doi: 10.22124/cr.2020.16880.1607

(مقاله پژوهشی)

تحقیقات غلات

دوره دهم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۹ (۱۹۲-۱۸۱)

بررسی کارایی علف‌کش کندرهاشونده پیرازوسولفورون‌اتیل+پرتیلاکلر در کنترل علف‌های هرز برنج در کشت نشایی

بیژن یعقوبی[1*]، هدی آبادیان[2]، فرزین پورامیر[3] و فاطمه منصورپور[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۳۰

چکیده

تنوع علف‌های هرز شالیزار، موجب استفاده از مخلوط علف‌کش‌های با مکانیزم عمل متفاوت جهت افزایش کارایی مدیریت شیمیایی شده است. علف‌کش جدید پیرازکلر (Pirazchlor, TB 17%) حاصل اختلاط پیرازوسولفورون‌اتیل از سولفونیل‌اوره‌ها با پرتیلاکلر از کلرواستامیدها است که به‌صورت قرص‌های حدود پنج گرمی کندرهاشونده برای کنترل علف‌های هرز برنج در کشت نشایی معرفی شده است. در این پژوهش، کارایی مقادیر ۱۹۱، ۳۸۳، ۵۷۴ و ۷۶۵ گرم ماده موثره در هکتار ($g\ ai.ha^{-1}$) پیرازکلر در مقایسه با علف‌کش‌های رایج پرتیلاکلر (EC 50%, 750 g $ai.ha^{-1}$)+بن‌سولفورون‌متیل (بن‌سولفورون، DF 60%, 35 g $ai.ha^{-1}$)، تیوبنکارب (EC 50%, 2500 g $ai.ha^{-1}$)+ بن‌سولفورون، تریافامون+اتوکسی‌سولفورون (کانسیل، WG 30%, 30 g $ai.ha^{-1}$) به‌همراه دو تیمار شاهد (بدون کنترل و وجین‌دستی) بر کنترل علف‌های هرز و عملکرد برنج رقم هاشمی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزارع پژوهشی موسسه تحقیقات برنج کشور در گیلان و مازندران در سال ۱۳۹۷ انجام شد. نتایج نشان داد که کنترل علف‌های هرز و عملکرد برنج تحت تأثیر تیمار، مکان و برهمکنش تیمار در مکان قرار گرفت. در مازندران، زیست‌توده و تراکم علف‌های هرز در حدود یک‌دهم گیلان و کارایی تمام علف‌کش‌ها مساوی یا بیش‌تر از ۹۵ درصد بود. در گیلان، کارایی علف‌کش‌ها در کاهش تراکم سوروف (که بیش‌تر یا مساوی ۸۸ درصد بود)، بیش از پیزور (با ۵۱ تا ۹۷ درصد) بود. کارایی پیرازکلر در دزهای ۳۸۳ گرم و بیش از آن، مشابه یا بهتر از علف‌کش‌های رایج بود. خسارت اقتصادی علف هرز در تیمار شاهد بدون کنترل در مازندران و گیلان به‌ترتیب ۲۵ و ۷۸ درصد نسبت به تیمار شاهد وجین‌دستی برآورد شد. بیش‌ترین عملکرد شلتوک در گیلان ۴۴۵۰ و مازندران ۵۰۰۱ کیلوگرم در هکتار بود که به‌ترتیب از دزهای ۷۶۵ و ۳۶۳ گرم پیرازکلر به‌دست آمد و مشابه یا بیش‌تر از تیمارهای علف‌کش رایج و در حدود ۱۰ درصد بیش‌تر از تیمار شاهد وجین دستی بود.

واژه‌های کلیدی: پهن‌برگ، تراکم علف هرز، جگن، علف‌کش‌های ترکیبی، نازک‌برگ

۱- دانشیار، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

۲- استادیار، معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران

۳- استادیار، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

۴- کارشناس، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

* نویسنده مسئول: byaghoubi2002@yahoo.com ; b.yaghoubi@areeo.ac.ir

مقدمه

خسارت علف‌های هرز در گیلان در صورت عدم کنترل در کشت نشایی ۵۸ درصد (Yaghoubi, 2015) و در کشت مستقیم برنج ۹۶ درصد گزارش شده است (Rajabian *et al.*, 2017). شالیکاران از روش‌های متعدد مکانیکی، زراعی، شیمیایی و دستی برای مدیریت علف‌های هرز استفاده می‌کنند که روش شیمیایی با کم‌ترین قدمت، بیش‌ترین نقش را در کنترل علف‌های هرز دارد (Yaghoubi *et al.*, 2010). علف‌کش‌ها، زمان لازم برای وجین دستی را از ۵۰۰ تا ۶۰۰ ساعت به حدود ۲۰ ساعت در هکتار کاهش داده‌اند (Shibayama, 2001).

علف‌های هرز شالیزار دارای بیولوژی (زمان جوانه‌زنی و ظهور) متفاوتی هستند. برخی از علف‌های هرز (مانند سوروف و پیزور دریایی) بسیار زودهنگام و برخی (مانند سل‌واش و تیرکمان آبی) دیرهنگام و اواخر دوره بحرانی مدیریت علف‌های هرز شالیزار رشد می‌کنند. علف‌کش‌های رایج خاک‌پاش شالیزار به‌دلیل طول دوره کارایی محدود، قادر به کنترل علف‌های هرز رویش‌یافته در اواسط فصل نیستند، اگرچه این گونه‌ها ممکن است به علف‌کش‌های مورد نظر حساس باشند. وجین دستی و یا مصرف دوباره علف‌کش‌ها برای کنترل این علف‌های هرز اجتناب‌ناپذیر است. وجین، عملی دشوار، پرهزینه و از نظر اجتماعی غیرجذاب است و از این‌رو بهره‌گیری از علف‌کش‌ها به‌عنوان جایگزینی برای وجین توسط شالیکاران رواج یافته و میزان مصرف آن‌ها همواره روند صعودی داشته است، اگرچه پیامدهای بهداشتی و زیست‌محیطی آن نگران‌کننده است.

علف‌کش‌های رایج شالیزار دارای فرمولاسیون‌های متعدد SC (Suspension Concentrate)، EC (Emulsifiable Concentrate)، DF (Dry Flowable)، OD (Oil dispersion)، CS (Capsule Suspension) و غیره هستند. فرمولاسیون‌های مختلف از نظر آب‌شویی و یا ورود و جذب توسط گیاه هرز متفاوت هستند. در بررسی‌های انجام شده در موسسه تحقیقات برنج کشور، ماده موثره علف‌کش بیس‌پایریباک سدیم برای کنترل ۹۵ درصد سوروف از فرمولاسیون روغنی پراکنده شونده (OD) حدود ۳۳ درصد کم‌تر از فرمولاسیون سوسپانسیون غلیظ (SC) آن بود (Yaghoubi, 2020). در سال‌های اخیر فرمولاسیون‌های میکروکپسول (Microencapsulated formulation) علف‌کش‌های خاک‌پاش برای کاهش آب‌شویی توسعه پیدا کرده‌اند. فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش آلاکلر نسبت به فرمولاسیون امولیسیون غلیظ (EC) آن دارای تحرک کم‌تر و کارایی بیش‌تری در کنترل گراس‌ها بود (Petersen and Shea, 1989).

علف‌کش جدید پیرازکلر دارای فرمولاسیون قرص ۱۷ درصد (Tablet 17%) است. آفت‌کش‌های با این ویژگی موجب می‌شوند تا ماده موثره ترکیب به‌تدریج آزاد می‌شود (کندرهاشونده) و در نتیجه طول دوره کنترل علف‌های هرز در آن‌ها بیش‌تر است (Hyzak and Zimdahl, 1974). بدیهی است که احتمال آب‌شویی و آلودگی‌های زیست‌محیطی این فرمولاسیون‌ها به‌طور نسبی کم‌تر است. در فرمولاسیون‌های پیش‌اختلاط یک‌بار مصرف (Premixture, 'oneshot' herbicide) برای اکوسیستم شالیزار یک سولفونیل اوره همانند بن‌سولفورون متیل، پیرازوسولفورون‌اتیل و غیره به‌عنوان یک جزء اصلی ترکیب است و جزء دیگر آن معمولاً یک باریک‌برگ‌کش (تیوبنکارب، بوتاکلر، اکسادیارژیل، اگزادیازون، مولینیت و غیره) می‌باشد (Takeshita and Noritake, 2001). در حدود ۷۰ درصد از شالیزارهای ژاپن با فرمولاسیون‌های پیش‌اختلاط تیمار می‌شوند و در برخی موارد این ترکیبات حاوی چند علف‌کش با مکانیزم عمل متفاوت هستند (Takeshita and Noritake, 2001). کاربرد علف‌کش‌های مخلوط طی یک دوره ده‌ساله در کره از حدود چهار درصد به ۷۹ درصد افزایش پیدا کرد (Naylor, 1996).

علف‌های هرز شالیزارهای شمال کشور ترکیبی از نازک‌برگ‌ها، پهن‌برگ‌ها و جگن‌ها هستند که دارای واکنش متفاوتی به علف‌کش‌ها هستند و بهره‌گیری از فرمولاسیون‌های مرکب جهت کنترل شیمیایی آن‌ها ضروری است. در حال حاضر، تریافامون + اتوکسی‌سولفورون (کانسیل WG 30%) تنها علف‌کش مرکب موجود در بازار کشور است که اندک زمانی پس از ثبت به‌طور گسترده‌ای مورد استقبال شالیکاران قرار گرفته است (Yaghoubi, 2017). آنیلوفوس + اتوکسی‌سولفورون و پی‌پروفوس + توفوردی دیگر علف‌کش‌های ترکیبی ثبت‌شده در چند دهه پیش در کشور هستند که اولی به‌دلیل ناکارآمدی در کنترل علف‌های هرز (Maazi Kajal *et al.*, 2012) و دیگری به‌خاطر ایجاد اختلالات رشدی در برنج از چرخه توزیع حذف شدند.

پیرازکلر حاصل اختلاط پیرازوسولفورون‌اتیل از خانواده سولفونیل‌اوره‌ها و پرتیلاکلر از خانواده کلرواستامیدها است. پیرازوسولفورون‌اتیل به‌وسیله شرکت نیسان ژاپن در سال

۱۹۹۰ معرفی شد. این علف‌کش‌ها به‌همراه سوروف‌کش‌های ذکرشده، به‌طور گسترده‌ای در مزارع برنج دنیا مصرف می‌شوند (Matsunaka, 2001). پیرازوسولفورون‌اتیل یک علف‌کش پیش و یا پس‌رویشی برای کنترل دامنه وسیعی از علف‌های هرز برنج است که از طریق ریشه و برگ جذب و به مریستم‌ها منتقل می‌شود و از تولید اسیدهای آمینه شاخه‌دار جلوگیری می‌کند (Suzuki *et al.*, 1990). پرتیلاکلر علف‌کشی سیستمیک و انتخابی برای برنج است که مکانیزم عمل آن بازدارندگی از سنتز اسیدهای چرب دارای زنجیره خیلی بلند است و توسط ساقه‌چه‌های تازه سبزشده و ریشه‌ها جذب می‌شود (Mallory-Smith and Retzinger, 2003; Chauhan *et al.*, 2014). پرتیلاکلر، سوروف، اویارسلام، قاشق‌واش و ... را کنترل می‌کند که عموماً علف‌های هرز یک‌ساله هستند (Naylor, 1996). سولفونیل اوره‌ها (بن‌سولفورون متیل یا پیرازو سولفورون اتیل) با کلرواستامیدها (بوتاکلر یا پرتیلاکلر) دارای روابط سینرژیستی هستند و کارایی یک‌دیگر را در کنترل علف‌های هرز افزایش می‌دهند (Kaushik *et al.*, 2006).

مزیت اقتصادی کنترل شیمیایی و تنوع فلور شالیزارهای شمال کشور و واکنش متفاوت آن‌ها به علف‌کش‌ها، کاربرد حداقل یک باریک‌برگ‌کش به‌همراه یک پهن‌برگ‌کش و جگن‌کش را ضروری کرده است. کاربرد انفرادی علف‌کش‌ها، علاوه بر افزایش هزینه، خطر آب‌شویی و کاهش کارایی آن‌ها را به‌دنبال دارد. معرفی فرمولاسیون‌های مرکب جدید (قرص) با عملکرد انتخابی مناسب روی برنج و دوره کارایی مناسب که قادر به کنترل جگن‌ها، پهن‌برگ‌ها و سوروف در دوره بحرانی باشند، جهت تولید اقتصادی برنج یک ضرورت است. هدف از اجرای این تحقیق بررسی کارایی اولین علف‌کش کندرهاشونده معرفی شده در ایران در کنترل علف‌های هرز مزارع برنج در کشت نشایی و مقایسه آن با علف‌کش‌های رایج مورد استفاده در این مزارع بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزارع پژوهشی موسسه تحقیقات برنج کشور در استان‌های گیلان و مازندران در سال زراعی ۱۳۹۷ اجرا شد. آماده‌سازی زمین شامل دو مرتبه شخم عمود بر هم در فروردین و اردیبهشت و پادلینگ یک‌روز قبل از نشاکاری بود. تیمارهای مورد مطالعه شامل دزهای ۱۹۱، ۳۸۳، ۵۷۴ و ۷۶۵ گرم ماده موثره در هکتار ($g\ ai.ha^{-1}$) علف‌کش جدید پیرازکلر، پرتیلاکلر (EC 50%, 750 $g\ ai.ha^{-1}$)+بن‌سولفورون متیل (بن‌سولفورون، DF 60%, 35 $g\ ai.ha^{-1}$)، تیوبنکارب (EC 50%, 2500 $g\ ai.ha^{-1}$)+بن‌سولفورون، تریافامون+اتوکسی‌سولفورون (کانسیل، WG 30%, 30 $g\ ai.ha^{-1}$) و دو تیمار شاهد (بدون کنترل و وجین‌دستی) بود که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. گیاهچه‌های برنج رقم هاشمی در هفته آخر اردیبهشت در مرحله ۴-۳ برگی (به‌ترتیب با تراکم ۲۰ و ۱۶ کپه در مترمربع در گیلان و مازندران) در کرت‌هایی به مساحت ۲۵ مترمربع نشا شدند و هر کپه شامل سه گیاهچه بود. کرت‌ها با مرزهای خاکی و پوشیده با پلاستیک از هم متمایز شدند.

مطابق آزمایش خاک، کوددهی در دو مکان مشابه و شامل کاربرد کودهای نیتروژن، پتاس و فسفر به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم اوره، ۱۰۰ کیلوگرم سولفات‌پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات‌تریپل در هکتار بود. یک‌سوم کود اوره به‌همراه تمامی کودهای پتاسه و فسفره یک‌روز قبل از نشاکاری مصرف شدند و زمان کاربرد دو قسمت دیگر از کود اوره به‌ترتیب ۲۰ و ۴۰ روز پس از نشاکاری (مراحل پنجه‌زنی و تولید ساقه) و به‌صورت سرک بود. علف‌کش‌های با فرمولاسیون‌های EC به‌طور مستقیم و با فرمولاسیون DF پس از حل کردن در آب (۶-۵ لیتر در هکتار) به‌روش دست‌پاش یا نمک‌پاش، سه روز پس از نشاکاری در کرت‌های غرقاب مصرف شدند. فرمولاسیون علف‌کش جدید پیرازکلر به‌صورت قرص‌های حدود پنج گرمی بود که هم‌زمان با دیگر علف‌کش‌ها با فواصل یکنواخت در داخل کرت‌های غرقاب پرتاب شدند. در تیمار شاهد بدون علف هرز، وجین دستی ۱۵ و ۳۰ روز بعد از نشاکاری انجام شد. به‌منظور مبارزه با کرم ساقه‌خوار برنج، گرانول‌پاشی حشره‌کش دیازینون ۱۰ درصد به‌مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار طی دو نوبت انجام شد. کارایی تیمارهای مورد بررسی ۴، ۶ و ۱۲ هفته بعد از نشاکاری با قرار دادن کادر ۵۰×۵۰ سانتی‌متری در دو نقطه از هر کرت و سپس کف‌بر کردن علف‌های هرز و شمارش آن‌ها به تفکیک گونه ارزیابی شد. علف‌های هرز و برنج به‌مدت حدود ۴۸ ساعت در آون ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند و سپس وزن خشک آن‌ها ثبت شد. در مرحله برداشت کل زیست‌توده موجود در مساحت یک مترمربع از هر کرت کف‌بر و بعد از ۲۴ ساعت آفتاب‌خشک، به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از جداسازی علف‌های هرز و گیاه زراعی، تعداد پنجه یا ساقه سوروف، پیزور و برنج شمارش و خوشه‌های برنج جدا شدند. علف‌های

هرز و کاه و کلش برنج در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس تا حصول وزن ثابت قرار داده شده و توزین شدند. عملکرد شلتوک با برداشت محصول از مساحت ۱۲ مترمربع از هر کرت تعیین شد. خرمنکوبی با ماشین‌های خرمنکوب کوچک ویژه پروژه‌های تحقیقاتی انجام و عملکرد شلتوک با رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۲) انجام و میانگین‌ها نیز با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

فلور علف‌های هرز مزارع آزمایشی متنوع و شامل باریک‌برگ‌ها، پهن‌برگ‌ها و جگن‌ها بود. سوروف (*Echinochloa crus galli*)، پیزور دریایی (*Bolboschoenus planiculmis*)، اویارسلام (*Cyperus difformis*)، قاشق‌واش (*Alisma plantago aquatica*)، سل‌واش (*Monochoria vaginalis*)، تیرکمان آبی (*Sagittaria trifolia*)، گوشاب (*Potamogeton nodosus*) و هزارنی (*Butomus umbellatus*) از فراوان‌ترین علف‌های هرز در مزارع آزمایشی بودند. طبق ارزیابی‌ها (تراکم و زیست‌توده) بیش از ۹۵ درصد علف‌های هرز در هر دو استان منحصر به سوروف و پیزور دریایی بود. به‌دلیل برتری رقابتی و اکوفیزیولوژیک سوروف و جگن که در صورت حضور این‌دو گونه، سایر علف‌های هرز با قرار گرفتن در زیر کانوپی برنج و در رقابت با این دو گونه هرز، کم‌تر امکان رویش یا رشد و تکمیل چرخه زندگی پیدا می‌کنند، در نتایج فقط داده‌های مربوط به این‌دو گونه هرز ارایه شده است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که علاوه بر تأثیر تیمارهای علف‌کش مورد بررسی بر تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز، اثر مکان و برهمکنش مکان × تیمار علف‌کش نیز بر تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز (سوروف و پیزور) معنی‌دار ($P\leq0.01$) بود که حاکی از کارایی متفاوت علف‌کش‌ها در دو استان است (جدول‌های ۱ و ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تراکم و زیست‌توده سوروف و پیزور در مازندران بسیار اندک (حدود پنج درصد گیلان) و کارایی تمام تیمارهای مورد بررسی در کنترل آن‌ها مشابه و یا بیش‌تر از ۹۵ درصد بود و از این‌رو در نتایج از ارایه داده‌های علف هرز مربوط به مازندران اجتناب و فقط داده‌های گیلان ارایه و بررسی شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس بررسی تأثیر تیمارهای علف‌کشی بر تعداد علف‌های هرز سوروف و پیزور

Table 1. Analysis of variance of the effect of herbicide on the number of barnyardgrass and bulrush weeds

Source of variations	df	Barnyardgrass *Echinochloa crus-galli*			Bulrush *Bolboschoenus planiculmis*		
		4WAT	6WAT	12WAT	4WAT	6WAT	12WAT
Location	1	7099.05**	37812.45**	34734.4**	160579.4**	488252.37**	734933.33**
Block / Location	4	31.34^{ns}	67.72^{ns}	38.97^{ns}	418.25^{ns}	649.55^{ns}	168.22^{ns}
Herbicide	8	5222.95**	19184.11**	14236.56**	31409.21**	51914.65**	93458.26**
Location × Herbicide	8	4662.84**	18731.61**	13131.67**	31785.77**	517089.84**	92814.40**
Error	31	15.86	39.08	29.31	298.33	1046.03	408.91
CV (%)	-	12.41	19.00	17.63	8.39	15.59	18.00

^{ns} and **: Not-significant and significant at 1% probability level, respectively. WAT: week after transplanting.

جدول ۲- تجزیه واریانس بررسی تأثیر تیمارهای علف‌کشی بر زیست‌توده علف‌های هرز سوروف و پیزور

Table 2. Analysis of variance of the effect of herbicide on the biomass of barnyardgrass and bulrush weeds

Source of variations	df	Barnyardgrass *Echinochloa crus-galli*			Bulrush *Bolboschoenus planiculmis*		
		4WAT	6WAT	12WAT	4WAT	6WAT	12WAT
Location	1	30.97**	1934.87**	120325.67**	3706.62**	21504.02**	69442.80**
Block / Location	4	0.95^{ns}	34.58^{ns}	988.73^{ns}	2.23^{ns}	30.39^{ns}	27.79^{ns}
Herbicide	8	43.51**	1212.79**	28698.73**	1117.33**	2846.77**	4185.34**
Location × Herbicide	8	15.19**	846.09**	8876.48**	1118.31**	2702.88**	3942.79**
Error	31	0.82	43.31	647.15	2.61	38.78	184.26
CV (%)	-	20.10	14.87	9.25	16.04	11.00	10.11

^{ns} and **: Not-significant and significant at 1% probability level, respectively. WAT: week after transplanting.

گیاه‌سوزی علف‌کش‌ها

گیاه‌سوزی پرتیلاکلر + بن‌سولفورون یا بوتاکلر + بن‌سولفورون در دز توصیه شده ۱۵-۱۰ درصد گزارش شده است (Pouramir *et al.*, 2020)، درحالی‌که در تحقیق حاضر گیاه‌سوزی فرمولاسیون جدید این علف‌کش در دز دو برابر دز توصیه شده کم‌تر از هفت درصد بود که بیانگر عملکرد انتخابی بهتر فرمولاسیون جدید نسبت به فرمولاسیون‌های رایج و احتمالاً به‌دلیل آزاد شدن تدریجی علف‌کش بود. علاوه بر فرمولاسیون، نوع خاک، سن نشا، مصرف به‌هنگام و صحیح علف‌کش‌ها و غرقاب یکنواخت در عملکرد انتخابی علف‌کش‌ها روی برنج موثر است.

تراکم علف‌های هرز

تراکم سوروف در چهار هفته پس از نشاکاری در تیمار شاهد ۱۷۷ گیاهچه در مترمربع بود (جدول ۳). تمام تیمارهای مورد بررسی به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد، موجب کاهش تراکم این علف هرز شدند و کارایی آن‌ها از ۹۳ تا ۱۰۰ درصد متغیر بود. در تیمار شاهد وجین‌دستی، تراکم سوروف ۱۴ گیاهچه در مترمربع بود که نشان‌دهنده رویش مجدد این علف هرز پس از وجین اول و نیاز به تکرار وجین دستی بود، زیرا آستانه خسارت اقتصادی سوروف، پنج گیاهچه در مترمربع گزارش شده است (Smith, 1988). تراکم سوروف در تیمار شاهد در پایان مرحله بحرانی کنترل علف‌های هرز در برنج نشایی (شش هفته پس از نشاکاری) به ۳۴۴ گیاهچه در واحد سطح افزایش پیدا کرد (جدول ۳). تراکم سوروف در بررسی‌های دیگران قبل از کاربرد علف‌کش‌های برگ‌پاش (حدود چهار هفته پس از کشت)، ۱۵۷ تا ۲۱۵ گیاهچه در مترمربع گزارش شده است (Ottis and Talbert, 2007). کارایی تیمارها در کاهش تراکم سوروف در این مرحله، همانند مرحله نخست از ۹۴ تا ۱۰۰ درصد متغیر بود (به‌استثنای دز ۵۰ درصد علف‌کش پیرازکلر با ۷۴ درصد کارایی). تراکم سوروف در زمان برداشت (۱۲ هفته پس از نشاکاری) در تیمار شاهد ۳۰۶ پنجه در واحد سطح بود. کاهش تراکم نسبت به مرحله ارزیابی قبلی، بیانگر رقابت درون‌گونه‌ای است. کارایی تیمارهای مورد بررسی در کاهش تراکم سوروف از ۸۶ تا ۹۸ درصد متغیر بود. پرتیلاکلر + بن‌سولفورون متیل، بیش‌ترین و کانسیل کم‌ترین کارایی را داشتند (جدول ۳). تراکم سوروف، مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد برنج گزارش شده است (Ni *et al.*, 2004).

تراکم پیزور در چهار هفته پس از نشاکاری، ۴۶۵ گیاهچه در مترمربع و بیش از دو برابر تراکم سوروف در این مرحله از نمونه‌برداری بود. تمام تیمارهای مورد بررسی، تأثیر معنی‌داری در جلوگیری از رویش این علف هرز داشتند. کانسیل و تیوبنکارب + بن‌سولفورون به‌ترتیب دارای کم‌ترین (۵۵ درصد) و بیش‌ترین (۹۷ درصد) کارایی در کاهش تراکم پیزور بودند. کارایی پرتیلاکلر + بن‌سولفورون و پیرازکلر (دز ۷۶۵ گرم ماده موثره در هکتار) با کارایی تیوبنکارب + بن‌سولفورون فاقد اختلاف آماری بود (جدول ۳). کارایی پیرازکلر از ۸۲ تا ۹۱ درصد متغیر بود و افزایش دز، افزایش کارایی را موجب شد. تراکم پیزور در شش هفته پس از نشاکاری نسبت به مرحله ارزیابی قبلی حدود ۳۹ درصد افزایش داشت که بیانگر طول دوره رویش طولانی این علف هرز است. به‌طورکلی، کارایی تیمارهای مورد بررسی در این مرحله مشابه مرحله ارزیابی قبلی و فقط اندکی کم‌تر بود. تراکم پیزور در زمان برداشت ۸۲۸ گیاهچه در واحد سطح (تیمار شاهد) بود. کارایی تیمارها در کنترل این علف هرز از ۵۱ تا ۹۲ درصد متغیر بود. کانسیل کم‌ترین و تیوبنکارب + بن‌سولفورون متیل بیش‌ترین کارایی را داشتند. کارایی دزهای مختلف علف‌کش پیرازکلر از ۷۹ تا ۹۱ درصد متغیر بود و با افزایش دز، روند افزایشی در کارایی آن مشاهده شد.

زیست‌توده علف‌های هرز

سوروف

زیست‌توده سوروف در تیمار شاهد علف هرز در چهار هفته پس از نشاکاری، ۱۳ گرم در مترمربع بود. تمام تیمارهای مورد بررسی، کارایی خوبی در کاهش زیست‌توده سوروف داشتند و کم‌ترین کارایی (۸۵ درصد) مربوط به پایین‌ترین دز پیرازکلر (۱۹۳ گرم ماده موثره در هکتار) بود (جدول ۳). کارایی سایر تیمارهای علف‌کشی، ۹۲ تا ۱۰۰ درصد و کارایی تیمار وجین دستی، ۹۰ درصد بود که بیانگر رویش مجدد سوروف پس از وجین دستی است. در شش هفته پس از نشاکاری، زیست‌توده سوروف در تیمار شاهد ۷۴ گرم در مترمربع بود. تیمارهای مورد بررسی کارایی متفاوتی داشتند و همه آن‌ها موجب کاهش معنی‌دار زیست‌توده این علف هرز شدند. کم‌ترین و بیش‌ترین کارایی به‌ترتیب مربوط به کم‌ترین و بیش‌ترین دز علف‌کش پیرازکلر بود. کارایی سایر علف‌کش‌ها از ۹۵ تا ۱۰۰ درصد متغییر بود (جدول ۳).

جدول ۳- کارایی تیمارهای مختلف بر کاهش تراکم علف‌های هرز سوروف و پیزور در مقایسه با شاهد بدون کنترل (درصد)

Table 3. Efficacy of different treatments on reduction of weed density compared to without control check (%)

Treatment	Dose (g ai.ha^{-1})	Barnyardgrass density (m^{-2})			Bulrush density (m^{-2})		
		4WAT	6WAT	12WAT	4WAT	6WAT	12WAT
Without control check	-	0 (177)^{a}	0 (344)^{a}	0 (306)^{a}	0 (465)^{a}	0 (645)^{a}	0 (828)^{a}
Hand weeded control check	-	92 (14)^{b}	98 (6)^{de}	96 (12)^{de}	95 (22)^{ef}	99 (4)^{f}	99 (9)^{g}
Thiobencarb[1] + bensulfuron[2]	2500+30	98 (3)^{cd}	96 (13)^{cd}	96 (13)^{de}	97 (14)^{f}	83 (111)^{de}	92 (70)^{f}
Pretilachlor[3]+ bensulfuron	750+30	99 (1)^{d}	100 (0)^{e}	98 (6)^{e}	91 (42)^{def}	73 (172)^{c}	71 (236)^{c}
Triafamone+ ethoxysulfuron[4]	45	100 (0)^{d}	100 (0)^{e}	88 (39)^{b}	55 (208)^{b}	55 (289)^{b}	51 (408)^{b}
Pretilachlor + pyrazosulfuron[5]	193	93 (13)^{b}	74 (90)^{b}	89 (36)^{bc}	82 (84)^{c}	76 (152)^{cd}	79 (171)^{d}
Pretilachlor + pyrazosulfuron	383	95 (8)^{bc}	94 (20)^{c}	91 (28)^{c}	85 (68)^{cd}	78 (142)^{cde}	82 (145)^{d}
Pretilachlor + pyrazosulfuron	574	95 (8)^{bc}	97 (10)^{cde}	91 (27)^{c}	90 (46)^{de}	81 (120)^{cde}	84 (135)^{e}
Pretilachlor + pyrazosulfuron	765	100 (0)^{d}	100 (0)^{e}	95 (15)^{d}	91 (42)^{def}	86 (92)^{e}	91 (116)^{e}

Original weed density values are shown in parentheses. Means followed by the similar letters in each column are not significantly different by Fisher's Protected Least Significant Difference (LSD) test (P<0.05).

1. Saturn, 2. Londax, 3. Refit, 4. Council, 5. Pirazchlor.

زیست‌توده سوروف در زمان برداشت در تیمار شاهد ۳۹۵ گرم (وزن خشک در مترمربع) بود و تمام تیمارهای مورد بررسی موجب کاهش معنی‌دار زیست‌توده سوروف شدند. همانند مرحله قبلی ارزیابی، کارایی تیمارهای مورد بررسی در کاهش زیست‌توده سوروف بسیار متفاوت بود. کم‌ترین دز پیرازکلر، کم‌ترین کارایی (۵۳ درصد) و پرتیلاکلر + بن‌سولفورون، بیش‌ترین کارایی (۹۷ درصد) را داشت که از نظر آماری فاقد اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد وجین دستی بود. تیوبنکارب+بن‌سولفورون و کانسیل دارای کارایی مشابه (۸۳ درصد) بودند. افزایش دز پیرازکلر افزایش کارایی آن از ۵۰ به ۷۹ درصد را به‌همراه داشت (جدول ۳). کاربرد ترکیب پرتیلاکلر + بن‌سولفورون متیل به‌طور متوسط جمعیت علف‌های هرز را نسبت به علف‌کش بوتاکلر و شاهد علف هرز به‌ترتیب ۷/۴۴ و ۷۹ درصد کاهش داد. محققین دیگر نیز کارایی پرتیلاکلر + پیرازوسولفورون‌اتیل را در کنترل علف‌های هرز برنج بسیار موثر و برتری آن نسبت به مصرف انفرادی بوتاکلر را ۱۰/۲۵ درصد و نسبت به شاهد علف هرز ۸۳ درصد گزارش کردند (Bhat *et al.*, 2017). آن‌ها ماده خشک علف‌های هرز را در تیمار پرتیلاکلر + پیرازوسولفورون‌اتیل ۹/۵ گرم و در پرتیلاکلر + بن‌سولفورون‌متیل ۱۱/۱ گرم در مترمربع گزارش کردند (Bhat *et al.*, 2017) که برتری پیرازوسولفورون را نسبت به بن‌سولفورون در اختلاط با پرتیلاکلر نشان می‌دهد.

پیزور

تیمارهای علف‌کشی مورد بررسی دارای ۹۲ تا ۹۸ درصد کارایی در کاهش زیست‌توده بودند (به‌غیر از علف‌کش کانسیل با ۶۸ درصد کارایی). کارایی تیمارهای مورد بررسی در شش هفته پس از نشاکاری نسبت به مرحله ارزیابی قبلی کاهش یافت و از ۳۲ تا ۸۴ درصد متغیر بود. کم‌ترین و بیش‌ترین کارایی به‌ترتیب مربوط به کانسیل و پیرازکلر (دز ۷۶۵ گرم در هکتار) بود. کارایی تیوبنکارب و پرتیلاکلر که از علف‌کش‌های رایج شالیزار هستند و به‌همراه بن‌سولفورون متیل برای کنترل سوروف، جگن‌ها و پهن‌برگ‌ها توصیه شده‌اند، به‌ترتیب ۷۶ و ۵۵ درصد بود. افزایش دز پیرازکلر، افزایش کارایی آن از ۵۴ به ۸۴ درصد را به‌همراه داشت. کارایی کم‌تر علف‌کش‌ها احتمالاً به‌دلیل کاهش باقیمانده علف‌کش‌های خاک‌پاش و رویش مجدد پیزور بود. افزایش تراکم پیزور در نمونه‌برداری‌های مرحله دوم و سوم نیز موید این ادعا است (جدول ۳). به‌طورکلی، کارایی تیمارهای مورد بررسی در کاهش زیست‌توده این علف هرز مشابه ارزیابی مرحله قبلی بود.

زیست‌توده پیزور در تیمار شاهد در اولین مرحله ارزیابی، ۸۷ گرم در مترمربع (حدود هفت برابر سوروف با ۱۳ گرم در مترمربع) و در زمان برداشت، ۱۷۹ گرم در مترمربع (حدود ۵۰ درصد زیست‌توده سوروف با ۳۵۹ گرم در مترمربع) بود (جدول ۴). سوروف به غرقاب حساس و پیزور به غرقاب متحمل بوده و طول دوره رشد سوروف نیز بیش‌تر از پیزور است. بنابراین، علی‌رغم چهارکربنه بودن سوروف، رشد آن در اول فصل تحت تأثیر غرقاب کند است، اما با گرم شدن هوا، برتری رقابتی سوروف بر پیزور با تجمع بیش‌تر زیست‌توده نمایان شد.

جدول ۴- کارایی تیمارهای مختلف بر کاهش زیست‌توده علف‌های هرز سوروف و پیزور در مقایسه با شاهد بدون کنترل (درصد)

Table 4. Efficacy of different treatments on reduction of barnyardgrass and bulrush biomass compared to without control check (%)

Treatment	Dose (g ai.ha^{-1})	Barnyardgrass biomass			Bulrush biomass		
		4WAT	6WAT	12WAT	4WAT	6WAT	12WAT
Without control check	-	0 (13.3)^{a}	0 (74)^{a}	0 (359.3)^{a}	0 (87)^{a}	0 (146)^{a}	0 (179)^{a}
Hand weeded control check	-	90 (1.3)^{bc}	99 (1.0)^{d}	94 (20.3)^{fg}	98 (1.3)^{d}	99 (1.0)^{f}	99 (2.3)^{f}
Thiobencarb[1] + bensulfuron[2]	2500	97 (0.3)^{c}	95 (3.5)^{cd}	83 (61)^{ef}	98 (2.1)^{d}	76 (21.1)^{de}	79 (37.6)^{e}
Pretilachlor[3]+ bensulfuron	750+30	100 (0.0)^{c}	100 (0.0)^{d}	97 (10.6)^{g}	92 (7.3)^{c}	55 (38.6)^{c}	51 (87.6)^{c}
Triafamone+ ethoxysulfuron[4]	45	100 (0.0)^{c}	100 (0.0)^{d}	83(59.3)^{ef}	68 (27.3)^{b}	32 (58.6)^{b}	33 (121)^{b}
Pretilachlor + pyrazosulfuron[5]	193	85 (2.0)^{b}	47 (39.6)^{b}	53(167.3)^{b}	92 (7.3)^{c}	54 (39.6)^{c}	59 (73)^{cd}
Pretilachlor + pyrazosulfuron	383	92 (1.0)^{bc}	83 (12.3)^{c}	65(125.6)^{bc}	92 (6.6)^{c}	70 (25.6)^{d}	73 (48.6)^{e}
Pretilachlor + pyrazosulfuron	574	92 (1.0)^{bc}	96 (3.0)^{cd}	67 (115.3)^{cd}	92 (6.6)^{c}	76 (20.6)^{de}	69 (56)^{de}
Pretilachlor + pyrazosulfuron	765	100 (0.0)^{c}	100 (0.0)^{d}	79 (76.3)^{de}	93 (5.6)^{c}	84 (14.0)^{e}	74 (46)^{e}

Original weed biomass values are shown in parentheses. Means followed by the similar letters in each column are not significantly different by Fisher's protected least significant difference (LSD) test (P<0.05).

1. Saturn, 2. Londax, 3. Refit, 4. Council, 5. Pirazchlor.

کارایی پیرازوسولفورون‌اتیل + مفناست با گذشت زمان دارای روند کاهشی بود و در طول یک ماه از ۹۴ درصد به ۴۷ درصد کاهش پیدا کرد (Im and Ryhang, 1997). کارایی بن‌سولفورون + تیوبنکارب و پیرازوسولفورون‌اتیل + مفناست در شرایط غرقاب مزرعه تا ۱۰ روز پس از کاربرد ۹۰ درصد بود. همچنین کارایی این تیمارها در کنترل الیوکاریس (*Eleocharis kuroguwai* Ohwi) درصورت غرقاب مزرعه تا ۲۰ روز، ۸۰ درصد و در غرقاب ۲ و ۵ روزه به‌ترتیب ۴۲ و ۶۵ درصد بود (Im and Ryhang, 1997).

کارایی علف‌کش پیرازکلر در کاهش تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز به بیش از ۷۰ درصد تا مرحله برداشت نسبت به شاهد علف‌هرز، نشان‌دهنده باقیمانده فعال خوب این علف‌کش در غلظت‌های مورد بررسی در کنترل علف‌های هرز برنج است. مک‌نایت و همکاران (McKnight *et al.*, 2018) کاهش زیست‌توده علف‌های هرز برنج در ۴۲ روز پس از تیمار با علف‌کش بنزوبیسایکلون را در مقایسه با تیمار شاهد مبین فعالیت باقیمانده علف‌کش گزارش کردند. باقیمانده فعال دیگر علف‌کش‌های خاک‌مصرف برنج همانند پندیمتالین، کوئینکلوراک، کلومازون و تیوبنکارب نیز قبلاً گزارش شده است (Jordan and Kendig, 1998).

بدیهی است که برآیند تأثیر علف‌کش روی علف‌های هرز در نهایت در تولید ماده خشک و تراکم نمود پیدا می‌کند (Okafor and Datta, 1976; Kazemini and Ghadiri, 2004; Pal *et al.*, 2009). مقادیر کم‌تر از میزان توصیه شده پیرازکلر (۱۹۱ گرم ماده موثره در هکتار)، توانایی کم‌تری در کنترل علف‌های هرز نسبت به دز توصیه‌شده و دزهای بالاتر نشان داد و این اختلاف در آخرین مرحله نمونه‌برداری (۱۲ هفته بعد از مصرف علف‌کش) بیش‌تر نمایان شد (جدول‌های ۳ و ۴). کاهش کارایی بعضی از علف‌کش‌های برنج در پایان دوره رشدی برنج به‌دلیل دوام و ماندگاری محدود این علف‌کش‌ها گزارش شده است (Moyer and Hamman, 2001).

کارایی اختلاط بن‌سولفورون‌متیل و تیوبنکارب در کنترل سوروف، جگن‌ها و پهن‌برگ‌های شالیزار بیش از ۹۰ درصد گزارش شده است (Hashemi Gourab *et al.*, 2013). دلیل کارایی خوب سولفونیل اوره‌ها، ماندگاری طولانی‌مدت آن‌ها در شالیزار گزارش شده است (Sandral *et al.*, 1997; Shinn *et al.*, 1999; Halloway *et al.*, 2006). این ویژگی برای کنترل علف‌های هرزی که در طول فصل رشد ظاهر می‌شوند، مناسب است (Moyer and Hamman, 2001). کاربرد پیش‌رویشی اختلاط تیوبنکارب و بن‌سولفورون، کارایی مساوی و بیش‌تر از ۹۲ درصد در کنترل پهن‌برگ‌ها، جگن و سوروف داشته است (Hill *et al.*, 1990). کاربرد علف‌کش پیرازوسولفورون اتیل (۴۲ گرم در هکتار) سه روز پس از نشاکاری دارای بیش‌ترین کارایی (۳۹ تا ۸۰ درصد) در کنترل علف‌های هرز و دارای بیش‌ترین عملکرد شلتوک بود. همچنین، این علف‌کش، پهن‌برگ‌ها را در مقایسه با جگن‌ها و باریک‌برگ‌ها بهتر کنترل کرد (Pal *et al.*, 2012).

عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تأثیر مکان، تیمار و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت (P≤0.01). متوسط عملکرد شلتوک در مازندران (۴۲۹۹ کیلوگرم در هکتار)، حدود ۲۲ درصد بیش‌تر از گیلان (۳۵۱۸ کیلوگرم در هکتار) بود. کم‌ترین عملکرد

شلتوک در گیلان و مازندران به‌ترتیب ۸۴۷ و ۳۴۵۴ کیلوگرم در هکتار و مربوط به تیمار شاهد بدون کنترل علف هرز بود که به‌ترتیب نشان‌دهنده خسارت ۸۱ و ۳۱ درصدی علف‌های هرز نسبت به شاهد وجین دستی در استان مربوطه است. بیش‌ترین عملکرد شلتوک نیز در مازندران ۵۰۰۱ کیلوگرم در هکتار و ۱۲ درصد بیش‌تر از گیلان با ۴۴۵۰ کیلوگرم در هکتار بود و به‌ترتیب در دز ۳۸۳ و ۷۶۵ گرم ماده موثره در هکتار پیرازکلر به‌دست آمد. تراکم بیش‌تر علف‌های هرز در گیلان (جدول ۳) موجب خسارت بیش‌تری به برنج شد و در نتیجه نیازمند دز بالاتری از علف‌کش برای کنترل علف‌های هرز جهت دستیابی به حداکثر عملکرد بود. به‌طورکلی، عملکرد شلتوک در مازندران در تمام تیمارهای مورد بررسی در مقایسه با گیلان بیش‌تر بود. اختلاف عملکرد یک رقم در یک روش کشت با مدیریت مشابه در دو مکان را می‌توان به شرایط اقلیمی مساعدتر آن استان (تابش بیش‌تر) نسبت داد. به‌طورکلی، عملکرد برنج هاشمی در مناطق دارای تابش بیش‌تر نسبت به گیلان بیش‌تر است.

در گیلان تمام تیمارهای علف‌کشی مورد بررسی (به‌استثنای کانسیل و دز ۱۹۳ گرم در هکتار پیرازکلر)، عملکرد بیش‌تری نسبت به تیمار شاهد وجین دستی داشتند (جدول ۵). این‌دو تیمار در کنترل سوروف و به‌ویژه پیزور دارای کارایی کم‌تری نسبت به تیمارهای دیگر بودند (جدول‌های ۳ و ۴). عملکرد کم‌تر این‌دو تیمار می‌تواند به‌دلیل رقابت با علف‌های هرز باشد. عملکرد بیش‌تر شلتوک در تیمارهای علف‌کشی نسبت به وجین دستی نیز می‌تواند بیانگر مصرف بخشی از منابع توسط علف‌های هرز قبل از وجین دستی و نیز خسارت فیزیکی به گیاه زراعی هنگام انجام وجین دستی جهت حذف اندام‌های زیرزمینی علف هرز ریزوم‌دار پیزور باشد. عملکرد شلتوک در تیمارهای مورد بررسی در مازندران در مقایسه با گیلان متفاوت بود و تمام تیمارهای علف‌کشی مورد بررسی (به‌استثنای دو تیمار کانسیل و دز توصیه‌شده علف‌کش پیرازکلر) دارای عملکرد کم‌تری نسبت به تیمار شاهد وجین‌دستی بودند. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، تراکم علف‌های هرز در مازندران، کم و کارایی تمام تیمارهای علف‌کش در مازندران مساوی یا بیش‌تر از ۹۵ درصد بود. به‌نظر می‌رسد گیاه‌سوزی و اختلالات رشدی علف‌کش‌های رایج (تیوبنکارب + بن‌سولفورون، پرتیلاکلر +بن‌سولفورون) و نیز دزهای بالاتر علف‌کش جدید پیرازکلر موجب کاهش عملکرد دانه شده باشد. این نتایج نشان می‌دهند که در آلودگی شدید مزارع به علف‌های هرز (مانند گیلان)، کنترل شیمیایی و در آلودگی‌های کم‌تر (مانند مازندران)، کنترل دستی علف‌های هرز کارایی بیش‌تری داشت و عملکرد شلتوک بیش‌تری نیز تولید شد. به‌نظر می‌رسد که در صورت آلودگی کم‌تر مزارع برنج به علف‌های هرز، وجین دستی که پس از زه‌کشی انجام می‌شود، می‌تواند موجب تهویه، خروج گازهای مضر، بهبود رشد برنج و در نهایت دستیابی به عملکرد بیش‌تری شود.

افزایش دز علف‌کش پیرازکلر، تأثیر متفاوتی بر عملکرد شلتوک داشت. با افزایش دز این علف‌کش، عملکرد دانه در گیلان دارای روند افزایشی و در مازندران دارای روند کاهشی بود. تراکم علف‌های هرز در مازندران حدود پنج درصد گیلان و کارایی تمام تیمارهای علف‌کشی در آن استان تقریباً مشابه بود (داده‌ها نشان داده نشده است)، بنابراین، به‌نظر می‌رسد که با افزایش دز پیرازکلر، میزان بیش‌تری از علف‌کش با گیاه زراعی در تماس بوده و موجب تنش در برنج شده و سرانجام منجر به کاهش عملکرد شده باشد. نکته جالب توجه این است که مطابق ارزیابی‌های چشمی، علایمی از گیاه‌سوزی علف‌کش‌ها روی برنج حتی در دزهای بالاتر مشاهده نشد. علایم گیاه‌سوزی و اختلالات رشدی هر دو علف‌کش پرتیلاکلر و بن‌سولفورون متیل شامل توقف رشد و رنگ سبز تیره است و معمولاً رنگ سبز شاخص تغذیه مناسب و شادابی برنج قلمداد می‌شود و این علایم به‌ویژه در کشت نشایی خیلی جلب توجه نکرد.

عملکرد شلتوک در تیمار علف‌کش جدید کانسیل در دو استان بسیار متفاوت بود. عملکرد شلتوک در این تیمار در استان گیلان ۲۸ درصد کم‌تر و در مازندران پنج درصد بیش‌تر از تیمار شاهد وجین دستی بود. آلودگی شدید مزارع آزمایشی گیلان به علف‌هرز پیزور دریایی و کارایی محدود این علف‌کش در کنترل آن می‌تواند دلیل این امر باشد. علف‌کش‌های رایج (تیوبنکارب +بن‌سولفورون، پرتیلاکلر + بن‌سولفورون) در گیلان، عملکرد بیش‌تر یا مشابه و در مازندران، عملکرد کم‌تری نسبت به تیمار شاهد وجین دستی داشتند. این علف‌کش‌ها در هوای گرم آثار سوء بر برنج دارند و در صورت اختلاط احتمالاً دز کم‌تری از آن‌ها باید توصیه شود که البته نیازمند بررسی‌های تکمیلی است. تشدید گیاه‌سوزی تیوبنکارب در هوای گرم قبلاً گزارش شده است (Yamada, 1980). دیگران نیز عملکرد دانه را در تیمار پرتیلاکلر +پیرازوسولفورون (۷/۲۷ تن در هکتار) بیش‌تر از بوتاکلر (۶/۷۴ تن در هکتار) و شاهد علف هرز (۴/۷۷ تن در هکتار) گزارش کرده‌اند (Bhat *et al.*, 2017).

جدول ۵- تاثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد زیستی و عملکرد شلتوک برنج (درصد نسبت به شاهد وجین دستی)

Table 5. Effect of defferent treatments on rice biologic and paddy yield compared to hand weeded control (%)

Treatment	Dose (g ai.ha^{-1})	Biologic yield (kg.ha^{-1})		Paddy yield (kg.ha^{-1})	
		Guilan	Mazandaran	Guilan	Mazandaran
Without control check	-	24 (1960)^{e}	90 (10051)^{c}	22 (847)^{f}	75 (3454)^{g}
Hand weeded control check	-	100 (8260)^{bc}	100 (11156)^{abc}	100 (3930)^{c}	100 (4613)^{c}
Thiobencarb[1] + bensulfuron[2]	2500+30	107 (8835)^{ab}	94 (10452)^{bc}	104 (4097)^{b}	90 (4157)^{e}
Pretilachlor[3]+ bensulfuron	750+30	101 (8346)^{abc}	101 (11322)^{abc}	99 (3877)^{c}	93 (4312)^{d}
Triafamone+ ethoxysulfuron[4]	45	71 (5893)^{d}	102 (11384)^{ab}	72 (2830)^{e}	105 (4848)^{b}
Pretilachlor + pyrazosulfuron[5]	193	89 (7360)^{c}	102 (11359)^{ab}	88 (3453)^{d}	94 (4357)^{d}
Pretilachlor + pyrazosulfuron	383	107 (8877)^{ab}	107 (11952)^{a}	104 (4070)^{b}	108 (5001)^{a}
Pretilachlor + pyrazosulfuron	574	111 (9200)^{ab}	102 (11381)^{ab}	105 (4113)^{b}	91 (4198)^{e}
Pretilachlor + pyrazosulfuron	765	116 (9603)^{a}	99 (11088)^{abc}	113 (4450)^{a}	81 (3756)^{f}

Original yield values are shown in parentheses. Means followed by the similar letters in each column are not significantly different by Fisher's Protected Least Significant Difference (LSD) test (P<0.05).
1. Saturn, 2. Londax, 3. Refit, 4. Council, 5. Pirazchlor.

عملکرد زیستی

عملکرد زیستی نیز همانند عملکرد دانه تحت تأثیر مکان، تیمار و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت (P≤0.01). عملکرد زیستی در تمام تیمارهای مورد بررسی در مازندران (میانگین ۱۱۱۲۷ کیلوگرم در هکتار) بیش‌تر از گیلان (میانگین ۷۹۵۳ کیلوگرم در هکتار) بود. عملکرد زیستی در تیمار شاهد علف هرز در استان‌های گیلان و مازندران به‌ترتیب ۱۹۶۰ و ۱۰۰۵۱ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵) که به‌ترتیب ۷۶ و ۱۰ درصد کم‌تر از تیمار شاهد وجین دستی در دو منطقه است. همان‌طوری‌که قبلاً نیز عنوان شد، تراکم بالای علف هرز در گیلان دلیل اصلی کاهش عملکرد زیستی بود. به‌دلیل رعایت توصیه‌های تغذیه‌ای اختلاف عملکرد زیستی دو منطقه می‌تواند به‌دلیل شرایط اقلیمی و آفتاب بیش‌تر و یا خاک حاصل‌خیز باشد که این عوامل در مازندران دارای فراهمی بهتری هستند.

واکنش عملکرد زیستی به دز علف‌کش پیرازکلر در دو استان متفاوت بود. با افزایش دز پیرازکلر از ۵۰ به ۲۰۰ درصد میزان توصیه‌شده، عملکرد زیستی در گیلان دارای روند افزایشی و در مازندران ابتدا دارای روند افزایشی و در دزهای بالاتر کاهشی بود. به‌نظر می‌رسد تراکم کم‌تر علف هرز در مازندران، موجب در معرض قرار گرفتن بیش‌تر گیاه زراعی با علف‌کش و در نتیجه کاهش رشد شد، درحالی‌که تراکم بسیار بالای علف‌های هرز در گیلان موجب جذب بیش‌تر علف‌کش شد و در نتیجه سهم و سمیت علف‌کش برای گیاه زراعی کاهش یافت.

عملکرد زیستی برنج در تمام تیمارهای علف‌کشی در مازندران، به‌استثنای تیوبنکارب + بن‌سولفورون، بیش‌تر از تیمار شاهد وجین دستی بود. هوای آمل گرم‌تر از رشت است و کاهش عملکرد در این تیمار با وجود کنترل کامل علف‌های هرز را می‌توان به اثر سوء علف‌کش تیوبنکارب نسبت داد. همان‌طوری‌که قبلاً نیز عنوان شد، علایم گیاه‌سوزی این ترکیب علف‌کشی به‌رنگ سبز تیره نمایان می‌شود که کم‌تر جلب توجه می‌کند. اختلاط این دو علف‌کش دارای آثار سینرژیستی است و به‌ویژه در هوا یا خاک‌های گرم موجب تسریع در تجزیه علف‌کش و اختلالات رشدی برنج می‌شود (Monaco *et al.*, 2002). عملکرد زیستی برنج در تیمار کانسیل در گیلان از تمام تیمارهای علف‌کشی کم‌تر (۲۹ درصد کم‌تر از وجین دستی) بود، اما در مازندران مشابه تیمارهای دیگر بود. کارایی کم‌تر این علف‌کش در کنترل پیزور را می‌توان دلیل کاهش عملکرد دانه برنج در این تیمار دانست. این علف‌کش با وجود کارایی بسیار خوب در کنترل سوروف و پهن‌برگ‌های شالیزار، دارای کارایی کم‌تری در کنترل جگن‌های چندساله است (Yaghoubi, 2017).

نتیجه‌گیری کلی

پیرازکلر در دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز (تا شش هفته پس از نشاکاری) در کنترل سوروف، جگن چندساله یا پیزور دارای کارایی مشابه با علف‌کش‌های قدیم (اختلاط باریک‌برگ‌کش‌های تیوبنکارب یا پرتیلاکلر با پهن‌برگ و جگن‌کش بن‌سولفورون) بود. بوتاکلر به‌همراه بن‌سولفورون پرمصرف‌ترین علف‌کش شالیزارهای شمال کشور است که دارای کارایی مشابه علف‌کش‌های تیوبنکارب یا پرتیلاکلر با بن‌سولفورون است. بنابراین، پیرازکلر قابلیت جایگزینی با

بوتاکلر + بن‌سولفورون را نیز دارد. گیاه‌سوزی پیرازکلر کم‌تر از علف‌کش‌های قدیم بود. در تراکم کم‌تر علف‌های هرز (مازندران)، بیش‌ترین عملکرد برنج (پنج درصد بیش‌تر از شاهد وجین دستی) در غلظت ۳۹۳ گرم (ماده موثره در هکتار) به‌دست آمد که اختلاف آماری معنی‌داری با شاهد وجین دستی داشت. به‌دلیل تراکم بیش‌تر علف‌های هرز در گیلان، بیش‌ترین عملکرد شلتوک در غلظت ۷۶۵ گرم (ماده موثره در هکتار) پیرازکلر به‌دست آمد که ۱۳ درصد بیش‌تر از شاهد وجین دستی بود. تولید عملکرد بیش‌تر در تیمار علف‌کشی نسبت به تیمار شاهد وجین دستی، نشان‌دهنده عملکرد انتخابی خوب پیرازکلر روی برنج و برتری اقتصادی مبارزه شیمیایی به مبارزه فیزیکی است. خسارت به گیاه زراعی هنگام وجین دستی در تیمار شاهد و نیز مصرف بخشی از منابع در این تیمار قبل از حذف علف‌های هرز می‌توانند از دلایل عملکرد کم‌تر وجین دستی باشند. پیرازکلر بر خلاف برخی از فرمولاسیون‌های جامد نیاز به حل کردن در آب ندارد و روش کاربرد آن نیز آسان است (پرت‌کردن قرص در مزرعه غرقاب). به‌دلیل حل‌شدن تدریجی علف‌کش‌های با فرمولاسیون قرص در آب، کنترل بهتر و طولانی‌تر علف‌های هرز میسر است (Naylor, 2002). بدیهی است ورود تدریجی این علف‌کش به محیط آبی شالیزار، احتمال آبشویی و ورود آن از شالیزار به اکوسیستم‌های آبی را کاهش می‌دهد.

References

Bhat, M. A., Hussain, A., Ganai, M. A., Jehangir, I. A. and Teli, N. A. 2017. Bioefficacy of pyrazosulfuron and bensulfuron methyl in combination with pretilachlor against weeds in transplanted rice (*Oryza sativa* L.) under temperate conditions of Kashmir. **Journal of Crop and Weed** 3: 178-182.

Chauhan, B. S., Ngoc, S. T. T., Duong, D. and Le Ngoc, P. 2014. Effect of pretilachlor on weedy rice and other weeds in wet-seeded rice cultivation in South Vietnam. **Plant Production Science** 17: 315-320.

Halloway, K. l., Kookana, R. S., Noy, D. M., Smith, J. G. and Wilhelm, N. 2006. Crop damage caused by residual Acetolactate synthase herbicides in the soils of south-eastern Australia. **Australian Journal of Experimental Agriculture** 46: 1323-1331.

Hashemi Gourab, S. N., Yaghoubi, B., Vahedi, A. and Musaviyan Koohsare, M. 2013. Evaluating the effect of mixing herbicides on their efficacy in paddy fields. Proceedings of the 5th Iranian Weed Science Congress. August 24, Karaj, Iran. pp: 1052-1055. (In Persian with English Abstract).

Hill, J. E., Roberts, S. R., Bayer, D. E. and Williams, J. F. 1990. Crop Response and weed control from new herbicide combinations in water-seeded rice (*Oryza sativa*). **Weed Technology** 4 (4): 838-842.

Hyzak, D. L. and Zimdahl, R. L. 1974. Rate of degradation of metribuzin and two analogs in soil. **Weed Science** 22 (1): 75-79.

Im, I. B. and Ryhang, C. H. 1997. Occurrence ecology and control of barnyardgrass to cropping patterns. Annual Experiment Research Report. National Honam Agricultural Experiment Station, Iksan, Korea. pp: 497-508. (In Korean).

Jordan, D. L. and Kendig, J. A. 1998. Barnyardgrass *(Echinochloa crus-galli)* control with post-emergence applications of propanil and clomazone in dry-seeded rice (*Oryza sativa*). **Weed Technology** 12: 537-541.

Kaushik, S., Streibig, J. C. and Cedergreen, N. 2006. Activities of mixtures of soil-applied herbicides with different molecular targets. **Pest Management Science** 62:1092-1097.

Kazemini, A. and Ghadiri, H. 2004. Interaction effect of plant spacing and nitrogen on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) under different barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) densities. **Iranian Journal of Crop Science** 25 (2): 202-213. (In Persian with English Abstract).

Maazi Kajal, V., Yaghoubi, B., Farahpour, A., Mehrpouyan, M. and Vahedi, A. 2012. Comparison of the efficacy of penoxsulam with some common paddy rice herbicides. **Cereal Research** 2 (3): 223-235. (In Persian with English Abstract).

McKnight, B. M., Webster, E. P. and Blouin, D. C. 2018. Benzobicyclon activity on common Louisiana rice weeds. **Weed Technology** 3: 314-318.

Mallory-Smith, C. A. and Retzinger, E. J. 2003. Revised classification of herbicides by site of action for weed resistance management strategies**. Weed Technology** 17: 605-619.

Matsunaka, S. 2001. Historical review of rice herbicides in Japan. **Weed Biology and Managemet** 1: 10-14.

Monaco, T. J., Weller, S. C. and Ashton, F. M. 2002. Weed science, principle and practices. Fourth Edition. John Wiley and Sons, INC. 685 p.

Moyer, J. R. and Hamman, W. M. 2001. Factors affecting the toxicity of MON 37500 residues to following crops. **Weed Technology** 15 (1): 42-47.

Naylor, R. L. 1996. Herbicides in Asian rice: Transitions in weed management. IRRI. 270 p.

Naylor, R. E. L. 2002. Weed management handbook. British Crop Protection Enterprises. 432 p.

Ni, H., Moody, K. and Robles, R. P. 2004. Analysis of competition between wet seeded rice and barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) using a response-surface model. **Weed Science** 52 (1): 142-146.

Okafor, L. I. and De Datta, S. K. 1976. Competition between upland rice and purple nutsedge for nitrogen, moisture and light. **Weed Science** 24 (1): 43-46.

Ottis, B. V. and Talbert, R. E. 2007. Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control and rice density effects on rice yield components. **Weed Technology** 21: 110-118.

Pal, S., Banerjee, H. and Mandal, N. N. 2009. Efficacy of low dose of herbicides against weeds in transplanted kharif rice (*Oryza sativa* L.). **The Journal of Plant Protection Sciences** 1 (1): 31-33.

Pal, S., Ghosh, R., Banerjee, H., Kundu, R. and Alipatra, A. 2012. Effect of pyrazosulfuron-ethyl on yield of transplanted rice. **Indian Journal of Weed Science** 44 (4): 210-213.

Petersen, B. B. and Shea, P. J. 1989. Miroencapsulated alachlor and its behavior on wheat (*Triticum aestivum*) straw. **Weed Science** 37: 719-723.

Pouramir, F., Yaghoubi, B. and Aminpanah, H. 2020. Efficacy of new herbicides triafamone + ethoxysulfuron, flucetosulfuron and pyrazosulfuron-ethyl on paddy fields weed control. **Iranian Journal of Field Crop Science** 50 (4): 127-136. (In Persian with English Abstract).

Rajabian, M., Asghari, J., Ehteshami, S. M. R. and Yaghoubi, B. 2017. Response of landrace and improved genotypes of rice to weed competition in direct-seeded system. **Iranian Journal of Weed Science** 13 (1): 79-96. (In Persian with English Abstract).

Sandral, G. A., Dear, B. S., Pratley, J. E. and Cullis, B. R. 1997. Herbicide dose rate response curve in subterranean clover determined by a bioassay. **Australian Journal of Experimental Agriculture** 37: 67-74.

Shibayama, H. 2001. Weeds and weed management in rice production in Japan. **Weed Biology and Management** 1 (1): 53-60.

Shinn, S. L., Thill, D. C. and Price, W. J. 1999. Volunteer barley (*Hordeum vulgare*) control in winter wheat (*Triticum aestivum*) with MON 37500. **Weed Technology** 13: 88-93.

Smith, R. J. 1988. Weed thresholds in southern U.S. rice, *Oryza sativa*. **Weed Technology** 2: 232-241.

Suzuki, K., Shirai, Y. and Hirata, H. 1990. Pyrazosulfuron-ethyl, a new sulfonylurea herbicide for paddy rice. In: Grayson, B.T., Green, M. B. and Copping, L. G. (Eds.). Pest management in rice. Springer, Dordrecht. pp: 338-348.

Takeshita, T. and Noritake, K. 2001. Development and promotion of laborsaving application technology for paddy herbicides in Japan. **Weed Biology and Management** 1: 61-70.

Yaghoubi, B. 2015. Chemical control of pondweed (*Potamogeton nodosus*) and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in paddy fields. **Iranian Journal of Weed Science** 11 (2): 195-207. (In Persian with English Abstract).

Yaghoubi, B. 2017. Study the efficacy of new herbicide Council WG 300 in paddy field weed control. Final report of the project. Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. 48 p. (In Persian).

Yaghoubi, B. 2020. Study the efficacy of Cheaf herbicide on weed control in rice ratooning. Final report of the project. Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. 26 p. (In Persian).

Yaghoubi, B., Alizadeh, H., Rahimian, H., Baghestani, M., Sharifi, M. and Davatgar, N. 2010. A review on researches conducted on paddy field weeds and herbicides in Iran. Proceedings of the 3rd Iranian Weed Science Congress. February 17, Babolsar, Mazandaran, Iran. pp: 2-11. (In Persian with English Abstract).

Yamada, T. 1980. Rice plant dwarfing by thiobencarb's metabolite. **Kagaku to Seibutu** 18: 605-606. (In Japanese with English Abstract).

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

doi: 10.22124/cr.2020.16880.1607

(Research Article)

Cereal Research
Vol. 10, No. 2, Summer 2020 (181-192)

Evaluating the efficacy of new slow released herbicide pyrazosulfuron-ethyl +pretilachlor in weed control in transplanted rice

Bijan Yaghoubi[1*], Hoda Abadian[2], Farzin Pouramir[3] and Fatemeh Mansourpour[4]

Received: May 21, 2020 Accepted: August 20, 2020

Abstract

The diversity of paddy weeds has led to the use of herbicide mixtures with different mechanisms of action to increase the efficacy of chemical management. The new herbicide pirazchlor (tablet 17%) is a pre-mixture of pyrazo-sulfuron-ethyl from sulfonyl-ureas with pretilachlor from chloro-acetamides which has been introduced in the form of slow released 5 g tablets to control weeds in transplanted rice. In this study, the efficacy of 191, 383, 574 and 765 g ai.ha^{-1} (g active ingredient per ha) pirazchlor in comparison with the common herbicides, pretilachlor (EC 50%, 750 g ai.ha^{-1}) + bensulfuron methyl (bensulfuron, DF 60%, 35 g ai.ha^{-1}), thiobencarb (EC 50%, 2500 g ai.ha^{-1}) + bensulfuron, triafamone + ethoxysulfuron (council, WG 30%, 30 g ai.ha^{-1}), along with two check treatments (without control and hand weeded control) were investigated on weed control and rice yield. The experiment was carried out in randomized complete block design with three replications in research fields of Rice Research Institute of Iran (RRII) in Guilan and Mazandaran provinces, Iran, in 2018. The results showed that weeds control and rice yield were affected by treatment, location and treatment × location interaction. In Mazandaran, biomass and density of weeds was about one-tenth of Guilan and the efficacy of all herbicides was ≥95%. In Guilan, the efficacy of herbicides in reducing the density of *Echinochloa crus galli* (≥88%) was higher than that of *Bolboschoenus planiculmis* (51-97%). The efficacy of pirazchlor at doses of 383 g ai.ha^{-1} or above was similar to or better than the common herbicides. Grain yield loss (economic damage of weeds) in the check treatment of without weed control in Mazandaran and Guilan was 25% and 78%, respectively, compared to hand weeded control. The highest paddy yield in Guilan and Mazandaran was 4450 and 5001 kg.ha^{-1}, which were obtained in doses of 765 and 363 (g ai.ha^{-1}), respectively, and were similar to or more than the common herbicide treatments and about 10% more than the hand weeded control.

Keywords: Broadleaf, Combined herbicides, Grass, Sedge, Weed density

1. Assoc. Prof., Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
2. Assist. Prof., Deputy of Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Amol, Iran
3. Assist. Prof., Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
4. B. Sc., Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.
[*] Corresponding author: b.yaghoubi@areeo.ac.ir ; byaghoubi2002@yahoo.com