E. 2009. Influence of tillage systems on weed seedling emergence pattern in rainfed rice. *Soil& Tillage Research*. 106: 15 –21.
- Chauhan, B.S. and Johnson, D.E. 2010b. Relative importance of shoot and root competition in dry-seeded rice growing with junglerice (*Echinochloa colona*) and ludwigia (*Ludwigia hyssopifolia*). *Weed Science*. 58: 295-299.
- Chauhan, B.S. and Johnson, D.E. 2011b. Row spacing and weed control timing affect yield of aerobic rice. *Field Crops Research*. 121: 226 –231.
- Chauhan, B.S., Abeysekara, A.S.K., Wickramarathe, M.S., Kalatunga, S.D. and Wickrame, U.B. 2014. Effect of rice establishment methods on weedy rice (*Oryza sativa* L.) infestation and grain yield of cultivated rice (*Oryza sativa* L.) in Sri Lanka. *Crop Protection*. 55: 42 – 49.
- Chen, C., Neill, K., Wichman, D. and Westcott, M. 2008. Hard red spring wheat response to row spacing, seeding rate, and nitrogen. *Agronomy Journal*. 100: 1296 –1302.
- CIAP (Cambodia- IRRI- Australia Project). 1998. Annual research report. 1997. Phnom Penh, Cambodia.
- Dawe, D. 2005. Increasing water productivity in rice-based systems in Asia—past trends, current problems, and future prospects. *Plant Production Science*. 8: 221–230.
- FAO, 2017. FAOSTAT. Statistical Databases. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [http:// www.fao.org](http://www.fao.org)
- Fischer, A. J. and Antigua, G. 1996. Weed management for rice in Latin America and the Caribbean. In “Weed Management in Rice” (B. A. Auld and K. U. Kim, Eds.), pp. 159–179. FAO Plant Production and Protection Paper 139. FAO, Rome.
- Fischer, A. J., Cheetam, D. P., Vidotto, F. and Prado, D. R. 2004. Enhanced effect of thiobencarb on bispyribac- sodium control of *Echinochloa phyllopogen* (Stapf) Koss in California rice (*Oryza sativa* L.). *Weed Biology and Management*. 4: 206- 212.
- Fischer, A. J., Cheetam, D. P., Vidotto, F. and Prado, D. R. 2004. Enhanced effect of thiobencarb on bispyribac- sodium control of *Echinochloa phyllopogen* (Stapf) Koss in California rice (*Oryza sativa* L.). *Weed Biology and Management*. 4: 206- 212.

- Gianessi, L., Sankula, S. and Reigner, N. 2003. Plant Biotechnology: Potential Impact for Improving Pest Management in European Agriculture: Rice–Herbicide- Tolerant Case Study. The National Center for Food and Agriculture Policy, Washington, DC, USA.
- Gianessi, L.P., Silvers, C.S., Sankula, S. and Carpenter, J.E. 2002. Plant Biotechnology: Current and Potential Impact for Improving Pest Management in U.S. Agriculture. An Analysis of 40 Case Studies. Herbicide Tolerant Rice. The National Center for Food and Agriculture Policy, Washington, DC, USA.
- Gill, G.S. and Holmes, J.E. 1997. Efficacy of cultural control methods for combating herbicide-resistant *Lolium rigidum*. Pesticide Science. 51: 352- 358.
- He, J. H., Zhou, X. J., Sun, Y. J., Ma, Z. J. and Bao, H. Z. 2000. Occurrence of weeds in early direct seeded rice fields and their control in Jinhua, Zhejiang. Acta Agriculture, Zhejiangensis. 12: 331–334.
- Hill, J. E., Bayer, D. E., Bocchi, S. and Clampett, W. S. 1991. Direct-seeded rice in the temperate climates of Australia, Italy, and the United States. In “Direct-Seeded Flooded Rice in the Tropics”, pp. 91–102. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- Hill, J.E., De Datta, S.K. and Real, J.G. 1990. Echinochloa competition in rice: a comparison of studies from direct-seeded and transplanted flooded rice”. Weed Management. BIOTROP Special Publication. 38: 115–129.
- ICAR. 2007. Vision -2025- NRCWI Perspective plan, Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, India.
- IRRI 2008. Background Paper: The Rice Crisis: What Needs to Be Done? IRRI, Los Baños, Philippines, www.irri.org/12pp.
- Jannink, J.L., Orf, J.H., Jordan, N.R. and Shaw, R.G., 2000. Index selection for weed-suppressive ability in soybean. Crop Science. 40: 1087 –1094
- Jones, M.P., Mande, S. and Aluko, K. 1997. Diversity and potential of *Oryza glaberrima* (Steud.) in upland rice breeding, Breeding Science. 47: 395-398.
- Jordan, N. 1993. Prospects for weed control through interference. Ecological Applications. 3: 84- 91.
- Juraimi, A.S., Anwar, M.P., Selamat, A., Puteh, A. and Man, A. 2012. The influence of seed priming on weed suppression in aerobic rice. Pakistan Journal of Weed Science and Research. 18: 257-264.
- Khan, A.R., Srivastava, R.C., Ghorai, A.K. and Singh, S.R. 2003. Efficient soil solarization for weed control in the rainfed upland rice ecosystem. International Agrophysics. 17: 99–103.
- Khan, M. A. H., Alam, M. M., Hossain, M. I., Rashid, M. H., Mollah, M. I. U., Quddus, M. A., Miah, M. I. B., Sikder, M. A. A. and Ladha, J. K. 2009. Validation and delivery of improved technologies in the rice-wheat ecosystem in Bangladesh. In “Integrated Crop and Resource Management in the Rice–Wheat System of South Asia” (J. K. Ladha, Y. Singh, O. Erenstein .
- Kim, J. K., Kang, Y. S., Lee, M. H., Kim, S. S. and Park, S. T. 2001. Wet-seeded rice cultivation technology in Korea. In “Rice Research for Food Security and Poverty Alleviation” (S. Peng and B. Hardy, Eds.), pp. 545–560. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- Kumar, V. and Ladha, J. K. 2011. Direct Seeding of Rice: Recent developments and future research needs. Advances in Agronomy. 111: 297-413.
- Kumar, V., Ladha, J. K. and Gathala, M. K. 2009. Direct drill-seeded rice: A need of the day. In “Annual Meeting of Agronomy Society of America, Pittsburgh, November 1–5, 2009,” <http://a-c-s.confex.com/crops/2009am/webprogram/Paper53386.html>.
- Kumar, V., Singh, S., Chhokar, R.S., Malik, R.K., Brainard, D.C. and Ladha, J.K. 2013. Weed management strategies to reduce herbicide use in zero-till rice-wheat cropping systems of the Indo-Gangetic Plains. Weed Technology. 27: 241-254.
- Luat, N. V. 2000. Integrated weed management and control of weeds and weedy rice in Vietnam. In “Wild and Weedy Rice in Rice Ecosystems in Asia: A Review” (B. B. Baki, D. V. Chin, and M. Mortimer, Eds.), pp. 1–3, Limited Proceedings No. 2. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- Mahajan, G. and Chauhan, B. S. 2015. Weed control in dry direct-seeded rice under tank mixtures of herbicides in South Asia. Crop Protection. 72: 90- 96.

- Mahajan, G. and Timsina, J. 2011. Effect of nitrogen rates and weed control methods on weeds abundance and yield of direct-seeded rice. Archives of Agronomy and Soil Science. 57: 239–250.
- Mahajan, G., Chauhan, B.S. 2013. The role of cultivars in managing weeds in dry-seeded rice production systems. Crop Protection. 49: 52–57
- Mahajan, G., Gill, M.S. and Singh, K. 2010. Optimizing seed rates to suppress weeds and to increase yield in aerobic –direct seeded rice in Northwestern Indo–Gangetic Plains. Journal of New Seeds. 11: 225–238.
- Mazid, M. A., Mortimer, M. A., Riches, C. R., Orr, A., Karmaker, B., Ali, A., Jabbar, M. A. and Wade, L. J. 2005. Rice establishment in drought-prone areas of Bangladesh, In “Rice Is Life: Scientific Perspectives for the 21st Century” (K. Toriyama, K. L. Heong, and B. Hardy, Eds.), pp. 193–195, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, and Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Tsukuba, Japan.
- Mercado, B.L. and Talatala, R.L. 1977. Competitive ability of *Echinochloa colonum* L. against direct-seeded lowland rice, In: Proceedings of the 6th Asian-Pacific Weed Science Society Conference, Jakarta, Indonesia, pp. 161–165.
- Moody, K. 1990. Yield losses due to weeds in rice in the Philippines, In: Crop Loss Assessment in Rice, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, pp. 193–202.
- My, T. V., Tuong, T. P., Xuan, V. T. and Nghiep, N. T. 1995. Dry seeding rice for increased cropping intensity in Long a Province, Vietnam. “Vietnam and IRRI, a Partnership in Rice Research”, pp. 111–122. Ministry of Agriculture and Food Industry, Vietnam and International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- Olofsson, M. 2001. Rice - a step toward to use allelopathy. Agronomy Journal. 93(1): 3 - 8 .
- Pane, H. and Fagi, A.M. 1992. Integrated weed control to minimize herbicide application in lowland rice. In: International Rice Research Conference, IRRI, Los Baños, Philippines p.23.
- Pane, H. and Mortimer, M. 2002. Weed dynamics and their management for sustainable rice production in rainfed lowland area in Indonesia, In “Abstracts of Papers Presented at the International Rice Congress,” p. 434, September 16–20, 2002. Beijing, China.
- Raj, S. K . and Syriac, E. 2017. Weed management in direct-seeded rice- A review. Agricultural Reviews. 38(1):41-50.
- Rajakumar, D., E. Subramanian, T. Ramesh, N. Ma ragatham, G. J. Martin and G. Thiyagarajan. 2009. Striding towards aerobic rice cultivation- A review. Agricultural Reviews. 30(3): 213-218.
- 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.
- Scherder, E. F., Talbert, R. E. and Clark, S. D. 2004. Rice (*Oryza sativa*) cultivar tolerance to clomazone. Weed Technology. 18: 140–144.
- Seal, A. and Pratley, J. 2010. The specificity of allelopathy in rice (*Oryza sativa*). Weed Research. 50: 303-311.
- Sharma, P. K., Ladha, J. K. and Bhushan, L. 2003. Soil physical effects of puddling in rice-wheat cropping systems. In “Improving the Productivity and Sustainability of Rice-Wheat Systems: Issues and Impacts” (J. K. Ladha, J. E. Hill, J. M. Duxbury, R. K. Gupta, and R. J. Buresh, Eds.), pp. 97–113. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, ASA Special Publication 65.
- Singh, K., Kumar, V., Saharawat, Y.S, Gathala, M. and Ladha, J.K. 2013. Weedy Rice: An Emerging Threat for Direct-seeded Rice Production Systems in India. Journal of Rice Research. 1: 106.
- Singh, R., Singh, A. K., Singh, V. P., Singh, G. and Rai, O. P. 2017. Influence of seed rate and weed control methods on yield of direct seeded rice (*Oryza sativa* L.). International Journal of Pure & Applied. Bioscience. 5(5):1433-1438.
- Singh, S., Bhushan, L., Ladha, J.K., Gupta, R.K., Rao, A.N. and Shivprasad, B. 2007. Evaluation of mulching, Intercropping with Sesbania and herbicide use for weed management in dry-seeded rice (*Oryza sativa* L.). Crop Protection. 26: 518-524.
- Singh, S., Chhokar, R.S., Gopal, R., Ladha, J.K., Gupta, R.K., Kumar, V. and Singh, M. 2009. Integrated weed management: a key to success for direct-seeded rice in the Indo–Gangetic Plains, In: Ladha, J.K., Singh, Y., Erenstein, O., Hardy, B. (Eds.), Integrated Crop and Resource Management in

-
- the Rice-wheat System of South Asia, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, pp. 261–278.
- Smith, R.J. Jr. and J.D. Sullivan, J. D. 1980. Reduction of red rice grain in rice fields by winter feeding of ducks. *Arkansas Farm Research*. 29: 3.
 - Song, C., Sheng-guan, C., Xin, C. and Guo-ping, Z. 2009. Genotypic differences in growth and physiological responses to transplanting and direct seeding cultivation in rice, *Rice Science*. 16: 143-150.
 - Taylor, M. 2004. Rotational weed control practices in rice”, RIRDC Publication No. 04/001, RIRDC Project No. AGR- 6A Rural Industries Research and Development Corporation, Australia.
 - Templeton, D. and Bayot, R. 2011. Aerobic rice - responding to water scarcity: An impact assessment of the ‘developing a system of temperate and tropical aerobic rice (STAR) in Asia’ project. CGIAR Challenge Program on Water and Food. www.waterandfood.org.
 - Tuong, T. P. and Bouman, B. A. M. 2003. Rice production in water scarce environments. In “Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement” (J. W. Kijne, R. Barker, and D. Molden, Eds.), pp. 53–67. CABI Publishing, Wallingford, UK.
 - Williams, J. F., Roberts, S. S., Hill, J. E., Scardaci, S. C. and Tibbits, G. 1990. Managing water for weed control in rice. *California Agriculture*. 44: 7–10.
 - Zhang, W., Webster, E. P., Blouin, D. C. and Leon, C. T. 2005. Fenoxaprop interactions for barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control in rice. *Weed Technology*. 19: 293–297.
 - Zhao, D. L., Atlin, G. N., Bastiaans, L. and Spiertz, J. H. J. 2006. Cultivar weed- competitiveness in aerobic rice: heritability correlated traits, and the potential for indirect selection in weed- free environments. *Crop Science*. 46: 372- 380.
 - Zimdahl, R.L. 1999. *Fundamentals of Weed Science*. Academic Press Inc, San Diego, CA, USA.

لیست نشریه‌های موسسه‌ی تحقیقات برنج کشور

شماره نشریه	عنوان	نویسنده (گان)	سال	قیمت (تومان)
۱	روش‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی دانه‌ی برنج	فاطمه حبیبی	۱۳۹۲	۵۰۰۰
۲	کرم ساقه‌خوار نواری برنج (شناسایی، زیست‌شناسی، خسارت و کنترل)	فرزاد مجیدی	۱۳۹۲	۵۰۰۰
۳	بیماری سوختگی باکتریایی برگ برنج	مریم خشکدامن	۱۳۹۲	۵۰۰۰
۴	مراحل فنولوژی برنج	مجید نحوی و مهرزاد اله‌قلی‌پور	۱۳۹۳	۵۰۰۰
۵	خصوصیات برخی از ارقام محلی برنج در شرایط استان گیلان	مهرزاد اله‌قلی‌پور و محمد صالح محمد صالحی	۱۳۹۳	۵۰۰۰
۶	اصلاح روش اندازه‌گیری میزان آمیلوز در دانه‌ی برنج بر اساس روش ایزو ۶۶۴۷	فاطمه حبیبی و همکاران	۱۳۹۳	۵۰۰۰
۷	بیماری سیاهک دروغی برنج	فریدون پاداشت و سمیه داریوش	۱۳۹۳	۵۰۰۰
۸	معرفی‌نامه‌ی موسسه تحقیقات برنج کشور	فرامرز علی‌نیا، مهدی جلالیان، آتوسا فرحپور	۱۳۹۳	---
۹	پروانه‌ی تک‌نقطه‌ای برنج و روش‌های کنترل آن	فرزاد مجیدی	۱۳۹۳	۵۰۰۰
۱۰	راهنمای استفاده از تراکتور دو چرخ و خاک همزن	علیرضا علامه	۱۳۹۳	۵۰۰۰
۱۱	راهنمای ارزیابی مزارع برنج خسارت دیده	ناصر دوات‌گر و شهریار بابازاده	۱۳۹۴	۵۰۰۰
۱۲	زهرابه‌های قارچی در برنج	فریدون پاداشت و همکاران	۱۳۹۴	۵۰۰۰
۱۳	اهمیت تغذیه برگی عناصر کم مصرف در کشت برنج	حسن شکر واحد	۱۳۹۴	۵۰۰۰
۱۴	بومی‌سازی توسعه سریع نسل (RGA) در گیاه برنج	محسن قدسی و همکاران	۱۳۹۵	۵۰۰۰
۱۵	تبدیل کاه و کلش برنج به کمپوست و موارد استفاده از آن	تیمور رضوی‌پور و شهریار بابازاده	۱۳۹۵	۵۰۰۰
۱۶	کلکسیون قارچ‌های برنج ایران	فریدون پاداشت و سمیه داریوش	۱۳۹۵	۵۰۰۰
۱۷	پتاسیم در خاک و روش‌های عصاره‌گیری آن در خاک‌های شالیزاری	مسعود کاوسی	۱۳۹۵	۵۰۰۰
۱۸	ضرورت مصرف کود سیلیکاته در اراضی شالیزاری	الهیار فلاح و محمد محمدیان	۱۳۹۵	۵۰۰۰
۱۹	گیلانه، رقم جدید برنج	مهرزاد اله‌قلی‌پور	۱۳۹۵	۵۰۰۰
۲۰	دستورالعمل زراعی رقم جدید برنج، گیلانه	مهرزاد اله‌قلی‌پور و همکاران	۱۳۹۶	۵۰۰۰
۲۱	توده‌های محلی و ارقام برنج لنجان	احمد رضانی	۱۳۹۶	۵۰۰۰

۵۰۰۰	۱۳۹۶	شهرام محمودسلطانی	کمبرود روی، علل، علائم و راه‌کارهای مقابله با آن	۲۲
------	------	-------------------	--	----

شماره نشریه	عنوان	نویسنده (گان)	سال	قیمت (تومان)
۲۳	کوتولگی برنج و مدیریت آن	بیژن یعقوبی	۱۳۹۶	۵۰۰۰
۲۴	دستورالعمل ملی کدگذاری لاین‌های اصلاحی برنج	مجید ستاری و همکاران	۱۳۹۶	۵۰۰۰
۲۵	معرفی شب‌پره برگ‌خوار قهوه‌ای برنج <i>Rivula sericealis</i> (اولین گزارش خسارت در مزارع برنج شمال ایران)	مهرداد عموقلی‌طبری و همکاران	۱۳۹۶	۵۰۰۰
۲۶	سابقه کشت برنج در اصفهان	احمد رضانی	۱۳۹۶	۵۰۰۰
۲۷	حلزون گیاهچه‌خوار برنج <i>Succinea putris</i> (زیست‌شناسی و کنترل)	مهرداد عموقلی‌طبری و همکاران	۱۳۹۶	۵۰۰۰
۲۸	اکولوژی برنج	الهیاری فلاح	۱۳۹۷	۵۰۰۰
۲۹	استفاده از روش میلگارد در ارزیابی خواص حسی برنج	فاطمه حبیبی و کبری تجددی‌طلب	۱۳۹۷	۵۰۰۰
۳۰	کرم سبز برگ‌خوار برنج و کنترل آن	فرزاد مجیدی‌شیل‌سر	۱۳۹۷	۵۰۰۰
۳۱	تغذیه روی در سیستم‌های کشت برنج	شهرام محمودسلطانی	۱۳۹۷	۵۰۰۰
۳۲	کاربرد جهش‌القایی در اصلاح برنج	علیرضا نبی‌پور و همکاران	۱۳۹۷	۵۰۰۰
۳۳	کشت برنج در اراضی شالیزاری بدون انجام عملیات گل‌خرابی	رضا اسدی	۱۳۹۷	۵۰۰۰
۳۴	تاثیر پاربویل بر خصوصیات تبدیل و کیفیت برنج	عاصفه لطیفی	۱۳۹۷	۵۰۰۰
۳۵	تنش خشکی و تاثیر آن بر رشد و عملکرد برنج	علی‌اکبر عبادی و فاطمه فرح‌دهر	۱۳۹۷	۵۰۰۰
۳۶	دستورالعمل پخت برخی ارقام محلی و اصلاح شده برنج مازندران	ناهد فتحی و همکاران	۱۳۹۸	۵۰۰۰
۳۷	مروری بر کشت مستقیم برنج با تأکید بر مدیریت علف‌های هرز	بیژن یعقوبی و مریم رجبیان	۱۳۹۸	۸۰۰۰

علاقه‌مندان به خرید نشریه می‌توانند به آدرس موسسه‌ی تحقیقات برنج کشور مکاتبه نموده یا با مسئول کتابخانه‌ی موسسه تماس حاصل فرمایند. شماره‌ی تماس: تلفن: ۰۱۳-۳۳۶۹۰۰۵۲ داخلی ۲۲۳؛

دورنگار: ۰۱۳-۳۳۶۹۰۰۵۱