Iranian Journal of Weed Science
Vol 18, No 2, 2022 (75-89)
DOI: 10.22034/ijws.2022.359026.1413

مجله دانش علف‌های‌هرز
دورهٔ ۱۸، شمارهٔ ۲، ۱۴۰۱ (ص ۸۹-۷۵)

Investigating some eco-physiological aspects and chemical management of invasive weed *Butomus umbellatus* in paddy fields

Samereh Pouresmail[1], Elmira Mohammadvand[2], Bijan Yaghoubi*[3], Jafar Asghari[4]
1,2,4. Department of Agronomy and Plant Breeding, Guilan University, Rasht, Iran. 3. Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rasht, Iran
(Received: June 14, 2022 - Accepted: August 24, 2022)

ABSTRACT
Butomus is an aquatic weed belonging to the butomaceae family, which has invaded the paddy field ecosystem in recent years. This study was carried out in order to investigate some eco-physiological aspects and chemical management of butomus in paddy field. In the field studies; the emergence time, height, tillering, flowering, and life cycle of butomus in the paddy field ecosystem and the germination rate of bulblets in the laboratory and the effectiveness of pre-emergence and post-emergence soil-applied herbicides in pot experiments, and also foliar-applied herbicides were investigated. The results revealed that waterlogged lands are the main habitat of butomus, and the bulblets are the main reproductive organs of this weed. While puddling, about 100% bulblets are separated from the rhizomes which floated on the water and dispersed. Both rhizomes and bulblets of butomus were submergence tolerant and germinated from 15 cm or more of submergence. Flowering of butomus preceded about one week the initiation of rice panicle. Each plant produced dozens of flowering tillers taller than rice stalk, hundreds of spindle-shaped bulblets up to 25 mm long, with more than 95% emergence rate. In pre-emergence application, soil-applied herbicides including clomazone+pendimethalin, oxadiargyl, pretilachlor, pendimethalin, and thiobencarb, controlled butomus less than 65% and sulfonylureas herbicides; pyrazosulfuron, metazosulfuron, flucetosulfuron, and bensulfuron methyl provided more than 85% control of butomus. The effectiveness of sulfonylureas in the post-emergence application was around 10% lower compared with pre-emergence application. Foliar applied herbicides; penoxsulam and propanil controlled butomus 62% and 70% and its control by bispyribac sodium, penoxsulam+cyhalofop-butyl, bentazon+MCPA, and pyribenzoxim were 80, 86, 89, and 99%, respectively. Therefore, it is recommended to apply a soil-applied sulfonylurea or a foliar-applied herbicide in the paddy fields infested with butomus in addition to the specific herbicide for barnyardgrass control.
Keywords: Aquatic weed, dormancy, invasive species, rice.

بررسی برخی جنبه‌های اکوفیزیولوژیک و کنترل شیمیایی علف هرز مهاجم هزارنی (*Butomus umbellatus*) در شالیزار

سامره پوراسماعیل[۱]، المیرا محمدوند[۲]، بیژن یعقوبی*[۳]، جعفر اصغری[۴]
۱و۲و۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه گیلان، ۳- دانشیار پژوهشی موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۲۴ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۲)

چکیده
هزارنی از علف‌های هرز آبزی خانواده Butomaceae است که در سال‌های اخیر وارد اکوسیستم شالیزار شده است. این مطالعه به‌منظور بررسی برخی جنبه‌های اکوفیزیولوژیک و مدیریت شیمیایی هزارنی اجرا شد. در بررسی‌های میدانی، زمان رویش، ارتفاع، پنجه، گلدهی و چرخه زندگی این علف هرز در اکوسیستم شالیزار و در آزمایشگاه، میزان جوانه‌زنی سوخک‌ها و در آزمایش‌های گلدانی، کارایی علف‌کش‌های خاک‌پاش پیش‌رویشی و پس‌رویشی و نیز علف‌کش‌های برگ‌پاش در کنترل هزارنی بررسی شد. نتایج نشان داد که اراضی باتلاقی، زیستگاه این علف هرز هستند و سوخک اندام اصلی تکثیرشونده هزارنی است. حدود ۱۰۰٪ سوخک‌ها هنگام پادل خاک از ریزوم‌ها جدا شده و روی آب شناور و انتقال می‌یابند. ریزوم‌ها و سوخک‌های هزارنی متحمل به غرقاب بودند و از عمق ۱۵ سانتی‌متری یا بیشتر نیز جوانه زدند. گلدهی هزارنی حدود یک هفته قبل از ظهور خوشه برنج شروع شد. هر گیاهچه هزارنی ده‌ها ساقه گل‌دهنده بلندتر از ساقه برنج، صدها سوخک دوکی‌شکل به طول حداکثر ۲۵ میلی‌متر با بیش از ۹۵ درصد قوه نامیه تولید کرد. در کاربرد پیش‌رویشی، علف‌کش‌های خاک‌پاش کلومازون+پندی‌متالین، اکسادیارژیل، پرتیلاکلر، پندی‌متالین و تیوبنکارب کمتر از ۶۵٪، و علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره پیرازوسولفورون، متازوسولفورون، فلوستوسولفورون و بن‌سولفورون‌متیل بیشتر از ۸۵٪ هزارنی را کنترل کردند. کارایی سولفونیل‌اوره‌ها در کاربرد پس‌رویشی حدود ۱۰٪ کمتر بود. کنترل هزارنی با علف‌کش‌های برگ‌پاش پنوکسولام و پروپانیل به‌ترتیب ۶۲ و ۷۰ درصد و بیس‌پایریباک‌سدیم، پنوکسولام+سای‌هالوفوپ‌بوتیل، بنتازون+ام‌ث‌پ‌آ و پیری‌بنزوکسیم به‌ترتیب ۸۰، ۸۶، ۸۹ و ۹۹ درصد بود. بنابراین در مزارع آلوده به هزارنی، کاربرد یک سولفونیل‌اوره خاک‌پاش و یا یک علف‌کش برگ‌پاش مناسب علاوه بر سوروف‌کش اختصاصی توصیه می‌شود.
کلمات کلیدی: آبزی، برنج، خواب، علف هرز، گونه مهاجم.

* Corresponding author E-mail: b.yaghoubi@areeo.ac.ir

مقدمه

هزارنی (*Butomus umbellatus* L.) گیاهی تک‌لپه و چندساله از تیره Butomaceae است. این تیره به نام جگن‌های گل‌دهنده[1] شناخته می‌شود. هزارنی دارای سیستم ریشه‌ای افشان و گل‌های سه‌بخشی است (Stevens, 2001). این علف هرز دارای ساقه‌های ایستاده سبز است که ارتفاع آن‌ها تا دو متر نیز گزارش شده است (Lui *et al*., 2005). در برش عرضی، ساقه گرد و برگ سه‌وجهی (Jacobs *et al*., 2011) و گل‌آذین چتر پرگل (۲۰–۲۵ گل) است. گل‌ها کاملاً منظم، با عرض ۲ تا ۳ سانتی‌متر و صورتی‌رنگ و دارای ۳ کاسبرگ گلبرگ‌نما، ۳ گلبرگ، ۹ پرچم، میوه کپسول و دارای تعداد زیادی دانه می‌باشد (Gettys *et al*., 2009). این علف هرز علاوه بر تکثیر زایشی، از طریق رویشی با ریزوم و سوخک[2] نیز ازدیاد می‌یابد (Brown & Eckert, 2005; Lui *et al*., 2005).

هزارنی علف هرز اکوسیستم‌های آبی است (Lui *et al*., 2005) و در آب‌های سطحی تا عمق حدود سه متر به حالت ایستاده و در آب‌های عمیق‌تر تا حدود شش متر به حالت غوطه‌ور با برگ‌های شناور مشاهده می‌شود (Jacobs *et al*., 2011; Lui *et al*., 2005). بسته به عمق محل رویش، هزارنی ممکن است در سطح آب رویش و تولید گل کند و یا در زیر سطح آب باقی مانده و از طریق رویشی تکثیر یابد. اگر گیاه در آب‌های کم‌عمق نظیر شالیزار رشد کند، روی سطح آب را به‌صورت متقارن پوشانده و تولید گل می‌کند (Jacobs *et al*., 2011). این علف هرز عموماً در آب‌های شیرین سواحل رودخانه‌ها به‌صورت لکه‌ای یا کپه‌های کوچک یافت می‌شود (Jacobs *et al*., 2011). به‌علاوه هزارنی در دریاچه‌ها، مناطق ساحلی، آبراهه‌ها، تالاب‌ها و باتلاق‌ها نیز یافت می‌شود (Hroudova *et al*., 1996). جریان آب موجب پراکنش بذر و سوخک علف هرز می‌شود (Gunderson *et al*., 2016).

هزارنی از کشورهای هند، ژاپن، ترکیه، ایتالیا و مجارستان به‌عنوان علف هرز برنج گزارش شده است (Rao *et al*., 2007; Pinke *et al*., 2014). هزارنی یکی از گونه‌های مهاجم غالب در شمال آمریکا است (Lui *et al*., 2005). هزارنی و برخی جگن‌ها همانند اویارسلام (*Cyperus serotinus*) علف‌های هرز شاخص اراضی با عمق آب زیاد مطرح هستند (Kraehmer *et al*., 2016).

هزارنی از علف‌های هرز زیستگاه‌های آبی شمال کشور است که جمعیت آن در شالیزارهای گیلان و مازندران در سال‌های اخیر افزایش یافته است. اکنون ده‌ها هزار هکتار از شالیزارهای ۱۵ شهرستان استان گیلان به این علف هرز آلوده هستند (Golmohammadi, 2020) و کشاورزان به‌دنبال جستجوی راهکاری جهت کنترل آسان‌تر آن هستند. هزارنی دارای سرعت رشد و توسعه ارتفاع بیشتری نسبت به برنج می‌باشد. اگرچه در مزارع برنج نشایی، زمان رویش هزارنی پس از نشاکاری برنج است، امّا این علف هرز دارای سرعت توسعه و تجمع زیست‌توده بالایی است و معمولاً ارتفاع آن در پنج هفته پس از نشاکاری مشابه و بعد از آن بیشتر از برنج است و گلدهی آن نیز قبل از ظهور خوشه برنج است. این ویژگی‌ها و به‌ویژه ارتفاع بلندتر نسبت به برنج، برتری رقابتی هزارنی نسبت به گیاه زراعی را موجب می‌شود؛ درحالی‌که علف‌های هرز با ارتفاع کمتر از برنج که قادر به رقابت برای نور نیستند، اهمیت رقابتی کمتری دارند.

[1] Flowering rush

[2] . Bulblet

هزارنی در مناطق معتدله گیاهی چندساله است ولی در شرایط اقلیمی شمال ایران و در اکوسیستم شالیزار دارای دوره رشد شبیه گیاهان هرز یکساله مزارع برنج است. با زه‌کشی شالیزارها و خشک‌کردن مزارع برنج جهت برداشت، چرخه زندگی هزارنی تکمیل و اندام‌های هوایی این علف هرز خشک می‌شوند ولی اندام‌های زیرزمینی رویشی زمستان‌گذران (سوخک و ریزوم) این علف هرز در شرایط غیر غرقاب و یا فصل سرد به حالت رکود باقی می‌مانند. تنوع در شیوه‌های ازدیاد هزارنی در محیط‌های مختلف و تکثیر آن از طریق بذر، رویشی و کلونی‌زایی کنترل آن را دشوارتر می‌سازد (Lui *et al*., 2005). روش‌های مکانیکی کنترل علف‌های هرز به‌دلیل کمک به تکثیر ریزوم و پراکنش سوخک‌ها، در کنترل هزارنی ناکارآمد هستند (Gettys *et al*., 2009).

مزارع برنج شمال ایران حدود نیمی از سال جهت کشت برنج غرقاب هستند. بخشی از این مزارع به‌دلیل زه‌کشی ضعیف و بارندگی‌های مداوم، در نیمه دوم سال نیز معمولاً مرطوب یا غرقاب باقی می‌مانند. این وضعیت اقلیمی شرایط را برای تکمیل چرخه زندگی علف‌های هرز رطوبت‌پسند یا آبزی و بقای اندام‌های رویشی زمستان‌گذران آنها فراهم می‌کند. همچنین در نیم‌قرن گذشته یکپارچه‌سازی و تسطیح اراضی شالیزاری جهت مکانیزاسیون و افزایش بهره‌وری صورت گرفته است. با تسطیح مزارع به‌جای ادوات سنّتی تهیه زمین و درو محصول با دست، از ماشین‌الات سنگین مناطق خشک همانند تراکتور و کمباین جهت خاکورزی و برداشت استفاده می شود که حرکت این ماشین‌ها در اراضی مرطوب سبب فشردگی خاک و تخریب زه‌کش‌های طبیعی شده و امکان حفظ رطوبت بیشتر برای مدت طولانی‌تری طی فصل و خارج از فصل زراعی را موجب شده است. به‌علاوه در این سال‌ها مصرف گسترده علف‌کش‌های سوروف‌کش، نیچ اکولوژیک را برای حضور چندساله‌های هرز متحمل به این علف‌کش‌ها مساعدتر کرده است. مجموعه‌ی عوامل فوق، افزایش جمعیت علف‌های هرز رطوبت‌پسند و یا متحمل به غرقاب را موجب شده است (Yaghoubi *et al*., 2022). علف‌های هرز روغن‌واش (*Potamogeton nodosus* Poir.)، سل‌واش (*Monochoria vaginalis (Burm.f.) C.Presl*)، پیزور (*Bolboschoenus planiculmis* (F.Schmidt) T.V.Egorova)، تیرکمان‌آبی (*Sagittaria trifolia* L.) و هزارنی از جمله علف‌های هرزی هستند که جمعیت آن‌ها در نیم قرن اخیر در اراضی شالیزاری و به‌ویژه در اراضی باتلاقی روند افزایشی داشته است (اطلاعات منتشر نشده).

به‌دلیل تحمل هزارنی به غرقاب و نبود توصیه‌ای برای کنترل شیمیایی آن، هم‌اکنون وجین دستی روش رایج کنترل این علف هرز در شالیزارهای استان‌های گیلان و مازندران است که به‌تنهایی روشی ناکارآمد و غیر اقتصادی است. این پژوهش به‌منظور بررسی برخی خصوصیات اکوفیزیولوژیک هزارنی و مطالعه‌ی تأثیر علف‌کش‌های رایج و در دست ثبت برای برنج در کنترل این علف هرز اجرا شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر مشتمل بر چهار آزمایش بود. آزمایش‌ها در مؤسسه تحقیقات برنج کشور- رشت طی سال‌های زراعی ۱۳۹۹ و ۱٤۰۰ (بهار و تابستان) اجرا شدند. آزمایش نخست در آزمایشگاه و سه آزمایش دیگر در

شرایط گلدانی و فضای باز انجام شدند. به‌دلیل عدم آلودگی یکنواخت و با تراکم مناسب مزارع پژوهشی مؤسسه برنج به هزارنی، امکان انجام آزمایش‌ها در شرایط مزرعه‌ای میسّر نبود. باتوجه‌به اینکه سوخک‌ها اندام اصلی تکثیرشونده هزارنی هستند، این مطالعه با استفاده از سوخک‌های این علف هرز انجام شد.

جمع‌آوری نمونه–در اوایل اسفند ماه، سوخک‌های هزارنی جمع‌آوری و تا زمان اجرای آزمایش در یخچال چهار درجه سانتی‌گراد نگهدای شدند.

آماده‌سازی گلدان‌ها

آزمایش با خاک کرت‌های شالیزاری مؤسسه تحقیقات برنج انجام شد و برای این منظور، نمونه‌برداری از لایه سطحی خاک (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) در اواخر اسفند ۱۳۹۹ انجام و تجزیه خاک در آزمایشگاه بخش خاک‌شناسی انجام شد. کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) بود که شامل ۱۵۰ کیلوگرم اوره (٤٦ درصد نیتروژن)، ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم (۵۰ درصد پتاسیم) و ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل (، ٤٦ درصد فسفر) در هکتار بود. آزمایش در گلدان‌های با حجم حدود ۱۷ لیتر (ابعاد ۲۸× ۲۸ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر) اجرا شد. گلدان‌ها بدون زه‌کش بودند و آبشویی کودها در آنها منتفی بود، بنابراین تمام کودها قبل از کشت سوخک‌های هزارنی مصرف شده و با خاک مخلوط شدند. آماده‌سازی خاک مشابه شرایط شالیزار (گل‌خرابی در شرایط غرقاب) بود که پس از غرقاب‌کردن گلدان‌ها، اختلاط دستی خاک با آب (پادلینگ) انجام شده و سپس تسطیح خاک صورت گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. Physicochemical characteristics of experimental site soil.

Soil texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Organic carbon (%)	Total nitrogen (%)	Absorbable phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	Absorbable potassium ($mg.kg^{-1}$)	pH	Electrical conductivity ($ds.m^{-1}$)
SiLty	4	52	46	2.3	0.137	8.6	172	7.2	2.49

آزمایش یک-تست جوانه‌زنی و برخی ویژگی‌های بیولوژیکی و اکولوژیکی هزارنی

سوخک‌های جمع‌آوری‌شده قبل از اجرای آزمایش به مدت حداقل ٤٥ روز در یخچال با دمای حدود چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای تعیین قوه نامیه سوخک‌ها، تعداد ۵۰ عدد سوخک در پتری‌دیش به قطر نه سانتی‌متر روی کاغذ صافی مرطوب دارای آب مقطر قرار داده و جوانه‌زنی در دمای اتاق بررسی شد (شکل ۱). سوخک‌های جوانه‌زده (دارای جوانه به طول ۲ تا ۳ میلی‌متر) هر روز شمارش و حذف شدند و در صورت نیاز مقداری آب به پتری اضافه شد. شمارش تا یک هفته ادامه پیدا کرد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

به‌منظور بررسی برخی ویژگی‌های اکوفیزیولوژیکی هزارنی، در ۲۰ گلدان حدود ۱۷ لیتری و هر گلدان چهار گیاهچه‌ی هزارنی در اواخر فروردین ۱۳۹۹ نشاکاری شد. گلدان‌ها فاقد زه‌کش بودند و در شرایط طبیعی در فضای آزاد قرار داده شده و گیاهچه‌ها در شرایط غرقاب دائم مشابه شالیزار رشد کردند. این گلدان‌ها در فصل پاییز و زمستان نیز در غرقاب حدود ۱۵ سانتی‌متری نگهداری شدند. زمان رویش مجدد علف هرز در این گلدان‌ها از اواسط زمستان هر هفته پایش شد. به‌علاوه اواخر اسفند سوخک‌های علف هرز

از ۱۰ گلدان برداشت، تعداد آنها شمارش، هزار عدد آن توزین و ابعاد ۲۰ عدد سوخک اندازه‌گیری شد. همچنین در بررسی‌های میدانی و مزارع آلوده، طول دوره رویش، ارتفاع و گلدهی این علف هرز در مقایسه با برنج ثبت شد.

شکل ۱- جوانه‌دارکردن سوخک‌های هزارنی در پتری‌دیش در شرایط آزمایشگاهی.
Figure 1. Butomus bulblets germination in petri dish in laboratory conditions.

آزمایش دو- بررسی کارایی علف‌کش‌های خاک‌پاش پیش‌رویشی[1] شالیزار در کنترل هزارنی

آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار جهت مطالعه واکنش هزارنی به علف‌کش‌های انتخابی پیش‌رویشی در زراعت برنج نشایی در هفته آخر فروردین طی دو سال (۱۳۹۹ و ۱٤۰۰) انجام شد. تیمارها شامل علف‌کش‌های اکسادیارژیل، تیوبنکارب، بن‌سولفورون‌متیل، پیرازوسولفورون‌اتیل، فلوستوسولفورون، متازوسولفورون، پرتیلاکلر، پیرازوسولفورون‌اتیل+پرتیلاکلر، پندی‌متالین، پندی‌متالین+کلومازون و اتوکسی‌سولفورون+تریافامون، همراه با شاهد عدم کاربرد علف‌کش بود. در هر گلدان تعداد ۲۰ عدد سوخک در عمق ۲ تا ۳ سانتی‌متری خاک کشت شد و سپس گلدان‌ها تا ارتفاع حدود پنج سانتی‌متر غرقاب شدند. گلدان‌ها یک روز در میان ارزیابی شده و در صورت نیاز آبیاری انجام شد. زمان اعمال تیمارهای آزمایش مشابه زمان مصرف آن‌ها در مزارع کشاورزان و دو روز پس از پادل‌کردن خاک و کشت سوخک‌های هزارنی بود. تمام علف‌کش‌ها در دوز توصیه‌شده بررسی شدند که برخی اطلاعات مربوط به این علف‌کش‌ها در جدول ۲ آمده است.

[1] Pre emergence

جدول ۲- نام عمومی، فرمولاسیون، نام تجاری، سازنده و میزان مصرف علف‌کش‌های مورد استفاده در کنترل هزارنی.
Table 2. Herbicides, formulation, trade name, manufacturer and dose for butomus control.

Herbicide	Formulation	Trade name	Manufacturer	Rate g ai ha^{-1}
Triafamone + ethoxysulfuron	WG 30.6 %	Council	Bayer Crop Science	38
Flucetosulfuron	WG 10%	Zechor	LG, Korea	30
Pyrazosulfuron-ethyl	WG 10%	Sirius	UPL Mumbai, India	20
Bensulfuron-methyl	DF 60%	Londax	Golsam, Iran	36
Pretilachlor	EC 50%	Rifit	Aryashimi, Iran	875
Thiobencarb	EC 50%	Saturn	Moshkfam, Iran	2750
Metazosulfuron	WG 33%	Ginga	Nissan, Japan	82.5
Oxadiargyl	EC 3%	Topstar	Golsam, Iran	97.5
Pendimethalin	EC 33%	Proton	Golsam, Iran	1238
Pretilachlor + Pyrazosulfuron	TB 17%	Pirazchlor	Jiangsu lulilai - China	538
Clomazone + Pendimethalin	SC 43.6%	Holdon	UPL Mumbai, India	1199
Pyribenzoxim	EC 5%	Primax	Eastchem, China	35
Bispyribac sodium	SC 40%	Clean Weed	UPL Mumbai, India	40
Penoxsulam	OD 20%	Target	Eastchem, China	20
Cyhalofop butyl + Penoxsulam	OD 6%	-	Zhongshan, China	120
Bentazon + MCPA	SL 46%	Basagran-M60	BASF-Germany	1150
Propanil	EC 36%	Stam F-34	Eastchem, China	4320

WG= Water-dispersible Granules, WP= Wettable Powders, DF= Dry Flowables, EC= Emulsifiable Concentrate, TB= Tablet, SC= Suspension Concentrate, OD= Oil Dispersion, SL= soluble liquid.

آزمایش سه- بررسی کارایی علف‌کش‌های خاک‌پاش پس‌رویشی[1] شالیزار در کنترل هزارنی

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تفاوت عمده آزمایش حاضر با آزمایش دوم در زمان مصرف علف‌کش‌ها و مرحله رشدی سوخک‌های هزارنی بود. علف‌کش‌ها در آزمایش دوم دو روز پس از کاشت سوخک‌ها و قبل از جوانه‌زنی یا رویش آنها، و در آزمایش حاضر ۱۲ روز پس از کاشت سوخک‌ها و بعد از سبزشدن در مرحله یک تا دو برگی سوخک‌های هزارنی (۱۹ اردیبهشت سال ۱٤۰۰) مصرف شدند. تیمارهای مورد بررسی شامل علف‌کش‌های پیرازوسولفورون‌اتیل، فلوستوسولفورون، متازوسولفورون، پیرازوسولفورون‌اتیل+پرتیلاکلر، اتوکسی‌سولفورون+تریافامون، تیوبنکارب و شاهد عدم کاربرد علف‌کش بود. برخی اطلاعات مربوط به این علف‌کش‌ها در جدول ۲ آمده است. در زمان کاربرد علف‌کش‌ها، گلدان‌ها به عمق ۵ تا ۷ سانتی‌متر غرقاب بودند و گیاهچه‌های دو برگی هزارنی زیر آب قرار داشتند. تراکم هزارنی در گلدان حدود ۳۰ گیاهچه بود که با حذف گیاهچه‌های غیر یکنواخت، آزمایش با تراکم ۲۰ گیاهچه در گلدان انجام شد. به‌علاوه جهت یکنواخت‌سازی اندازه گیاهچه‌های هزارنی هنگام تیمار با علف‌کش، برگ‌های بلندتر برخی گیاهچه‌ها که بیرون از آب بودند با قیچی قطع شدند و پس از یکنواختی آن‌ها، تیمارهای علف‌کشی اعمال شدند.

آزمایش چهار- بررسی کارایی علف‌کش‌های برگ‌پاش انتخابی برنج در کنترل هزارنی

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش کارایی علف‌کش‌های برگ‌پاش انتخابی برنج در کنترل هزارنی بررسی شد. تیمارهای آزمایش شامل علف‌کش‌های برگ‌پاش بیس‌پایریباک‌سدیم، پروپانیل، پنوکسولام، پیری‌بنزوکسیم، بنتازون+MCPA، پنوکسولام+سای‌هالوفوپ‌بوتیل (جدول ۲) و شاهد عدم کاربرد علف‌کش بودند. سوخک‌های هزارنی در گلدان‌هایی به مساحت حدود یک متر مربع در هفته نخست اردیبهشت ۱٤۰۰ در عمق حدود

[1] Early post emergence

یک سانتی‌متری خاک کشت و ۲ تا ۳ سانتی‌متر غرقاب شدند. در هفته آخر اردیبهشت، گیاهچه‌های یکنواخت ۲ تا ۳ برگی با ارتفاع حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر انتخاب و با تراکم ۱۰ گیاهچه در گلدان‌های کوچکتر مشابه آزمایش اول نشاکاری شدند. دوازده روز بعد از نشا شدن گیاهچه‌های هزارنی و پس از استقرار و شروع رشد مجدد، علف‌کش‌های مورد بررسی روی آنها تیمار شدند. یک روز قبل از سم‌پاشی، زهکشی گلدان‌ها انجام شد و ۴۸ ساعت بعد از سم‌پاشی آنها دوباره غرقاب شدند. برای پاشش علف‌کش‌ها از سمپاش پشتی ماتابی شارژی با نازل تی‌جت با فشار دو بار استفاده شد که برای سمپاشی با حجم محلول ۱۷۰ لیتر در هکتار کالیبره شده بود.

ارزیابی و نمونه‌برداری

ارزیابی کنترل هزارنی در تیمارها، چهار هفته پس از کاربرد آنها به روش چشمی انجام شد. در این روش کلروز، نکروز، شادابی و وضعیت استقرار و رشد اندام هوایی علف هرز ملاک ارزیابی قرار گرفت و به علف‌کش‌هایی که سبب کنترل کامل هزارنی شدند نمره ۱۰۰ و به تیمار شاهد بدون علف‌کش، نمره صفر اختصاص داده شد و سایر تیمارها نسبت به دو تیمار فوق مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از ارزیابی چشمی، شمارش تعداد پنجه در گلدان انجام شد و سپس بوته‌ها کف‌بُر شده و جهت اندازه‌گیری وزن خشک به آزمایشگاه منتقل شدند. اندازه‌گیری زیست‌توده بوته‌های هزارنی با قرار دادن اندام‌های هوایی علف هرز در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت انجام شد.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4، و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام و بر حسب درصد نسبت به شاهد بیان شد. در آزمایش اول (دوساله) تجزیه‌ی واریانس مرکب انجام شد.

نتایج و بحث

آزمایش یک- تست جوانه‌زنی و برخی ویژگی‌های بیولوژیکی و اکولوژیکی هزارنی

هزارنی به غرقاب متحمل بود و ریزوم یا سوخک این علف هرز از گلدان‌های غرقاب به عمق حدود ۱۵ سانتی‌متر رویش پیدا کردند. در شرایط گلدانی و در فضای آزاد، ظهور گیاهچه‌های جدید هزارنی از اواخر اسفند آغاز شد و در شرایط مزرعه‌ای رویش آنها تا اواخر خرداد ادامه پیدا کرد. در واقع می‌توان گفت در شرایط طبیعی دامنه جوانه‌زنی و رویش هزارنی از حدود پنج درجه تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد متغیر است. تحمل به غرقاب و دوره طولانی رویش هزارنی، ممکن است کنترل این علف هرز در شرایط مزرعه‌ای را با ناکامی مواجه کند. زیرا از یک سو ممکن است رویش گیاهچه‌های جدید هزارنی بعد از وجین دستی رخ دهد و از سوی دیگر علف‌کش‌های خاک‌پاش که برای یک دوره کوتاه و محدود در خاک باقیمانده دارند، با کاهش غلظت علف‌کش، رویش مجدد هزارنی اتفاق خواهد افتاد. اگرچه در شرایط مزرعه‌ای هزارنی بعد از نشاکاری برنج رویش پیدا کرد، امّا این علف هرز دارای سرعت توسعه‌ی ارتفاع بیشتری نسبت به برنج بود و ارتفاع آن از پنج هفته بعد از نشاکاری حدود ۸۸ سانتی‌متر بود که اندکی بلندتر از برنج رقم هاشمی و گلدهی آن نیز حدود یک تا دو هفته (یا بیشتر) زودتر از برنج بود. همچنین گل‌آذین این علف هرز روی کانوپی برنج قرار گرفت که بیانگر برتری رقابتی این علف هرز در شالیزار است. سوخک‌های هزارنی در

شرایط اتاق (دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد) دارای ۹۶ درصد یا بیشتر قوه نامیه بودند و بیش از ۹۰ درصد آنها در ۷۲ ساعت نخست اجرای آزمایش سبز شدند (داده‌ها نشان داده نشده است). سوخک‌های هزارنی دوکی‌شکل و طول بلندترین سوخک حدود ۲۵ میلیمتر و حداکثر عرض آن سه میلیمتر بود. تعداد سوخک تولیدشده در یک گلدان ۱۷ لیتری (۲۸×۲۸ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر) ۴۵۸ عدد بود که بیانگر پتانسیل تولید ده‌ها میلیون سوخک در هکتار در مزارع آلوده است. بذر و ریزوم از دیگر روش‌های تکثیر هزارنی هستند که شمارش آنها میسر نبود. محل اتصال سوخک‌ها به ریزوم هزارنی، بسیار ترد و شکننده بود و با پادل‌کردن خاک گلدان، حدود ۱۰۰ درصد سوخک‌ها به آسانی از ریزوم جدا شده و روی سطح آب شناور شدند که بیانگر جرم حجمی کمتر سوخک نسبت به آب می‌باشد. این ویژگی نشان می‌دهد که هزارنی دارای شانس پراکنش بالایی در شرایط شالیزار است؛ زیرا شخم مزارع برنج و لایروبی کانال‌های آبیاری در شرایط غرقاب انجام می‌شود و جدا شدن سوخک از ریزوم و شناور شدن آن، پراکنش بیشتر این علف هرز را موجب خواهد شد. دیگران نیز پراکنش بیشتر بذر و سوخک این علف هرز با جریان آب را گزارش کرده‌اند (Gunderson *et al.*, 2016).

آزمایش دو- اثر کاربرد پیش‌رویشی علف‌کش‌های خاک‌پاش شالیزار در کنترل هزارنی

ارزیابی چشمی کنترل هزارنی

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال، تیمار و اثر متقابل سال در تیمار بر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود ($p\leq0.01$). تمام علف‌کش‌های مورد بررسی به‌طور معنی‌داری دارای اثرات گیاه‌سوزی و بازدارندگی بر رشد سوخک‌های هزارنی بودند. کارایی علف‌کش‌ها در کنترل هزارنی در سال نخست از ۲۵ تا ۹۷ درصد و در سال دوم از ۳۲ تا ۹۸ درصد متغیر بود (جدول ۳). بطورکلی علف‌کش‌های مورد بررسی به دو دسته قابل تقسیم بودند. دسته نخست از گروه‌های مختلف علف‌کشی و علف‌کش‌های رایج سوروف‌کش شالیزار بودند که کارایی آنها حداکثر ۶۳ درصد بود و گروه دوم علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره بودند که کارایی آنها حداقل ۸۳ درصد بود. علف‌کش‌های کلومازون+ پندی‌متالین، اکسادیارژیل، تریافامون+ اتوکسی‌سولفورون، پندی‌متالین و تیوبنکارب به‌ترتیب با ۲۵، ۳۱، ۳۶، ۴۷، ۵۵ و ۶۳ درصد کنترل هزارنی دارای کمترین کارایی بودند. بیشتر علف‌کش‌های فوق در سال دوم اجرای آزمایش دارای کارایی مشابه سال نخست بودند، ولی کارایی دو علف‌کش کلومازون+ پندی‌متالین و تریافامون+ اتوکسی‌سولفورون نسبت به سال اول به‌ترتیب ۱۷ و ۱۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). علف‌کش‌های فوق سوروف‌کش اختصاصی هستند و فقط در صورت کاربرد پیش‌رویشی کارایی اندکی روی چندساله‌ها دارند. تریافامون+ اتوکسی‌سولفورون یک استثناء است. این علف‌کش علاوه بر سوروف روی برخی چندساله‌ها (بندواش و پهن‌برگ‌ها) نیز کارایی بسیار خوب ولی در کنترل جگن‌های چندساله کارایی نسبی دارد (اطلاعات منتشر نشده).

تمام علف‌کش‌های گروه دوم از بازدارندگان ALS بودند. آنها شامل پیرازوسولفورون‌اتیل، متازوسولفورون، پرتیلاکلر+ پیرازوسولفورون، فلوستوسولفورون و بن‌سولفورون‌متیل بودند که کارایی آنها در کنترل هزارنی به‌ترتیب ۸۳، ۸۶، ۹۴، ۹۵ و ۹۷ درصد بود. علف‌کش‌های فوق در هر دو سال اجرای

آزمایش دارای بیشترین کارایی بودند (جدول ۳). این علف‌کش‌ها در کنترل علف هرز پهن‌برگ چندساله روغن‌واش و نیز کنترل همزمان سوروف و پیزور دارای بیش از ۹۰ درصد کارایی بودند (Yaghoubi, 2021[b]; Yaghoubi *et al*., 2022).

زیست‌توده هزارنی

زیست‌توده هزارنی در تیمار با علف‌کش‌ها بطور معنی‌داری کاهش پیدا کرد و میزان آن از ٤۰ تا ۹۸ درصد در سال نخست اجرای آزمایش و از ۲۲ تا ۹۳ درصد در سال دوم نسبت به شاهد متغیر بود (جدول ۳). تفاوت کارایی برخی علف‌کش‌ها در کاهش زیست‌توده هزارنی در دو سال ممکن است به‌دلیل شرایط آب و هوایی باشد.

علف‌کش‌های کلومازون + پندی‌متالین، پندی‌متالین، پرتیلاکلر، تیوبنکارب و اکسادیارژیل با ٤۰ تا ٤۷ درصد کاهش زیست‌توده هزارنی دارای کارایی کمتری نسبت به دیگر علف‌کش‌ها در کنترل هزارنی بودند ولی فاقد اختلاف آماری بودند (جدول ۳). علف‌کش‌های فوق در سال دوم اجرای آزمایش نیز در مقایسه با دیگر علف‌کش‌ها دارای کارایی کمتری بودند. کارایی پندی-متالین در کاهش زیست‌توده هزارنی در سال دوم اجرای آزمایش ۲۲ درصد بود که کمترین کارایی در بین تیمارهای مورد بررسی بود. پندی‌متالین یک علف‌کش پیش‌رویشی است که برای کنترل علف‌های هرز یکساله توصیه شده است و زمان مناسب کاربرد آن قبل از جوانه‌زنی بذر علف هرز است. کاربرد پندی‌متالین هنگام جذب آب و تورم جنین بذر علف هرز، مانع از رویش جنین می‌شود و اگر اندکی دیرهنگام (پس از جذب آب و تورم بذر) مصرف شود، کارایی آن کاهش می‌یابد. کارایی پرتیلاکلر در سال اول و دوم اجرای آزمایش به‌ترتیب ٤٤ و ۳٤ درصد بود. پرتیلاکلر یک علف‌کش پیش‌رویشی تا اوایل پس‌رویشی است. بررسی‌های قبلی نشان داد که کاربرد پرتیلاکلر به‌صورت پیش‌رویشی دارای کارایی بیشتری در کنترل علف هرز چندساله پیزور بود، درحالی‌که در کاربرد پس‌رویشی این علف‌کش، کارایی آن در کنترل پیزور به‌شدت کاهش پیدا کرد (Yaghoubi, 2019). کاهش کارایی پندی‌متالین و پرتیلاکلر در کنترل هزارنی در سال دوم ممکن است به‌دلیل جوانه‌زنی جنین سوخک‌های هزارنی قبل از مصرف علف‌کش باشد (جدول ۳). تمام علف‌کش‌های فوق سوروف‌کش اختصاصی هستند و علاوه بر سوروف علف‌های هرز دارای بذور کوچک را کنترل می‌کنند.

علف‌کش‌های تریافامون + اتوکسی‌سولفورون، پیرازوسولفورون‌اتیل، متازوسولفورون، پرتیلاکلر + پیرازوسولفورون، فلوستوسولفورون و بن‌سولفورون‌متیل به‌ترتیب ٦۳، ۸۵، ۸٦، ۹۲، ۹۸ و ۹۸ درصد کاهش زیست‌توده هزارنی را موجب شدند. علف‌کش‌های فوق در سال دوم اجرای آزمایش نیز دارای بیشترین کارایی بودند، اگرچه کارایی برخی از آنها از جمله تریافامون+اتوکسی‌سولفورون، فلوستوسولفورون و بن‌سولفورون‌متیل حدود ۲۰ درصد کاهش پیدا کرد.

جدول ۳- ارزیابی چشمی کنترل هزارنی و کاهش زیست‌تـوده در مقایسه با شاهد بدون علف‌کش (چهار هفته پس از اعمال تیمار) طی سال‌های- ۱۳۹۹ و ۱٤۰۰.[a,b,c,d,e]

Table 3. Visual butomus control and biomass reduction compared with non-treated plot (four weeks after treatment) in 2020-2021.a,b,c,d,e

Treatment	Visual butomus control		Seedling dry weight reduction	
	2020	2021	2020	2021
	%			
Clomazone + Pendimethalin	25 [de]	42 b-d	40 [d]	41 d
Oxadiargyl	31 [c-e]	32 [b]	47 [cd]	52 cd
Pretilachlor	36 [cd]	42 [bc]	44 [d]	34 de
Triafamone + Ethoxysulfuron	47 [cd]	65 [d-f]	63 [b]	40 d
Pendimethalin	55 [b-d]	60 [c-e]	43 [d]	22 f
Thiobencarb	63 [a-c]	72 [e-g]	46 [cd]	51 cd
Pyrazosulfuron-ethyl	83 [ab]	93 [gh]	85 [b]	93 a
Metazosulfuron	86 [ab]	86 [f-h]	86 [ab]	86 ab
Pretilachlor + Pyrazosulfuron-ethyl	94 [a]	75 [e-h]	92 [a]	90 a
Flucetosulfuron	95 [a]	98 [h]	98 [a]	78bc
Bensulfuron-methyl	97 [a]	78 [e-h]	98 [a]	78 bc

[a]میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد مطابق آزمون LSD می‌باشند. [b]زمان مصرف علف‌کش‌ها قبل از سبزشدن سوخک‌های هزارنی (۴۸ ساعت بعد از کشت سوخک‌ها) بود. [c]تعداد سوخک کشت شده در گلدان ۲۰ عدد با قوه نامیه ۹۵ درصد بود. [d]وزن خشک هزارنی در زمان نمونه‌گیری در سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ به‌ترتیب ۴/۶۹ و ۸/۹ گرم در گلدان بود.[e] داده‌ها بر حسب درصد نسبت به شاهد آلوده به علف هرز نشان داده شده‌اند.

[a]Means followed by the same letter within a column are not significantly different at P =0.05 using LSD test. [b]The time of application of herbicides were before the emergence of butomus bulbs (48 hours after of bulbs cultivation. [c]20 bulbs of butomus with more than 95% rate of emergence were cultivated per pot. [d]Butomus dry weight in the control treatment was 4.69 and 8.9 g per pot in 2020 and 2021. [e]Data are expressed as a percentage of the nontreated control for the respective treatment.

مطابق نتایج فوق هزارنی، به علف‌کش‌های خانواده‌های کلرواستامیدها (پرتیلاکلر)، اگزادیازول‌ها (اکسادیارژیل)، دی‌تیوکاربامات‌ها (تیوبنکارب) و دی‌نیتروآنیلین‌ها (پندی‌متالین) دارای حساسیت نسبی و به بیشتر علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره‌ها حساس است. علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره به‌طور اختصاصی جگن و پهن‌برگ‌کش هستند و دارای میزان و سابقه مصرف اندکی در مقایسه با سوروف‌کش‌های فوق هستند (Yaghoubi, 2022). رایج‌ترین علف‌کش این گروه بن‌سولفورون‌متیل است که حدود سه دهه پیش در کشور ثبت شد و حدود نیمی از مزارع برنج شمال کشور با این علف‌کش تیمار می‌شوند. در مقایسه می‌توان گفت حدود ۱۰۰ درصد شالیزارهای شمال ایران به‌دلیل فراوانی بیشتر سوروف با یکی از باریک‌برگ‌کش‌ها در پنج دهه گذشته به‌طور تکراری تیمار شده‌اند (Yaghoubi *et al.*, 2010). به‌نظر می‌رسد گسترش هزارنی را علاوه بر تحمل این علف هرز به غرقاب می‌توان به عدم مصرف علف‌کش مناسب برای کنترل آن نسبت داد.

آزمایش سه- کارایی علف‌کش‌های خاک‌پاش پس‌رویشی در کنترل هزارنی

ارزیابی چشمی کنترل هزارنی

اثر علف‌کش‌های مورد بررسی بر رشد هزارنی مطابق ارزیابی‌های چشمی، تعداد و وزن خشک گیاهچه‌های هزارنی معنی‌دار بود ($p\geq0.01$).

جدول ٤- ارزیابی چشمی کنترل هزارنی، کاهش تعداد گیاهچه و وزن خشک آن تحت تأثیر علف‌کش‌های خاک‌پاش پس‌رویشی نسبت به شاهد بدون علف‌کش در چهار هفته پس از اعمال تیمار.[a,b,c,d,e]

Table 4. Visual evaluation of butomus control, seedling density and dry weight reduction as affected by post emergence soil applied herbicides relative to the nontreated plot at 4-WAT.[a,b,c,d,e]

Treatment	Visual butomus control	Seedlings number reduction	Seedling dry weight reduction
		%	
Thiobencarb	25 [b]	37 [c]	0.1 [e]
Bensulforoun methyl	85 [a]	72 [a]	94 [a]
Pyrazosulfuron-ethyl	75 [a]	50 [bc]	44 [d]
Metazosulfuron	79 [a]	58 [b]	71 [b]
Flucetosulfuron	81 [a]	72 [a]	95 [a]
Pretilachlor + Pyrazosulfuron-ethyl	81 [a]	53 [bc]	57 [c]
Triafamone + Ethoxysulfuron	86 [a]	71 [a]	37 [cd]

[a] WAT هفته پس از تیمار، [b]حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر طبق آزمون **LSD** می‌باشد. [c]زمان مصرف علف‌کش‌ها در مرحله یک تا دو برگی گیاهچه هزارنی بود. [d]تعداد گیاهچه در گلدان ۲۰ عدد بود. وزن خشک در تیمار شاهد ۱۰/۳۶ گرم در گلدان بود. [e]داده‌ها بر حسب درصد نسبت به شاهد آلوده به علف هرز نشان داده شده‌اند.

[a]Abbreviation: WAT, weeks after treatment. [b]Data are averaged over 2 yr and three replicates. [c]Means followed by the same letter within a column are not significantly different at P = 0.05 using LSD test. [d]Butomus seedling density and biomass in the nontreated control was 20 plant m^{-2} and 10.36 g pot, respectively. [e]Data are expressed as a percentage of the nontreated control for the respective treatment.

در چهار هفته پس از اعمال تیمارهای علف‌کشی میزان کنترل هزارنی از ۲۵ تا ۸٦ درصد متغیر بود. تیوبنکارب به‌عنوان یکی از مهمترین و قدیمی‌ترین علف‌کش‌های باریک‌برگ‌کش (سوروف‌کش)، دارای کمترین و تریافامون+اتوکسی‌سولفورون دارای بیشترین کارایی بودند. علف‌کش‌های پیرازوسولفوروناتیل، متازوسولفورون، فلوستوسولفورون، پرتیلاکلر+ پیرازوسولفوروناتیل و بن‌سولفورون‌متیل به‌ترتیب با ۷۵، ۷۹، ۸۱، ۸۱ و ۸۵ درصد کنترل هزارنی، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بودند (جدول ٤).

بر اساس گزارش‌های قبلی علف‌کش‌های جدید تریافامون+ اتوکسی‌سولفورون و فلوستوسولفورون، به‌دلیل فقدان گیاه‌سوزی روی برنج و کارایی بسیار خوب در کنترل علف‌های هرز غالب شالیزار و امکان دستیابی به عملکرد شلتوک مشابه وجین دستی، قابلیت جایگزینی علف‌کش‌های رایج و پرمصرف کلرواستامیدی (بوتاکلر و پرتیلاکلر) را دارند (Pouramir *et al.*, 2020).

تمام علف‌کش‌های این آزمایش در آزمایش قبلی نیز بررسی شدند، با این تفاوت که در آزمایش حاضر تیمارها به‌صورت پس‌رویشی و در آزمایش قبلی، پیش‌رویشی اعمال شدند. اگرچه کارایی دیگر علف‌کش‌ها در دو زمان مصرف مشابه بود، امّا مطابق ارزیابی‌های چشمی کارایی تریافامون+ اتوکسی‌سولفورون در این آزمایش (۸٦ درصد) به‌مراتب بیشتر از آزمایش قبلی (٥٦ درصد متوسط دو سال) بود. به‌نظر می‌رسد این علف‌کش در خاک‌های پادل‌شده جذب کلوئیدهای خاک شده و کارایی آن کاهش می‌یابد و با کاربرد دیرهنگام آن و نشست خاک، میزان هدرروی علف‌کش کاهش و کارایی آن افزایش پیدا کرد. نتایج بررسی دیگری نیز نشان داد که کارایی متازوسولفورون در صورت مصرف شش روز پس از نشاکاری به‌مراتب بهتر از کارایی آن درصورت مصرف سه روز پس از نشاکاری بود (Yaghoubi, 2021[a]).

تعداد گیاهچه هزارنی در گلدان

تعداد گیاهچه هزارنی در گلدان در تمام تیمارها مشابه و ۲۰ گیاهچه در گلدان بود. میزان زنده‌مانی یا میزان

مرگ‌ومیر گیاهچه‌های هزارنی در تیمار با علف‌کش‌ها از ۳۷ تا ۷۲ درصد متغیر بود (جدول ٤). تیوبنکارب به‌عنوان یک علف‌کش پیش‌رویشی تا اوایل پس‌رویشی و توصیه‌شده برای کنترل علف‌های هرز یکساله شالیزار، دارای کمترین تأثیر بر مرگ گیاهچه‌ی هزارنی بود. مصرف انفرادی پیرازوسولفورون‌اتیل یا کاربرد ترکیب پیش‌اختلاط آن با پرتیلاکلر (پیرازکلر) به‌ترتیب ۵۰ و ۵۳ درصد کاهش گیاهچه‌های سبزشده را موجب شدند. علف‌کش‌های بن‌سولفورون‌متیل، فلوستوسولفورون و تریافامون + اتوکسی‌سولفورن دارای کارایی مشابه بودند و ۷۱ تا ۷۲ درصد از رویش گیاهچه‌های هزارنی ممانعت کردند.

زیست‌توده گیاهچه هزارنی

میزان بازدارندگی علف‌کش‌ها در ممانعت از تجمع ماده خشک هزارنی بسیار متفاوت بود (جدول ٤). تیوبنکارب دارای تأثیر اندکی در کاهش زیست‌توده هزارنی نسبت به شاهد بود و فقط ۰/۱ درصد کاهش زیست‌توده را موجب شد. تیوبنکارب در آزمایش قبلی و در کاربرد خاک‌پاش پیش‌رویشی دارای ٤۰ تا ۷۰ درصد کارایی در کاهش زیست‌توده هزارنی بود (جدول ۳)، درحالی‌که مطابق نتایج آزمایش حاضر، این علف‌کش در کاربرد خاک‌پاش اوایل پس‌رویشی فاقد کارایی در کنترل این علف هرز است. به‌عبارت دیگر کارایی تیوبنکارب در کنترل هزارنی وابسته به زمان مصرف آن بود و اندکی تأخیر در کاربرد تیوبنکارب، کاهش شدید کارایی آن را موجب می‌شود. علف‌کش‌های تریافامون + اتوکسی‌سولفورون، پیرازوسولفورون‌اتیل، پرتیلاکلر + پیرازوسولفورون‌اتیل، متازوسولفورون، فلوستوسولفورون و بن‌سولفورون‌متیل به‌ترتیب ۳۷، ٤٤، ۵۷، ۷۱، ۹٤ و ۹۵ درصد کاهش زیست‌توده هزارنی را موجب شدند. مطابق نتایج فوق تریافامون + اتوکسی‌سولفورون و پیرازوسولفورون‌اتیل دارای کمترین کارایی در کاهش زیست‌توده علف هرز چندساله هزارنی بودند. در بررسی قبلی نیز نتایج مشابهی گزارش شد و کارایی این دو علف‌کش در کنترل علف هرز چندساله پیزور، نسبی و کمتر از دیگر سولفونیل‌اوره‌ها همانند فلوستوسولفورون بود (Yaghoubi, 2019). علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره سیستمیک هستند و مکانیزم عمل این علف‌کش‌ها ممانعت از سنتز اسیدهای آمینه و مرگ گیاه در اثر گرسنگی است. معمولاً زیست‌توده علف‌های هرز تیمارشده با این علف‌کش‌ها به‌تدریج کاهش پیدا می‌کند و به‌همین دلیل اختلاف زیادی در ارزیابی کارایی علف‌کش‌ها به‌روش چشمی و اندازه‌گیری زیست‌توده وجود دارد. در بررسی حاضر کارایی علف‌کش‌ها چهار هفته پس از اعمال تیمار ارزیابی شد و چنانچه این ارزیابی ٦ یا ۸ هفته پس از اعمال تیمار صورت پذیرد، آنگاه معمولاً کارایی این علف‌کش‌ها بیشتر خواهد بود. حداکثر کارایی علف‌کش‌ها در کنترل علف هرز آبزی سنبل آبی حدود ۱٦ هفته پس از اعمال تیمار ثبت شد (Yaghoubi *et al.*, 2020).

به گزارش پورامیر و همکاران (۱۳۹۸) علف‌کش فلوستوسولفورون دارای کارایی بسیار خوبی در کنترل هر دو علف هرز یک‌ساله سوروف و چندساله پیزور بود، ولی کارایی تریافامون + اتوکسی‌سولفورن در کنترل سوروف مشابه ولی در کنترل پیزور نسبی و حدود ۵۰ درصد بود (Pouramir *et al.*, 2020). همچنین کارایی علف‌کش‌های مورد بررسی در این آزمایش در کنترل پهن‌برگ چندساله شالیزار روغن‌واش (*Potamogeton nodosus*) حدود ۹۵ درصد گزارش شد (Yaghoubi *et al.*, 2022). این نتایج

نشان می‌دهد که علی‌رغم اینکه هزارنی از نظر گیاه‌شناسی از گروه کاملاً متفاوتی است، اما از نظر واکنش به علف‌کش‌ها مشابه علف‌های هرز رایج شالیزار و شبیه جگن‌ها و پهن‌برگ‌های چندساله است.

آزمایش چهار- کارایی علف‌کش‌های برگ‌پاش در کنترل هزارنی

ارزیابی چشمی کنترل هزارنی

تمام علف‌کش‌ها در کنترل هزارنی مؤثر بودند و کارایی آنها از ٦۲ تا ۹۹ درصد متغیر بود. پنوکسولام دارای کمترین و پیری‌بنزوکسیم دارای بیشترین کارایی بود. پروپانیل دارای ۷۰ درصد کنترل روی هزارنی بود که از نظر آماری با پنوکسولام فاقد اختلاف معنی‌دار بود. علف‌کش‌های بیس‌پایریباک‌سدیم، سای‌هالوفوب+ پنوکسولام و بنتازون + امث‌پ‌آ به‌ترتیب دارای ۸۰، ۸٦ و ۸۹ درصد کارایی در کنترل هزارنی بودند (جدول ۵).

زیست‌توده هزارنی

زیست‌توده هزارنی در تیمار با علف‌کش‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. میزان کاهش زیست‌توده از ٦۱ تا ۹۲ درصد متغیر بود. پنوکسولام کمترین و پیری‌بنزوکسیم بیشترین کاهش زیست‌توده را موجب شدند. هر دو علف‌کش فوق از گروه سولفونیل‌اوره‌ها هستند. در بررسی کارایی این دو علف‌کش در کنترل روغن‌واش نیز نتایج مشابهی به‌دست آمد که پنوکسولام دارای ۳٦ و پیری‌بنزوکسیم دارای ۹۳ درصد کارایی بودند (Yaghoubi *et al.*, 2022). بیس‌پایریباک‌سدیم، دیگر علف‌کش سولفونیل‌اوره، مورد بررسی ٦۳ درصد کاهش زیست‌توده هزارنی را موجب شد. علائم گیاه‌سوزی بیس‌پایریباک‌سدیم به‌ویژه در چندساله‌ها بسیار به‌کندی بروز پیدا می‌کند و معمولاً بیش از چهار هفته زمان برای ارزیابی چشمی کارایی این علف‌کش نیاز هست، ولی در آزمایش گلدانی حاضر، نمونه‌برداری برای تمام تیمارها هم‌زمان و چهار هفته پس از اعمال تیمار انجام شد. احتمالاً درصورت افزایش فاصله زمانی بین اعمال تیمار و نمونه‌برداری کارایی برخی علف‌کش‌های سیستمیک همانند بیس‌پایریباک‌سدیم افزایش نشان خواهد داد. علف‌کش‌های پروپانیل، سای‌هالوفوب+پنوکسولام و بنتازون+امث‌پ‌آ به‌ترتیب دارای ۷۱، ۷٤ و ۸۹ درصد کارایی در کاهش زیست‌توده هزارنی بودند.

جدول ۵- ارزیابی چشمی کنترل هزارنی و کاهش زیست‌تـوده آن در تیمار با علف‌کش‌های برگ‌پاش در مقایسه با شاهد بدون علف‌کش در چهار هفته پس از اعمال تیمار.[a,b,c,d]

Table 5. Visual butomus control and biomass reduction compared with non-treated plot four weeks after treatment.[a,b,c,d]

Treatment	Visual control	Seedling dry weight reduction
	%	
Bispyribac sodium	80 [bc]	63 [b]
Propanil	70 [cd]	71 [ab]
Penoxsulam	62 [d]	61 [b]
Pyribenzoxim	99 [a]	92 [a]
Bentazon + MCPA	89 [ab]	89 [a]
Cyhalofop butyl + Penoxsulam	86 [a-c]	74 [ab]

[a]حروف غیر مشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر طبق آزمون LSD می‌باشد. [b] زمان مصرف علف‌کش‌های برگ‌پاش در مرحله دو تا سه برگی هزارنی بود. [c] وزن خشک هزارنی در تیمار شاهد ۱۲ گرم در گلدان بود. [d] داده‌ها برحسب درصد نسبت به شاهد بدون علف‌کش بیان شده‌اند.

[a]Means followed by the same letter within a column are not significantly different at P= 0.05 using the LSD test. [b]Foliar applied herbicides were applied in 2-3 leaf stage of butomus. [c]Butomus dry weight in control treatment was 12 g per pot. [d]Data are expressed as a percentage of the nontreated control for the respective treatment.

اگرچه علف‌کش‌های خاک‌پاش مؤثر در کنترل هزارنی، محدود به خانواده سولفونیل‌اوره‌ها و دارای مکانیزم عمل بیوشیمیایی مشابه (بازدارنده سنتز آنزیم ALS) بودند، امّا علف‌کش‌های برگ‌پاش مؤثر در کنترل هزارنی علاوه بر بازدارندگان ALS (پنوکسولام، بیس‌پایریباک‌سدیم و پیری‌بنزوکسیم) از دیگر گروه‌های علف‌کشی و متعلق به بازدارندگان فتوسیستم دو (پروپانیل)، مخلوط بازدارنده ALS و بازدارنده ACCase (پنوکسولام+سای‌هالوفوب) و نیز ترکیب علف‌کش‌های هورمونی و بازدارندگان فتوسیستم دو (ام‌ث‌پ‌آ+بنتازون) بودند. به استناد این نتایج کنترل هزارنی با علف‌کش‌های مختلف با مکانیزم عمل متفاوت میّسر است. به‌علاوه باتوجه‌به مؤثربودن این علف‌کش‌ها جهت کنترل دیگر علف‌های هرز شالیزار از جمله سوروف و جگن‌ها، کنترل هم‌زمان هزارنی هم‌زمان با دیگر علف‌های هرز بدون صرف هزینه زیادی میسّر است.

علاوه‌بر علف‌کش‌های برگ‌پاش، علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره خاک‌پاش متعددی همانند بن‌سولفورون، فلوستوسولفورون، پیرازوسولفورون، متازوسولفورون و اتوکسی‌سولفورون+تریافامون دارای کنترل مؤثری در کنترل هزارنی بودند. به‌استثنای بن‌سولفورون دیگر علف‌کش‌ها به تازگی در کشور ثبت شده‌اند و در سال‌های آتی در دسترس خواهند بود.

نتیجه‌گیری کلی

هزارنی به غرقاب متحمل است، بنابراین معرفی روش شیمیایی مناسب برای کنترل هزارنی ضروری است. به‌دلیل غالبیت سوروف در مزارع برنج شمال ایران، کاربرد یکی از علف‌کش‌های باریک‌برگ‌کش همانند پرتیلاکلر، تیوبنکارب، اکسادیارژیل یا پندی‌متالین در تمام مزارع ضروری است. این علف‌کش‌ها روی جگن‌ها و پهن‌برگ‌های مزارع برنج فاقد تأثیر یا دارای تأثیر نسبی هستند و به‌همین‌دلیل معمولاً یک علف‌کش اختصاصی از گروه سولفونیل‌اوره برای کنترل آنها توصیه می‌شود. مطابق نتایج تحقیق حاضر هزارنی نیز به باریک‌برگ‌کش‌های مزارع برنج متحمل و به‌سولفونیل‌اوره‌ها (بن‌سولفورون‌متیل، متازوسولفورون، پیرازوسولفورون و فلوستوسولفورون) حساس است. بنابراین هزارنی را از نظر واکنش به علف‌کش‌ها می‌توان در گروه جگن‌ها و پهن‌برگ‌ها دسته‌بندی کرد، زیرا آنها به سولفونیل‌اوره‌ها حساس و به سوروف‌کش‌ها متحمل یا دارای حساسیت نسبی هستند. فلور هرز بیشتر شالیزارهای شمال کشور ترکیبی از سوروف، جگن و پهن‌برگ‌ها است و برای کنترل شیمیایی آن‌ها کاربرد هم‌زمان یک سوروف‌کش با یک سولفونیل‌اوره ضرورت دارد. بنابراین در یک برنامه مدیریت شیمیایی مناسب جهت کنترل علف‌های هرز مزارع برنج، هزارنی نیز کنترل خواهد شد. همچنین درصورت عدم موفقیت علف‌کش‌های خاک‌پاش در کنترل هزارنی، علف‌کش‌های برگ‌پاش پیری‌بنزوکسیم، بیس‌پایریباک‌سدیم، پروپانیل، بنتازون+MCPA و سای‌هالوفوب+پنوکسولام با ۶۲ تا ۹۹ درصد کارایی جهت کنترل شیمیایی هزارنی توصیه می‌شوند. باتوجه‌به اینکه علف‌کش‌های برگ‌پاش فوق از گروه‌های متفاوت از نظر مکانیزم عمل بیوشیمیایی هستند، کاربرد تناوبی آنها جهت اجتناب از مقاومت و حفظ کارایی توصیه می‌شود. به‌نظر می‌رسد طغیان هزارنی به‌دلیل مصرف نامتعادل علف‌کش‌ها و عدم کاربرد سولفونیل‌اوره‌های خاک‌پاش یا علف‌کش‌های برگ‌پاش مؤثر باشد. زیستگاه و محل تکثیر اصلی هزارنی خارج از

اراضی شالیزاری و آب‌بندان‌ها و کانال‌های آبیاری است، بنابراین رعایت بهداشت زراعی در اکوسیستم شالیزار به‌همراه کنترل این علف هرز در داخل مزارع برنج جهت مدیریت هزارنی ضرورت دارد.

منابع

1. Ampong-Nyarko, K. and De Detta, S.K. 1991. A handbook for weed control in rice. IRRI, Manila. 113 Pp.
2. Brown, J. and Eckert, C. 2005. Evolutionary increase in sexual and clonal reproductive capacity during biological invasion in an aquatic plant *Butomus umbellatus* (Butomaceae). AJB. 92: 495-502.
3. Chauhan, B.S., Jabran, K. and Mahajan, G. 2017. Rice production worldwide. Springer. International Publishing AG, Switzerland. 561 Pp.
4. Gettys, L.A., Haller, W.T. and Bellaud, M. 2009. Biology and control of aquatic plants: A best management practices handbook. Edited. 214 Pp.
5. Golmohammadi, M.J., Mohammaddoust, H.R., Yaghoubi, B. and Oveisi, M. 2020. GIS applications in surveying and mapping of rice weeds in Guilan province, Iran. Sarhad J. Agric. 36(4): 1103–1111.
6. Gunderson, M., Kapuscinski, K., Crane, D. and Farrell, J. 2016. Habitats colonized by non-native flowering rush (*Butomus umbellatus*) in the Niagara River, USA. Aquat. Invasions. 11: 369-380.
7. Lyn, G.A., William, T.H., and Marc, B. 2009. Biology and control of aquatic plants: A best management practices. Aquatic Ecosystem Restoration Foundation, Marietta, Georgia. 214 Pp.
8. Hroudova, Z. and Zakravsky, P. 2003. Germination responses of diploid *Butomus umbellatus* to light, temperature and flooding. Academy of Sciences of the Czech Republic. Flora. 198(1): 37-44.
9. Jacobs, J., Jane M., Hillary P., Virgil D., and Peter, R. 2011. Ecology and management of flowering rush (*Butomus umbellatus* L.). United States Department of Agriculture: Natural Resources Conservation Service. 9 Pp.
10. Kraehmer, H., Jabran, K., Mennan, H., and Chauhan, B.S. 2016. Global distribution of rice weeds. A review. Crop Prot. 80. 73–86.
11. Lui, K., Thompson, F.L., and Eckert, C.G. 2005. Causes and consequences of extreme variation in reproductive strategy and vegetative growth among invasive populations of a clonal aquatic plant, *Butomus umbellatus* L. (Butomaceae). Biol Invasions. 7: 427–444.
12. Pinke, G., Csiky, J., Mesterházy, A., Tari L., Pál RW., Botta-Dukát, Z. and Czúcz B. 2014. The impact of management on weeds and aquatic plant communities in Hungarian rice crops. Weed Res. 54(4): 388-397.
13. Rao, N., Johnson, D.E., Sivaprasad, B., Ladha, J.K., and Mortimer, A.M. 2007. Weed management in direct-seeded rice. Adv. Agron. Volume. 93.
14. Stevens, P.F. 2001. Angiosperm phylogeny website. Version 14, July 2017. html. Accessed: June 13, 2018. http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/.
15. Pouramir, F., Yaghoubi, B. and Aminpanah, H. 2020. Efficacy of new herbicides triafamone+ethoxysulfuron, flucetosulfuron and pyrazosulfuron-ethyl on paddy fields weed control. Iran. J. Field Crop Sci. 50(4): 133-142.
16. Yaghoubi, B., Aminpanah, H. and Chauhan, B.S. 2022. Performance of different herbicides on pondweed (*Potamogeton nodosus*) in rice. Weed Technol. 36: 270–275.
17. Yaghoubi, B. 2019. Study the probable resistance of bulrush (*Bolboschoenus maritimus*) to bensulfuron methyl. Final report. Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO). 39 Pp.
18. Yaghoubi, B. 2021[a]. Study the efficacy of metazosulfuron WG 33% on paddy rice weed control. Final report. Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO). 47 Pp.
19. Yaghoubi, B. 2021[b]. Study the efficacy of cayhalofop+penoxsulam (OD 6%) on paddy rice weed control. Final report. Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO). 46 Pp.
20. Yaghoubi, B., Aminpanah, H. and Sharifi, P. 2021. Efficacy of some new herbicides for barnyardgrass controlling (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv) in different rice genotypes. JOPP. 28(1): 169-184.
21. Yaghoubi, B., Pouramir, F. and Mansourpour, F. 2020. Chemical control of aquatic weed water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). Iran. J. Weed Sci. 16(1): 63-78.