نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هشتم، شماره اول، ۱۴۰۰
۱۶۹-۱۸۴
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2021.17598.2626

بررسی کارایی برخی علف‌کش‌های جدید در کنترل سوروف (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv) در ژنوتیپ‌های مختلف برنج

***بیژن یعقوبی[۱]، هاشم امین‌پناه[۲] و پیمان شریفی[۲]**

[۱]دانشیار مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران،
[۲]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۱۹

چکیده

سابقه و هدف: سوروف مهم‌ترین و فراوان‌ترین علف‌هرز مزارع برنج در ایران است و مبارزه شیمیایی (مصرف بوتاکلر) نقش اصلی در مدیریت آن ایفا می‌کند. امروزه به‌دلیل مخاطرات ناشی از کاربرد گسترده علف‌کش‌ها، مدیریت تلفیقی علف‌های هرز جهت کاهش وابستگی به علف‌کش‌ها مورد توجه بیش‌تری قرار گرفته است. این پژوهش با هدف مطالعه کارایی برخی علف‌کش‌های جدید جهت معرفی به‌عنوان جایگزین بوتاکلر برای کنترل سوروف و نیز بررسی تأثیر رقم برنج بر کارایی علف‌کش‌ها اجرا شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مؤسسه تحقیقات برنج کشور- رشت در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل ژنوتیپ‌های برنج (هاشمی، خزر و لاین ۲۰۳) و نوع علف‌کش (دز توصیه‌شده علف‌کش‌های بوتاکلر، کلومازون، پندیمتالین و فلوستوسولفورون) بود. هم‌چنین تیمارهای آزمایشی شامل کرت‌های شاهد وجین‌دستی و شاهد عدم کنترل علف‌های هرز بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که زیست‌توده سوروف و عملکرد شلتوک تحت‌تأثیر ژنوتیپ برنج، نوع علف‌کش و برهم‌کنش بین آن‌ها قرار می گیرد. زیست‌توده سوروف در تیمار شاهد با علف‌هرز در ارقام خزر، هاشمی و لاین ۲۰۳ به‌ترتیب ۳۳۴، ۲۴۶ و ۲۱۲/۷گرم در مترمربع بود که در ارقام خزر و هاشمی به‌ترتیب ۵۷ و ۱۶ درصد بیش‌تر از لاین جدید ۲۰۳ بود و بیانگر توانایی متفاوت ارقام در بازدارندگی از رشد سوروف است. کاهش عملکرد شلتوک در تیمار شاهد علف‌هرز در ارقام خزر، هاشمی و لاین ۲۰۳ به‌ترتیب ۶۳، ۷۴ و ۸۷ درصد در مقایسه با شاهد وجین‌دستی بود. دلیل کاهش بیش‌تر عملکرد لاین ۲۰۳ علی‌رغم بازدارندگی بیش‌تر روی سوروف به‌دلیل دیررس بودن این رقم و دوره رقابت طولانی‌تر با سوروف بود. هم‌چنین زیست‌توده سوروف در تیمارهای مربوط به علف‌کش جدید پندیمتالین مشابه یا کم‌تر از مقدار آن در کرت‌های تیمارشده با علف‌کش بوتاکلر، فلوستوسولفورون و کلومازون بود. عملکرد شلتوک در کلیه ژنوتیپ‌های برنج در کرت‌های تیمارشده با علف‌کش پندیمتالین از لحاظ آماری فاقد اختلاف معنی‌دار با مقدار آن در کرت‌های تیمار شده با بوتاکلر و تیمار شاهد وجین‌دستی بود. کارایی خوب پندیمتالین در کنترل سوروف و عملکرد شلتوک مشابه بوتاکلر و وجین‌دستی، بیانگر پتانسیل این علف‌کش جهت

* مسئول مکاتبه: byaghoubi2002@yahoo.com

جایگزینی علف‌کش در دست حذف از لیست سموم مجاز، بوتاکلر است. هم‌چنین عملکرد شلتوک لاین ۲۰۳ در تیمار کلومازون و فلوستوسولفورن از لحاظ آماری مشابه با شاهد وجین‌دستی بود، درحالی‌که عملکرد شلتوک ارقام هاشمی و خزر در تیمار با دو علف‌کش جدید فوق به‌طور معنی‌داری کم‌تر از شاهد وجین‌دستی بود، که این نتیجه نیز بیانگر برتری رقابتی لاین ۲۰۳ نسبت به ارقام هاشمی و خزر در کنترل سوروف در شرایط مزرعه‌ای است.

نتیجه‌گیری: در یک دهه اخیر بیش از ۹۵ درصد شالیزارهای شمال کشور با علف‌کش بوتاکلر جهت کنترل شیمیایی سوروف تیمار شده‌اند. در سال‌های اخیر نگرانی‌های بهداشتی و سلامت ناشی از مصرف گسترده بوتاکلر افزایش یافته و این علف‌کش از ابتدای سال ۱۴۰۰ از لیست سموم مجاز کشور حذف شد. باتوجه به کارایی خوب پندیمتالین در کنترل سوروف و عملکرد بالای شلتوک در کرت‌های تیمار شده با این علف‌کش می‌توان پندیمتالین را به عنوان جایگزین بوتاکلر جهت کنترل سوروف در مزارع برنج ایران معرفی نمود، اگرچه بهره‌گیری از ارقام جدید رقابتگر نیز به موفقیت در این خصوص کمک خواهند نمود.

واژه‌های کلیدی: پندیمتالین، علف‌هرز، فلوستوسولفورون، قدرت رقابتی، کلومازون

مقدمه

علف‌های هرز از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد محصولات زراعی هستند که رقابت آن‌ها با گیاه زراعی برای جذب آب، عناصر غذایی و نور منجر به کاهش عملکرد می‌گردد (۱۸). سوروف (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv) با داشتن ویژگی‌های بوم‌شناختی مهم مانند جوانه‌زنی سریع، رسیدگی زودهنگام، تولید بذر فراوان، توانایی تقلید از برنج[1] و داشتن مسیر فتوسنتزی چهار کربنه یکی از مهم‌ترین علف‌های هرز مزارع برنج دنیا است (۲۰). سوروف مهم‌ترین و فراوان‌ترین علف‌هرز مزارع برنج ایران است (۳۶) که در صورت عدم کنترل، خسارت اقتصادی برنج تا ۹۰ درصد نیز خواهد رسید (۲۶). تداخل سوروف با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع با ارقام خزر و لاین ۸۴۳ به‌ترتیب سبب کاهش عملکرد شلتوک به‌میزان ۷۰ و ۴۳ درصد در مازندران گردید (۳). موارد فوق ضرورت مبارزه با این علف‌هرز در مزارع برنج را نشان می‌دهند. کشاورزان راهکارهای متفاوت مدیریت علف‌های هرز مانند کنترل مکانیکی، زراعی، زیستی و شیمیایی را جهت کاهش خسارت علف‌های هرز و افزایش عملکرد و سودمندی محصول به‌کار می‌برند (۲۲ و ۳۷). کارایی مطلوب علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز و سهولت استفاده از آن‌ها در مزارع برنج سبب شده است که در حال حاضر اکثر شالیزارهای کشور حداقل با یک علف‌کش باریک‌برگ‌کش جهت کنترل سوروف و بیش از نیمی از آن‌ها با علف‌کش جگن و پهن‌برگ‌کش (بن‌سولفورون‌متیل) نیز تیمار گردند (۳۸). میزان کاربرد علف‌کش‌ها در سال‌های گذشته همواره دارای روند افزایشی بوده است و کاربرد آن‌ها حدود ۹۰ درصد صرفه‌جویی در زمان لازم برای وجین‌دستی را موجب شده است و همواره شالیکاران به‌دلیل کارایی خوب و قیمت ارزان سعی در جایگزینی علف‌کش‌ها به‌جای وجین‌دستی را دارند. گزارش‌ها نشان می‌دهد که در طی دو دهه گذشته بیش از ۹۵ درصد از علف‌کش‌های مصرفی مزارع برنج ایران به کلرواستامیدها (بوتاکلر یا پرتیلاکلر) و سولفونیل‌اوره‌ها (بن‌سولفورون‌متیل) منحصر بوده است (۳۷). استفاده تکراری از یک علف‌کش و یا یک گروه از علف‌کش‌های با مکانیزم عمل مشابه منجر به تغییر فلور و بروز مقاومت در علف‌های هرز نسبت

1- Ability to mimic rice

به علف‌کش‌ها می‌گردد (۱۶). در حال حاضر تولید و کاربرد بوتاکلر جهت کنترل سوروف در اکثر کشورهای برنج‌خیز ممنوع و یا به‌شدت محدود شده است (۲۷) و در ایران نیز این علف‌کش در آینده نزدیک از لیست سموم مجاز حذف خواهد شد. از این‌رو معرفی علف‌کش‌های جایگزین با خطرات زیست‌محیطی کم‌تر و کارایی مشابه بوتاکلر در کنترل سوروف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و از نیازهای کشاورزان است. اگرچه در گذشته علف‌کش‌های متعددی همانند پرتیلاکلر، تیوبنکارب، اکسادیارژیل، اگزادیازون، مولینیت و غیره با هدف کنترل سوروف در شالیزار معرفی شده‌اند، اما هیچ‌کدام همانند بوتاکلر مورد استقبال کشاورزان قرار نگرفتند.

فلوستوسولفورون[1] (با نام تجاری ذکور) از علف‌کش‌های گروه سولفونیل‌اوره و ثبت‌شده در ایران می‌باشد که از تولید اسیدهای آمینه در گیاهان حساس جلوگیری می‌کند. این علف‌کش جهت کنترل پهن‌برگ‌ها، سوروف و جگن‌ها در مزارع برنج به‌صورت برگ‌مصرف و خاک‌مصرف در بازه زمانی قبل از سبز شدن تا پس از سبز شدن به‌کار می‌رود (۲۳). کلومازون[2] علف‌کشی با مکانیسم عمل منحصر به‌فردی است که به‌طور موثری علف‌های هرز یک‌ساله گرامینه و برخی پهن‌برگ‌ها را در بسیاری از محصولات زراعی از جمله برنج کنترل می‌کند (۳۲). کلومازون به‌صورت پیش‌رویشی و پس‌رویشی مصرف می‌شود. این علف‌کش مانع از ساخت انواع کلروفیل‌ها، کارتنوئیدها و توکوفرول‌ها در گیاهان حساس می‌شود. پندیمتالین[3] یک علف‌کش خاک‌مصرف پیش‌رویشی از خانواده دی‌نیتروآنیلین‌ها است که جهت کنترل سوروف و برخی دیگر از علف‌های هرز یک‌ساله شالیزار مورد استفاده قرار می‌گیرد. این علف‌کش از سنتز میکروتوبول‌ها در فرآیند تقسیم سلولی جلوگیری می‌کند و جذب آن بیش‌تر از طریق هیپوکوتیل و کلئوپتیل صورت می‌گیرد (۲۰۱۵). این علف‌کش در سیستم کشت نشایی برنج به‌صورت پیش‌رویشی و در کرت‌های دارای آب ایستا به‌کار برده می‌شود.

در سال‌های اخیر نگرانی‌های مربوط به مصرف گسترده علف‌کش‌ها مانند تغییر فلور هرز مزارع، ظهور بیوتیپ‌های مقاوم به علف‌کش‌ها، خسارت به محصولات زراعی، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و تهدید سلامتی بشر (۱) به‌شدت افزایش یافته است. در نتیجه، علاقمندی به مدیریت تلفیقی علف‌های هرز از طریق اعمال روش‌های غیر شیمیایی گسترش یافته است. در میان روش‌های غیر شیمیایی مدیریت علف‌های هرز، کاشت ارقام با توانایی رقابتی بالا در برابر علف‌های هرز به عنوان یک تکنیک کاربردی، ارزان و سازگار با محیط‌زیست در نظر گرفته می‌شود (۱۲). معرفی ارقام با توانایی رقابتی بالا در برابر علف‌های هرز می‌تواند به کشاورزان کمک کند تا وابستگی به علف‌کش‌ها را کاهش دهند (۱۵). گزارش شده است که بین ارقام برنج از لحاظ توانایی رقابتی تنوع قابل ملاحظه‌ای وجود دارد (۳٤). توانایی رقابتی ارقام به خصوصیاتی مانند ارتفاع گیاه، توانایی پنجه‌زنی، شاخص سطح برگ، زیست‌توده اندام‌های هوایی و زیست‌توده ریشه نسبت داده شده است (۲۱). بنابراین با توجه به نیاز به معرفی علف‌کش جایگزین برای بوتاکلر و ضرورت کاربرد علف‌کش‌هایی با مکانیزم عمل متفاوت در کنترل سوروف در مزارع برنج و لزوم به‌کارگیری مدیریت تلفیقی علف‌های هرز جهت کاهش اثرات سوء

1- 1-[3-[[[[(4,6-dimethoxy-2-pyrimidinyl) amino] carbonyl] amino] sulfonyl]-2-pyridinyl]-2-fluoropropyl methoxyacetate

2- 2-(2-chlorobenzyl)-4,4-dimethyl-1,2-isoxazolidin-3-one

3- N- (1-ethylpropyl) -3,4- dimethyl- 2, 6-dinitrobenzenamine

زیست‌محیطی ناشی از مصرف علف‌کش‌ها، این آزمایش با هدف بررسی کارایی علف‌کش‌های جدید فلوستوسولفورون، کلومازون و پندیمتاین در مقایسه با بوتاکلر در کنترل سوروف و نیز بررسی تأثیر رقم برنج بر کارایی علف‌کش‌های فوق اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۶ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور- رشت به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای مورد مطالعه شامل ژنوتیپ برنج (رقم بومی هاشمی، رقم اصلاح شده خزر و لاین ۲۰۳) و نوع علف‌کش (علف‌کش‌های کلومازون، پندیمتالین، فلوستوسولفورون و بوتاکلر در دز توصیه‌شده، شاهد وجین‌دستی و شاهد علف‌هرز) بود (جدول ۱). وجین دستی علف‌های هرز در کرت‌های شاهد وجین دستی در ۲۰ و ۳۵ روز پس از نشاکاری انجام شد. جهت کنترل مطلوب پهن‌برگ‌ها و جگن‌ها در کرت‌های تیمار شده با علف‌کش‌های کلومازون، پندیمتالین و بوتاکلر، علف‌کش بن‌سولفورون‌متیل (DF 60%) به‌میزان ۶۰ گرم ماده تجاری در هکتار مصرف گردید. مطابق بررسی‌های مقدماتی، فلوستوسولفورون دارای کارایی خوبی در کنترل جگن‌ها و پهن‌برگ‌ها بوده و نیاز به کاربرد بن‌سولفورون‌متیل در کرت‌های تیمارشده با این علف‌کش وجود نداشت.

جدول ۱- اطلاعات کلی درباره علف‌کش‌های مورد مطالعه.

Table 1. General information of applied herbicides.

General name	Trade name	Formulation	Recommended dose g.ai.ha^{-1}	Manufacturer company
Flucetosulfuron	Zechor	WG 10%	30	LG, Korea
Pendimethalin	Proton	EC 33%	1238	Aryashimi-Iran
Clomazone	-	EC 50%	235	China
Butachlor	Machete	EC 60%	1800	Shimikeshavarz, Iran

مرزهای خاکی اطراف هر کرت آزمایشی با پوشش پلاستیکی به عمق حدود ۲۰ سانتی‌متر پوشانیده شد تا از نشر و خروج آب هر کرت به کرت‌های مجاور و نیز جوی‌های آبیاری جلوگیری شود. سپس ارتفاع آب در هر کرت حدود ۵ الی ۷ سانتی‌متر تنظیم شده و پنج روز پس از نشاکاری علف‌کش‌های مورد بررسی تیمار شدند. وجین‌دستی در کرت‌های شاهد عاری از علف‌هرز، در ۳ و ۵ هفته پس از نشاکاری صورت گرفت. نشاکاری دستی گیاهچه‌های ارقام مورد بررسی در مرحله ۴-۳ برگی با فواصل ۲۵×۲۰ سانتی‌متر به تعداد سه گیاهچه در هر کپه در کرت‌هایی به ابعاد ۵×۷/۵ متر در تاریخ ۲۴ اردیبهشت انجام شد. میزان کود مورد استفاده و نحوه مباره با آفات و بیماری‌ها بر طبق عرف منطقه و توصیه‌ها برای هر رقم بود.

ارزیابی چشمی گیاه‌سوزی و اختلالات رشدی ناشی از تیمارهای علف‌کشی در گیاهچه‌های برنج در دو و چهار هفته پس از نشاکاری و به روش ارائه شده توسط انجمن علف‌های هرز اروپا انجام شد (۴۰). از نظر گیاه‌سوزی به تیمار شاهد وجین‌دستی بدون کاربرد علف‌کش که دارای گیاهان برنج شاداب بود عدد صفر و به گیاهچه‌های دارای گیاه‌سوزی شدید و

در حال مرگ عدد ۱۰۰ تعلق گرفت و سایر تیمارها در مقایسه با آنها سنجیده شدند.

جهت اندازه‌گیری زیست‌توده سوروف، نمونه‌برداری در هنگام رسیدگی محصول از سطحی معادل ۰/۲۵ مترمربع (کوآدرات ۰/۵ متر × ۰/۵ متر) در چهار نقطه از هر کرت انجام و سپس وزن خشک آن‌ها با قرار دادن نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شد. کارایی علف‌کش‌ها در کنترل سوروف بر اساس معادله زیر محاسبه گردید (۲٤).

$$HE= [(W_{Un}-W_T)/W_{Un}] \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن، HE بیانگر کارایی علف‌کش در کنترل سوروف برحسب درصد، W_{Un}، وزن خشک سوروف در کرت بدون سمپاشی شده و W_T، وزن خشک سوروف در کرت سمپاشی شده می‌باشد.

به‌منظور ارزیابی توانایی رقابتی ارقام برنج در حضور سوروف، شاخص رقابت[1] از طریق رابطه زیر محاسبه شد (۳۹):

$$CI=[(Y_i/Y_{mean})/(W_i/W_{mean})] \qquad (۲)$$

که در آن، Y_i بیانگر عملکرد رقم i در حضور سوروف، Y_{mean} بیانگر متوسط عملکرد همه ارقام در حضور سوروف، W_i بیانگر زیست‌توده سوروف مربوط به رقم i و W_{mean} بیانگر متوسط زیست‌توده سوروف در مخلوط با کل ارقام می باشد.

جهت اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه برنج نمونه‌برداری در ۳۰ روز پس از نشاکاری انجام شد و پس از شستشوی ریشه و جداسازی آن از اندام‌های هوایی، نمونه‌ها به‌مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و سپس توزین شدند.

ارتفاع برنج در ۳۰ روز پس از نشاکاری و در زمان برداشت محصول به‌صورت تصادفی با اندازه‌گیری ارتفاع ۱۰ بوته در هر کرت از سطح خاک تا انتهای بلندترین برگ یا انتهای خوشه انجام شد. جهت شمارش پنجه یا خوشه، به‌ترتیب در ۳۰ روز پس از نشاکاری و زمان برداشت از مساحتی معادل یک مترمربع در هر کرت نمونه‌برداری صورت گرفت و تعداد پنجه یا خوشه شمارش شد. عملکرد شلتوک با برداشت محصول از مساحتی به اندازه هفت مترمربع در هر کرت انجام و بر مبنای رطوبت دانه ١٤ درصد محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری زیست‌توده برنج، نمونه‌برداری در هنگام رسیدگی محصول از مساحتی معادل یک مترمربع انجام و سپس با قرار دادن نمونه‌ها به‌مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، وزن خشک آن‌ها تعیین و سپس شاخص برداشت محاسبه شد.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver.9.1)، مقایسه میانگین‌ها برای اثرات اصلی با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. برای صفاتی که اثرات متقابل معنی‌دار بود، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از خطای استاندارد انجام شد. هم‌چنین، رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد. قابل ذکر است که فرض نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار مذکور مورد بررسی قرار گرفت و نرمال بودن داده‌ها تایید شد.

نتایج و بحث

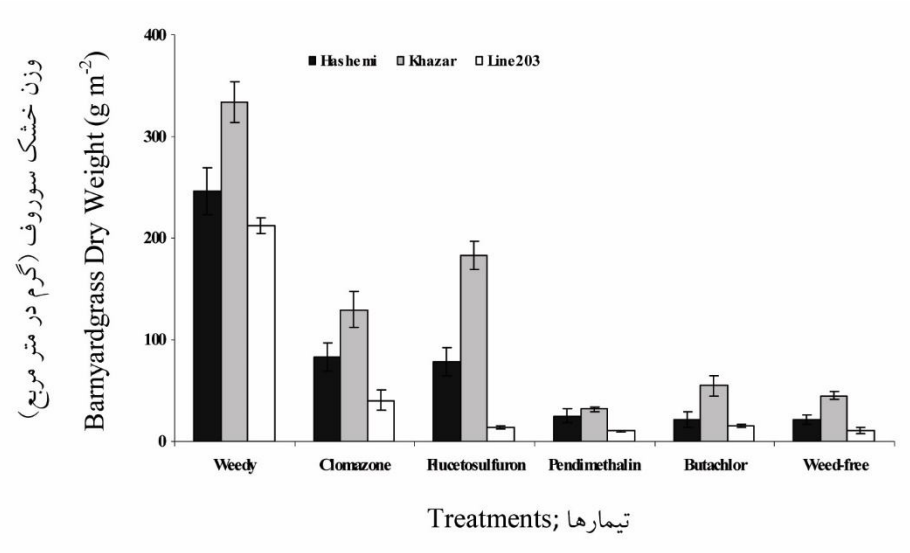
وزن خشک سوروف، شاخص رقابت و کارایی علف‌کش‌ها: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی ژنوتیپ و نوع علف‌کش بر وزن خشک سوروف در سطح یک درصد و برهم‌کنش بین آن‌ها

1- Competition Index

در سطح پنج درصد معنی‌داری بود. در تیمار شاهد علف‌هرز، میزان زیست‌توده سوروف در رقم خزر (۳۳٤ گرم بر مترمربع) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از مقدار آن در رقم هاشمی (۲٤٦ گرم بر مترمربع) و لاین ۲۰۳ (۲۱۲/۷ گرم بر مترمربع) بود (شکل ۱). زیست‌توده سوروف در تیمار با علف‌کش کلومازون در همه ارقام به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از وجین‌دستی بود. هم‌چنین زیست‌توده سوروف در ارقام خزر و هاشمی در تیمار با فلوستوسولفورن بیش‌تر از وجین‌دستی و در لاین ۲۰۳ مشابه با وجین‌دستی بود (شکل ۱). نکته قابل‌توجه، مشابه یا کم‌تر بودن وزن خشک سوروف در تیمار پندیمتالین در مقایسه با وجین‌دستی و علف‌کش بوتاکلر بود که این موضوع بیانگر برتری یا تشابه کارایی پندیمتالین با بوتاکلر است. کارایی علف‌کش‌های کلومازون و پندیمتالین در کنترل سوروف بسیار خوب گزارش شده است (٦، ۱۰ و ۳۵). هم‌چنین گزارش شده است که کاربرد فلوستوسولفورون در دو تا سه روز پس از نشاکاری توانست همه علف‌های هرز مزارع برنج در کشت نشایی را به نحو مطلوبی کنترل کند (۷). پندیمتالین، فلوستوسولفورون و کلومازون از علف‌کش‌های توصیه‌شده برای کنترل سوروف در برنج در دیگر کشورها هستند (۳۱ و ۳۲).

گزارش شده است که بافت خاک بر کارایی کلومازون مؤثر است و خاک‌های سنگین موجب کاهش کارایی این علف‌کش می‌شوند (۲۸ و ۳۱). بافت خاک مزارع آزمایشی رسی بود و کاهش کارایی علف‌کش در این خاک‌ها را می‌توان به بافت خاک نسبت داد. به نظر می‌رسد برای کنترل مطلوب سوروف دز بالاتری از کلومازون مورد نیاز هست که نیازمند بررسی‌های بیش‌تر است. کلومازون در خاک‌های رسی دارای گیاه‌سوزی کم‌تری روی برنج است (۳۱) و این سازگارترین علف‌کش به محدوده وسیعی از شرایط اقلیمی و مدیریت‌های آبیاری مختلف گزارش شده است (۱۹).

به‌علاوه شاخص رقابت لاین ۲۰۳ (۰/۳۰±۱/۵۵) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از مقدار آن برای رقم هاشمی (۰/۱٤±۱/۰۲) و رقم خزر (۰/۱۰±۰/٦۵) بود. در مطالعه‌ای شاخص رقابت ارقام خزر، دیلمانی و لاین ۸٤۳ به‌ترتیب ۰/۳۲، ۰/۷۳ و ۲/٤۳ و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار گزارش شده است (۳٤). مطابق نتایج آزمایش حاضر کارایی علف‌کش‌های مورد بررسی بسته به نوع ژنوتیپ برنج متفاوت بود. کارایی پندیمتالین در همه ژنوتیپ‌های برنج بیش‌تر از ۹۰ درصد بود، درحالی‌که کارایی بوتاکلر در رقم هاشمی و لاین ۲۰۳ به‌ترتیب برابر با ۹۱/۵ و ۹۲/۷ درصد و در رقم خزر ۸۳/۸ درصد بود (شکل ۲). در عین‌حال، کارایی علف‌کش‌های فلوستوسولفورون و کلومازون در ژنوتیپ‌های مورد بررسی متفاوت بود. اگرچه علف‌کش‌های کلومازون و فلوستوسولفورون از کارایی مطلوبی در کنترل سوروف در لاین ۲۰۳ برخوردار بودند، اما کارایی آن‌ها در کنترل سوروف در رقم هاشمی و به‌خصوص رقم خزر به‌طور قابل‌توجهی کم‌تر بود (شکل ۲).

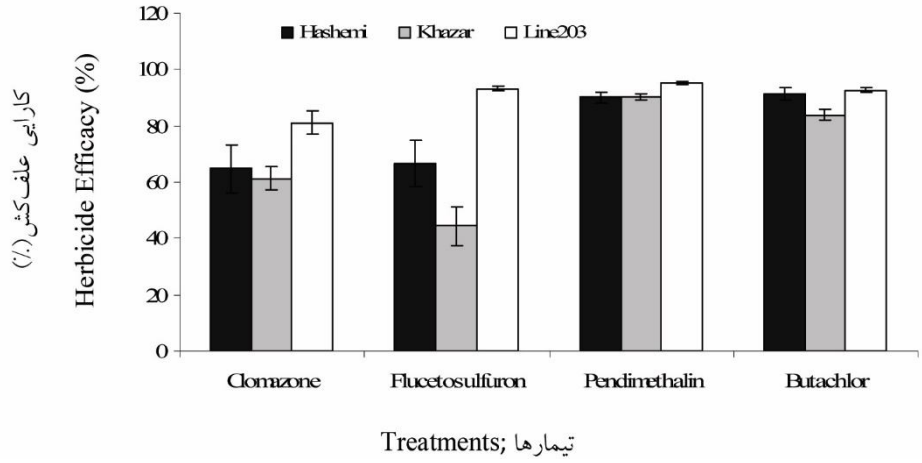


شکل ۱- زیست‌توده سوروف در ژنوتیپ‌های برنج تحت‌تأثیر نوع علف‌کش.

Fig. 1. Barnyardgrass dry weight in rice genotypes as affected by different herbicides.

قابلیت رقابت با علف‌های هرز[1] (WC)، از دو جزء توانایی بازدارندگی از رشد علف‌هرز[2] (WSA) و تحمل علف‌هرز[3] (WT) یا توانایی تولید علی‌رغم رقابت با علف‌های هرز تشکیل شده است. WSA با رویش توامان علف‌هرز با گیاه زراعی و اندازه‌گیری زیست‌توده یا بذر علف‌هرز اندازه‌گیری می‌شود. WT فقط با مقایسه عملکرد دانه ارقام با پتانسیل عملکرد و WSA مشابه قابل اندازه‌گیری است (۱٤ و ۱۷). توانایی رقابتی ارقام به خصوصیاتی مانند سرعت رشد اولیه، ارتفاع گیاه، توانایی پنجه‌زنی، شاخص سطح برگ، سطح ویژه برگ و زیست‌توده اندام‌های هوایی و ریشه بستگی دارد (۲۱). به‌نظر می‌رسد که توانایی رقابتی کم‌تر رقم هاشمی و به ویژه خزر در مقایسه با لاین ۲۰۳ سبب شد که کارایی علف‌کش کلومازون و فلوستوسولفورون در کنترل سوروف در ارقام هاشمی و خزر کاهش یابد. با توجه به محدودیت در کاربرد بوتاکلر در اکثر کشورهای برنج‌خیز دنیا (۲۷) و قرار داشتن این علف‌کش در فهرست انتظار حذف، مطابق نتایج این پژوهش پندیمتالین را می‌توان به‌عنوان یک جایگزین بوتاکلر جهت کنترل سوروف در مزارع برنج کشور معرفی نمود. کارایی پندیمتالین در کنترل علف‌های هرز یکساله برنج از جمله سوروف تا ۹۹ درصد گزارش شده است (۸). این علف‌کش در کشت مستقیم برنج قابلیت کاربرد قبل از کشت و اختلاط با خاک، تا پس از رویش علف‌های هرز را دارد.

1- Weed competitiveness
2- Weed-suppressive ability (WSA)
3- Weed tolerance (WT)



شکل ۲- کارایی علف‌کش‌های مورد بررسی در کنترل سوروف در ژنوتیپ‌های مختلف برنج.

Fig. 2. Efficacy of studied herbicides for barnyardgrass control in different rice genotypes.

گیاه‌سوزی برنج: میزان گیاه‌سوزی برنج در تیمار با علف‌کش‌های مختلف متفاوت بود. علف‌کش‌های جدید پندیمتالین و فلوستوسولفورون همانند بوتاکلر دارای سازگاری خوبی با همه ارقام برنج مورد بررسی بودند و گیاه‌سوزی ناچیزی (کم‌تر از ۵ درصد) در برنج در دو و چهار هفته پس از نشاکاری را موجب شدند. تحمل برنج به علف‌کش بوتاکلر و پندیمتالین در بررسی‌های دیگران نیز گزارش شده است (٤ و ۱۰). گیاه‌سوزی برنج در تیمار با کلومازون و در رقم خزر (۲۷ درصد) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از میزان آن در رقم هاشمی (۱۹ درصد) و لاین ۲۰۳ (۹ درصد) در دو هفته پس از نشاکاری بود. گیاه‌سوزی همه ژنوتیپ‌های برنج در تیمار با کلومازون به ۵ تا ۷ درصد در چهار هفته پس از نشاکاری رسید. پژوهشگران گیاه‌سوزی نه رقم برنج در ١٤ روز پس از کاربرد کلومازون را بین ۲۷ تا ۵۱ درصد و کاهش تدریجی آن با گذشت زمان را گزارش کردند (٤٠). این پژوهشگران گزارش کردند که گیاه‌سوزی ناشی از کاربرد کلومازون فقط در یک رقم منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد دانه گردید. در مقابل، تفاوتی در میزان گیاه‌سوزی برنج ناشی از کاربرد کلومازون در ارقام برزیلی مشاهده نگردید (۲۹). کلروز و دیگر علائم اختلالات رشدی ناشی از این علف‌کش شامل توقف رشد، کاهش استقرار و تأخیر در بلوغ ناشی از کلومازون بسته به نوع خاک، دز و محیط متغیر گزارش شده است و معمولاً این علف‌کش در خاک‌های رسی نسبت به خاک‌های لومی دارای گیاه‌سوزی کم‌تری بود (۹). گیاه‌سوزی کلومازون در خاک رسی ۸ تا ۱۸ درصد در هفت روز پس از کاربرد بود (۹).

ارتفاع برنج ۳۰ روز پس از نشاکاری: ارتفاع برنج فقط تحت‌تأثیر نوع علف‌کش قرار گرفت ($P\leq$۰/۰۱). حداکثر ارتفاع در کرت‌های وجین‌دستی (۵۲/۸ سانتی‌متر) و کرت‌های تیمار شده با علف‌کش بوتاکلر (۵۱/۸ سانتی‌متر) و حداقل آن در کرت‌های تیمار شده با علف‌کش کلومازون (٤۲/۲ سانتی‌متر) مشاهده شد که از لحاظ آماری فاقد اختلاف معنی‌داری با کرت شاهد علف‌هرز (٤۵/۲ سانتی‌متر) بود (جدول ۲). کاهش ارتفاع برنج در ۳۰ روز پس از نشاکاری در کرت‌های تیمار شده با کلومازون می‌تواند به گیاه‌سوزی قابل‌توجه بوته‌های برنج در اثر مصرف این علف‌کش نسبت داده شود. نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (٤٠).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ و نوع علف‌کش بر صفات اندازه‌گیری‌شده.

Table 1. Mean comparison for the effect of genotype and herbicide type on measured traits.

صفات Traits / عامل Factors	ارتفاع برنج در ۳۰ روز پس از نشاکاری Height at 30 days after transplanting (cm)	وزن خشک اندام هوایی در ۳۰ روز پس از نشاکاری Shoot dry weight at 30 days after transplanting (g m^{-2})	زیست‌توده برنج Rice biomass (kg ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)
ژنوتیپ Genotype				
لاین ۲۰۳ Line203	47.2 ^{a}	15.4^{a}	9317.2^{a}	53.2^{a}
هاشمی Hashemi	46.9 ^{a}	8.4 ^{b}	6458.2^{b}	46.3^{b}
خزر Khazar	48.4 ^{a}	7.5^{b}	5617.8^{c}	45.0^{b}
LSD (0.05)	2.2	1.4	686.8	3.8
نوع علف‌کش Herbicide Type				
بوتاکلر Butachlor	51.8^{a}	13.8 ^{a}	8762.0^{ab}	50.6^{a}
پندیمتالین Pendimethalin	46.3^{b}	10.6 ^{b}	9125.6^{a}	48.7^{ab}
کلومازون Clomazone	42.2^{c}	8.4^{c}	7392.2^{c}	53.7^{a}
فلوستوسولفورون Flucetosulfuron	45.8^{b}	9.7^{bc}	8108.9^{bc}	44.2 ^{bc}
کنترل علف‌هرز Weed- free	52.8^{a}	14.6^{a}	7978.9^{bc}	49.2^{ab}
عدم کنترل علف‌هرز Weedy	45.2^{bc}	5.5 ^{d}	1418.7^{d}	42.5^{c}
LSD (0.05)	3.2	1.9	971.3	5.4

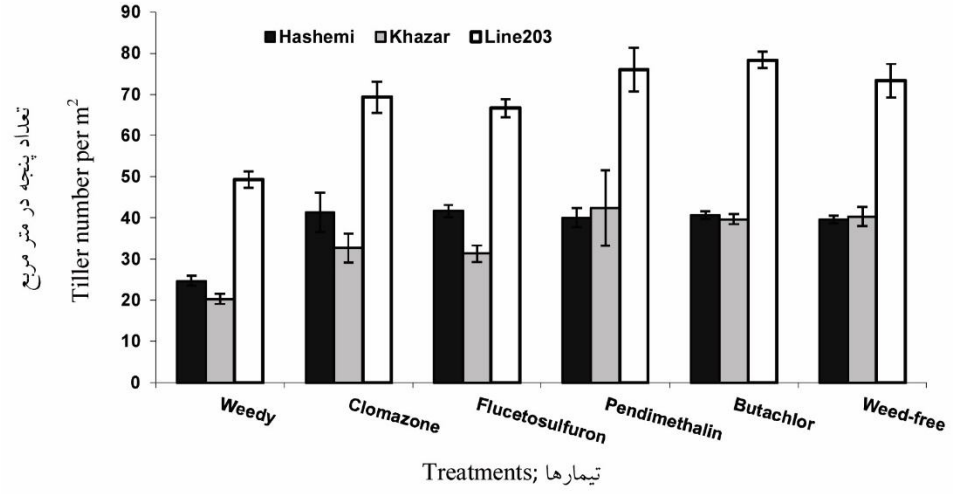
میانگین‌های دارای حروف مشابه در تیمارهای یکسان (ژنوتیپ یا نوع علف‌کش) از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری (LSD≤۰/۰۵) با یکدیگر ندارند.

Means in a column within the same treatment (genotype or herbicide type) followed by the same letter do not significantly differ at the 5% level according to LSD test.

سوروف توانایی بالایی در جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن دارد و در رقابت با برنج سبب کاهش فراهمی عناصر غذایی و به‌ویژه نیتروژن شده و در نهایت کاهش ارتفاع برنج در تیمار شاهد آلوده به سوروف را موجب شد (۵). در بررسی دیگری حداکثر اختلاف ارتفاع یک رقم برنج در تیمار با علف‌کش‌های پندیمتالین، بوتاکلر، اگزادیازون، بیس‌پایریباک‌سدیم و آزیم‌سولفورون حدود چهار درصد گزارش گردید (۳۳).

پنجه برنج در ۳۰ روز پس از نشاکاری: اثر نوع علف‌کش و ژنوتیپ برنج و برهمکنش بین آن‌ها بر تعداد پنجه معنی‌دار بود (P≤۰/۰۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که لاین ۲۰۳ در همه تیمارهای مورد بررسی دارای پنجه بیش‌تری (حدود دو برابر) نسبت به ارقام خزر و هاشمی بود (شکل ۳). به گزارش دیگر پژوهشگران بدون توجه به ارتفاع ارقام، تولید پنجه بیش‌تر منجر به افزایش توانایی رقابتی ارقام برنج در تداخل با علف‌های هرز می‌شود (۱۳). هم‌چنین نتایج نشان داد که در رقم خزر در شرایط عدم وجین پنجه به‌طور معنی‌داری کم‌تر از همه تیمارهای کنترل شیمیایی و وجین‌دستی بود و در عین‌حال اختلاف معنی‌داری در میان همه تیمارهای کنترل شیمیایی و وجین‌دستی مشاهده نشد. حداکثر تعداد پنجه در رقم خزر در کرت‌های تیمار شده با پندیمتالین و حداقل آن در کرت شاهد علف‌های هرز به‌دست آمد. در لاین ۲۰۳، حداکثر تعداد پنجه در

کرت‌های تیمار شده با بوتاکلر، پندیمتالین و تیمار وجین‌دستی حاصل شد و عدم کنترل علف‌های هرز منجر به کاهش معنی‌دار تعداد پنجه گردید (شکل ۳). در بررسی‌های قبلی نیز کاهش پنجه برنج در صورت رقابت با علف‌های هرز در کشت نشایی برنج نیز گزارش شده است (٤). به‌نظر می‌رسد که سوروف به‌عنوان یک علف‌هرز چهار کربنه با قدرت جذب بالای عناصر غذایی، با ارقام برنج بر سر نیتروژن و نور در تیمار شاهد علف‌هرز و نیز در تیمارهای علف‌کشی که کارایی مطلوبی در کنترل سوروف نداشتند، رقابت نموده و منجر به کاهش معنی‌دار تعداد پنجه گردید.

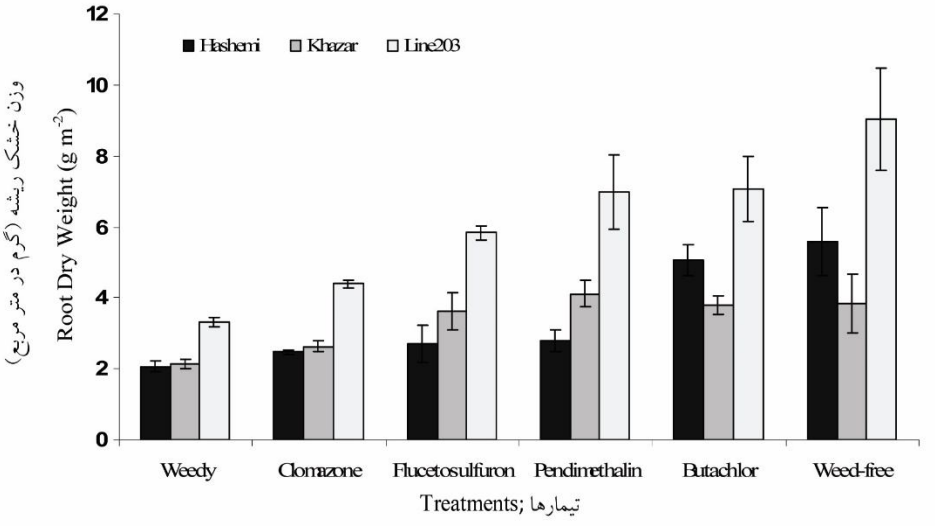


شکل ۳- اثر نوع علف‌کش بر تعداد پنجه در مترمربع در ژنوتیپ‌های برنج در ۳۰ روز پس از نشاکاری.

Fig. 3. Effect of herbicide on tiller number per m^2 of rice genotypes at 30 days after transplanting.

وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی در ۳۰ روز پس از نشاکاری: اثرات اصلی نوع علف‌کش و ژنوتیپ برنج بر وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی معنی‌دار بود، درحالی‌که برهمکنش بین آن‌ها فقط بر وزن خشک ریشه معنی‌دار شد ($P\leq$۰/۰۱). در ضمن، نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی تحت‌تأثیر معنی‌دار عامل‌ها و برهم‌کنش بین آن‌ها قرار نگرفت. حداکثر وزن خشک ریشه در رقم هاشمی در کرت‌های وجین‌دستی و کرت‌های تیمار شده با علف‌کش بوتاکلر ثبت شد و وزن خشک ریشه در کرت‌های تیمار شده با پندیمتالین، فلوستوسولفورون و کلومازون به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ٤). در رقم خزر، وزن خشک ریشه در کرت‌های تیمار شده با علف‌کش پندیمتالین بیش‌ترین بود که از لحاظ آماری فاقد تفاوت معنی‌دار با مقدار آن در کرت وجین‌دستی و کرت‌های تیمار شده با علف‌کش‌های بوتاکلر و فلوستوسولفورون بود. علف‌کش کلومازون کاهش معنی‌دار وزن خشک ریشه در رقم خزر را موجب شد (شکل ٤). حداکثر وزن خشک ریشه در لاین ۲۰۳ در کرت وجین‌دستی مشاهده شد که از لحاظ آماری فاقد تفاوت معنی‌داری با مقدار آن در کرت‌های تیمار شده با علف‌کش‌های بوتاکلر و پندیمتالین بود، درحالی‌که دیگر علف‌کش‌ها کاهش معنی‌دار وزن خشک ریشه را موجب شدند (شکل ٤). حداکثر وزن خشک اندام هوایی در کرت‌های وجین‌دستی (١٤/٦ گرم بر مترمربع) و کرت‌های تیمار

شده با علف‌کش بوتاکلر (۱۳/۸ گرم بر مترمربع) مشاهده شد. وزن خشک اندام‌های هوایی در کرت‌های تیمار شده با علف‌کش‌های پندیمتالین (۱۰/٦ گرم بر مترمربع)، فلوستوسولفورون (۹/۷ گرم بر مترمربع) و کلومازون (۸/٤ گرم بر مترمربع) در رده‌های آماری بعدی قرار گرفتند (جدول ۲).



شکل ٤- اثر نوع علف‌کش بر وزن خشک ریشه در ژنوتیپ‌های برنج.

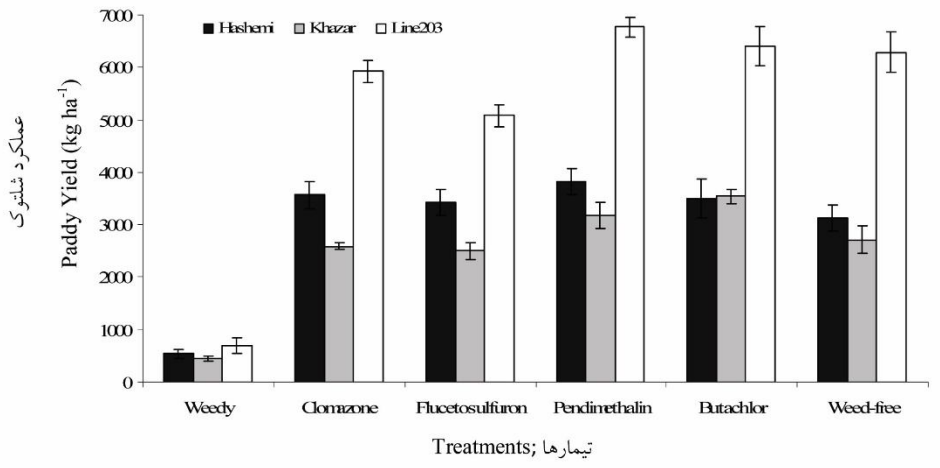
Fig. 4. Effect of herbicides on root dry weight of different ice genotypes.

حداقل وزن خشک اندام‌های هوایی در کرت‌های عدم وجین دستی (۵/۵ گرم بر مترمربع) مشاهده شد. وزن خشک اندام هوایی در لاین ۲۰۳ (۱۵/٤ گرم بر مترمربع) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از مقدار آن در رقم هاشمی (۸/٤ گرم بر مترمربع) و خزر (۷/۵ گرم بر مترمربع) بود (جدول ۲). گزارش شده است که وزن خشک اندام‌های هوایی در مرحله پنجه‌زنی و یا زودتر از آن شاخص خوبی برای توانایی رقابتی ارقام برنج در برابر علف‌های هرز است و می‌تواند به عنوان یک معیار مناسب جهت انتخاب ارقام با توانایی رقابتی بالا در نظر گرفته شود (۱۹، ۲۰ و ۲۵).

عملکرد شلتوک: معنی‌دار بودن برهم‌کنش بین ژنوتیپ برنج و نوع علف‌کش برای عملکرد شلتوک ($P\leq$۰/۰۱) بیانگر واکنش متفاوت عملکرد ژنوتیپ‌های برنج به علف‌کش‌های مورد بررسی است. در رقم هاشمی، عملکرد شلتوک در همه تیمارهای علف‌کشی و وجین‌دستی از لحاظ آماری مشابه بود. در رقم خزر، حداکثر عملکرد شلتوک در تیمار علف‌کشی بوتاکلر مشاهده شد که از لحاظ آماری فاقد اختلاف معنی‌داری با تیمار علف‌کشی پندیمتالین و وجین‌دستی بود، درحالی‌که عملکرد شلتوک رقم خزر در سایر تیمارهای علف‌کشی به‌طور معنی‌داری کم‌تر بود. بیش‌ترین عملکرد شلتوک لاین ۲۰۳ در تیمار پندیمتالین ثبت شد که از لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌داری با عملکرد شلتوک تیمار بوتاکلر و شاهد وجین‌دستی نبود (شکل ۵).

عملکرد شلتوک در لاین ۲۰۳ در کرت‌های تیمار شده با علف‌کش‌های کلومازون و فلوستوسولفورون به‌طور معنی‌داری کم‌تر از کرت‌های تیمار شده با علف‌کش پندیمتالین بود. گزارش شده است که مصرف فلوستوسولفورون به‌میزان ۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار منجر به کنترل مطلوب علف‌های هرز و در

نتیجه دست‌یابی به حداکثر عملکرد شلتوک (٤/٤٥ تن در هکتار) و کاه و کلش (٥/٧٦ تن در هکتار) در کشت نشایی گردید (۷). هم‌چنین مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد دانه تمامی ژنوتیپ‌های برنج در کرت وجین‌دستی همواره مشابه یا کم‌تر از تیمارهای علف‌کشی بوتاکلر و پندیمتالین بود (شکل ۵). کاهش معنی‌دار عملکرد شلتوک در تیمار وجین‌دستی در مقایسه با تیمارهای علف‌کشی مناسب قبلاً نیز توسط پژوهشگران گزارش شده است (٤). برخی از پژوهشگران بیان نمودند که وجین‌دستی زمانی انجام می‌شود که علف‌های هرز به اندازه کافی رشد کرده باشند تا بیرون کشیدن آن‌ها از خاک با دست میسّر گردد. در نتیجه، رقابت بین برنج و علف‌های هرز قبل از انجام وجین نیز می‌تواند منجر به کاهش عملکرد گردد (۱۱). هم‌چنین به‌نظر می‌رسد که تنش وارده به بوته‌های برنج ناشی از حرکت کارگران در مزارع برنج در جریان وجین‌دستی علف‌های هرز (دو تا سه بار) می‌تواند در کاهش عملکرد شلتوک در تیمار شاهد وجین‌دستی نسبت به برخی تیمارهای کنترل شیمیایی مؤثر باشد. رقابت تمام فصل و عدم کنترل علف‌های هرز منجر به کاهش شدید عملکرد در همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این پژوهش گردید و میزان کاهش عملکرد شلتوک در ارقام هاشمی، خزر و لاین ۲۰۳ به‌ترتیب برابر با ۸۲، ۸۳ و ۸۹ درصد در مقایسه با تیمار شاهد وجین‌دستی بود. لاین جدید ۲۰۳ دارای ارتفاع کم‌تر و طول دوره رشد طولانی‌تری نسبت به دیگر ارقام مورد بررسی بود و دلیل کاهش بیش‌تر عملکرد دانه در این لاین جدید علی‌رغم پنجه‌زنی و زیست‌توده بیش‌تر و اثرات بازدارندگی بیش‌تر برروی سوروف را می‌توان به‌طول دوره رقابت طولانی تداخل با سوروف و ارتفاع کم‌تر آن نسبت داد. به گزارش ساواری و همکاران (۲۰۰۰) علف‌های هرز دارای ارتفاع بیش‌تر، به‌ویژه در اواخر فصل و مرحله‌ی زایشی به‌شدت کاهش عملکرد شلتوک را موجب می‌شوند (۳۰). هم‌چنین، این آمار نشان‌دهنده آلودگی شدید مزرعه آزمایشی به علف‌های هرز و در نتیجه خسارت شدید علف‌های هرز به عملکرد برنج در صورت عدم کنترل می‌باشد. کاهش عملکرد شلتوک برنج در رقابت با علف‌های هرز توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (۱۲). این امر نتیجه تسهیم منابع (نور، مواد غذایی، آب و فضا) بین گیاه زراعی و علف‌های هرز می‌باشد (۲۰ و ۲۱).



شکل ۵- عملکرد ژنوتیپ‌های برنج در کرت‌های کنترل شیمیایی، وجین و عدم وجین علف‌های هرز.

Fig. 5. Paddy yield of rice genotypes in plots treated with herbicides, weedy and weed-free plots.

در مزارع کشاورزان، عملکرد برنج در کاربرد انفرادی پندیمتالین ۵/۳ تا ۵/٦ تن در هکتار و در کاربرد پندیمتالین و علف‌کش‌های پس‌رویشی بیس‌پایریباک و یا اختلاط آن با فنوکساپروپ و اتوکسی‌سولفورون از ٦/۲ تا ۷/۷ در هکتار متغیر بود (۸). مصرف تناوبی پندیمتالین با علف‌کش‌های بیس‌پایریباک‌سدیم و آزیم‌سولفورون در مقایسه با علف‌کش‌های بوتاکلر و اگزادیازون دارای کارایی بهتر در کنترل علف‌های هرز و عملکرد اقتصادی بیش‌تری بود (۳۳).

زیست‌توده برنج و شاخص برداشت: اثرات اصلی ژنوتیپ و نوع علف‌کش بر زیست‌توده برنج و شاخص برداشت معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۰۱). حداکثر زیست‌توده برنج در کرت‌های تیمار شده با علف‌کش پندیمتالین (۹۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) و علف‌کش رایج بوتاکلر (۸۷٦۲ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (جدول ۲). زیست‌توده برنج در کرت‌های تیمار شده با علف‌کش‌های جدید کلومازون و فلوستوسولفورن در مقایسه با تیمار پندیمتالین به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد، اگرچه از لحاظ آماری بین این تیمارها و تیمار وجین‌دستی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). هم‌چنین نتایج نشان داد که عدم کنترل علف‌های هرز منجر به کاهش شدید زیست‌توده برنج به‌ترتیب به میزان ۸۲ ۸۳ و ۸٤ درصد در مقایسه با تیمار وجین دستی گردید (جدول ۲).

حداکثر شاخص برداشت در کرت‌های تیمار شده با پندیمتالین، بوتاکلر و کلومازون مشاهده شد. عدم کنترل سوروف منجر به کاهش معنی‌دار شاخص برداشت گردید. هم‌چنین شاخص برداشت لاین ۲۰۳ به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از ارقام خزر و هاشمی بود. با توجه به فرمول شاخص برداشت، نسبت عملکرد دانه به زیست‌توده برنج، به‌نظر می‌رسد که رقابت شدید بین علف‌های هرز و برنج در صورت عدم وجین آن‌ها اثر سوء بیش‌تری بر عملکرد دانه نسبت به تجمع زیست‌توده برنج دارد و در نتیجه این امر منجر به کاهش شاخص برداشت در شرایط رقابت گردید (٤).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که توانایی ارقام هاشمی، خزر و لاین ۲۰۳ در کاهش زیست‌توده سوروف متفاوت بود، به‌طوری‌که میزان زیست‌توده سوروف در لاین ۲۰۳ (۲۱۲/۷ گرم بر مترمربع) به‌طور معنی‌داری کم‌تر از مقدار آن در رقم هاشمی (۲٤٦ گرم بر مترمربع) و رقم خزر (۳۳٤ گرم بر مترمربع) بود. مطابق نتایج این پژوهش، لحاظ نمودن ویژگی‌های رقابتی در معرفی ارقام جدید می‌تواند در کاهش مصرف علف‌کش‌ها و سهولت مدیریت علف‌های هرز مؤثر باشد. هم‌چنین با توجه به کارایی مطلوب علف‌کش پندیمتالین در کنترل علف‌هرز سوروف، سازگاری مناسب ژنوتیپ‌های برنج به علف‌کش مذکور و هم‌چنین عملکرد بالای کلیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تیمار علف‌کشی، پندیمتالین می‌تواند جایگزین مناسبی برای علف‌کش بوتاکلر جهت کنترل سوروف در مزارع برنج در نظر گرفته شود.

منابع

1. Abbas, T., Nadeem, M.A., Tanveer, A., Ali, H.H. and Matloob, A. 2017. Evaluation and management ACCase inhibitor resistant littleseed canary grass (*Phalaris minor*) in Pakistan. Arch. Agron. Soil Sci. 11: 1613-1622.
2. Ahmed, S. and Chauhan, B.S. 2015. Efficacy and phytotoxicity of different rates of oxadiargyl andpendimethalin in dry-seeded rice (*Oryza sativa* L.) in Bangladesh. Crop Prot. 72: 169-174.
3. Aminpanah, H. 2011. Response of more and less competitive rice cultivars to different densities of barnyardgrass. Electron. J. Crop Prod. 4: 4. 67-84. (In Persian)
4. Aminpanah, H. and Yaghoubi, B. 2018. Efficacy of some herbicide for bulrush (*Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla control in paddy fields of Northern Iran. J. Plant Prot. 32: 2. 245-255. (In Persian)
5. Ampong-Nyarko, K. and De Detta, S.K. 1991. A handbook for weed control in rice. International Rice Research Institute, Philippines, 113p.
6. Andres, A., Concenço, G., Theisen, G., Vidotto F. and Ferrero, A. 2013. Selectivity and weed control efficacy of pre- and post-emergence applications of clomazone in Southern Brazil. Crop Prot. 53: 103-108.
7. Bhimal, J.P. and Pandey, P.C. 2014. Bio-efficacy of new herbicide molecules for broad spectrum weed control in transplanted rice (*Oryza sativa* L.). The Bioscan. 9: 4. 1549-1551.
8. Bhullar, M.S., Kumar, S., Kaur, S., Tarundeep, K., Singh, J., Yadav, R., Chauhan, B.S. and Gill, G. 2016. Management of complex weed flora in dry-seeded rice. Crop Prot. 83: 20-26.
9. Bollich, P.K., Jordan, D.L., Walker, D.M. and Burns A.B. 2000. Rice (*Oryza sativa*) response to the microencapsulated formulation of clomazone. Weed Technol. 14: 89-93.
10. Bond, J.A., Walker, T.W. and Koger, C.H. 2009. Pendimethalin applications in stale seedbed rice production. Weed Technol. 23: 167-170.
11. Chauhan, B.S. 2012. Weed management in direct-seeded rice systems. International Rice Research Institute, 25p.
12. Dass, A., Shekhawat, K., Choudhary, Anil K., Sepat, S., Rathore, S.S., Mahajan, G. and Chauhan, B.S., 2017. Weed management in rice using crop-competition. Crop Prot. 95: 45-52.
13. Estorninos, L.E., Gealy, D.R. and Talbert, R.E. 2002. Growth response of rice (*Oryza sativa*) and red rice (*O. sativa*) in a replacement series study. Weed Technol. 16: 401-406.
14. Gibson, K.D. and Fischer, A.J. 2004. Competitiveness of rice cultivars as a tool for crop-based weed management. In: Weed Biology and Management (ed. Inderjit), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 517-537.
15. Hassan, G., Tanveer, S., Khan, N.U. and Munir, M. 2010. Integrating cultivars with reduced herbicide rates for weed management in maize. Pak. J. Bot. 42: 1923-1929.
16. Heap, I. 2017. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. [Cited 20 June 2017.] Available from URL: http://www.weedscience.org/in.asp.
17. Jannink, J.L., Orf, J.H., Jordan, N.R. and Shaw R.G. 2000. Index selection for weed suppressive ability in soybean. Crop Sci. 40: 1087-1094.
18. Javaid, M.M., Tanveer, A., Ali, H.H., Shahid, M.A., Balal, R.M. and Aqeel, M.A. 2016. Wheat yield loss in a two species competition with *Emex australis* and *Emex spinosa*. Planta Daninha. 34: 35-46.
19. Jordan, D.L. and Kendig, J.A. 1998. Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control with postemergence application of propanil and clomazone in dry-seeded rice (*Oryza sativa*). Weed Technol. 12: 537-541.
20. Kaya-Altop, E. and Mennan, H. 2011. Genetic and morphologic diversity of *Echinochloa crus-galli* populations from different origins. Phytoparasitica. 39: 93-102.

21. Kaya-Altop, E., Şahin, M., Jabran K., Phillippo C.J., Zandstra B.H. and Mennana H. 2019. Effect of different water management strategies on competitive ability of semi-dwarf rice cultivars with *Echinochloa oryzoides*. Crop Prot. 116: 33-42.
22. Khaliq, A., Matloob, A., Ihsan, M.Z., Abbas, R.N., Aslam, Z. and Rasul, F. 2013. Supplementing herbicides with manual weeding improves weed control efficiency, growth and yield of dry seeded rice. Int. J. Agric. Biol. 15: 191-199.
23. Kim, D.S., Koo, S.J., Lee, J.N., Hwang, K.H., Kim, T.Y., Kang, K.G., Hwang, K.S., Joe, G.H., Cho, J.H. and Kim, D. 2003. Flucetosulfuron: a new sulfonylurea herbicide. Proc. Intl. Congr., Crop Science & Technology, BCPC, Farnham, Surrey, UK, pp. 87-92.
24. Lesnik, M. 2003. The impact of maize stands density on herbicide efficiency. Plant Soil Environ. 49: 1. 29-35.
25. Mennan, H., Ngouajio, M., Sahin, M., Isık, D. and Kaya-Altop, E. 2012. Competitiveness of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars against *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. in water seeded production systems. Crop Prot. 41: 1-9.
26. Mohammad Sharifi, M. 2000. Practical handbook of paddy weeds and herbicide management in Iran: Ministry of Agriculture, 114p. (In Persian)
27. Naylor, R. 1996. Herbicides in Asian rice transitions in weed management: Stanford University. 270p.
28. O'Barr, J.H., McCauley, G.N., Bovey, R.W., Senseman, S.A. and Chandler, J.M. 2007. Rice response to clomazone as influenced by application rate, soil type, and planting date. Weed Technol. 21: 199-205.
29. Sanchotene, D.M., Kruse, N.D., Avila, L.A., Machado, S.L.O., Nicolodi, G.A. and Dornelles, S.H.B. 2010. Efeito do protetor dietholate na seletividade de clomazone em cultivares de arroz irrigado. Planta Daninha. 28: 339-346.
30. Savary, S., Willocquet, L., Elazegui, F.A., Castilla, N.P. and Teng, P.S. 2000. Rice pest constraints in tropical Asia: Quantification of yield losses due to rice pests in a range of production situations. Plant Dis. 84: 3. 357-369.
31. Scherder, E.F., Talbert, R.E. and Clarck, S.D. 2004. Rice (*Oryza sativa*) cultivar tolerance to clomazone. Weed Technol. 18: 140-144.
32. Schreiber, F., Avila L., Scherner A., Gehrke V. and Agostinetto D. 2015. Volatility of different formulations of clomazone herbicide, Planta Daninha 33: 315-321.
33. Singh, V., Jat, M.L., Ganie, Z.A., Chauhan, B.S. and Gupta, R.K. 2016. Herbicide options for effective weed management in dry direct-seeded rice under scented rice-wheat rotation of Western Indo-Gangetic Plains. Crop Prot. 81: 168-176.
34. Sorooshzadeh, A., Aminpanah, H., Zand, E., Momeni, A. and Mohadesi, A. 2010. Comparison between rice (*Oryza sativa* L.) cultivars for competitiveness against barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv). Agron. J. 86: 51-57. (In Persian)
35. Valverde, B. 2001. Modified herbicide regimes for propanil-resistant jungle rice control in rain-fed rice. Weed Sci. 49: 395-405.
36. Yaghoubi, B. 2019. Study some aspect of biology, ecology, response to herbicides and seed engineering properties of invasive [*Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch] and common (*Echinochloa crus-galli* L.) barnyardgrass. Final report. Agriculture Research, Education and Extension Organization, Rice Research Institute of Iran. 36p. (In Persian)
37. 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. 3rd Iranian weed sci. congress. Babolsar, Mazandaran, Iran. pp. 2-11. (In Persian)
38. Yaghoubi, B., Alizadeh, H., Rahimian, H., Baghestani, M.A. and Davatgar, N. 2011. Comparison of some herbicides on causing the dwarfness on rice. Iran. J. Weed Sci. 2: 6. 23-40. (In Persian)

39. Zand, E. and Beckie, H. 2002. Competitive ability of hybrid and open pollination canola (*Brassica napus* L.) with wild oat (*Avena fatua* L.). Can. J. Plant Sci. 82: 473-480.

40. Zhang, W., Webster, E.P., Blouin, D.C. and Linscombe, S.D. 2004. Differential tolerance of rice (*Oryza sativa*) varieties to clomazone. Weed Technol. 18: 73-76.