نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱، ص. ۳۴۶-۳۳۵

Journal of Agroecology
Vol. 4, No. 4, Winter 2013, p. 335-346

ارزیابی کارایی اردک به عنوان عامل بیولوژیک بر تنوع و تراکم علف‌های هرز در کشت توأم برنج- اردک (*Oryza sativa* L.)

محمود محمدی[۱]، همت‌اله پیردشتی[۲*]، قاسم آقاجانی مازندرانی[۳] و سیدیوسف موسوی طغانی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۱/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۷/۰۱

چکیده

به منظور ارزیابی اثر تراکم اردک در مزارع برنج (*Oryza sativa* L.) بر تنوع و تراکم علف‌های هرز، آزمایشی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا گردید. این آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به اجرا در آمد. در این آزمایش عامل اصلی تعداد اردک در سه سطح (شامل شاهد، ۴۰۰ و ۸۰۰ اردک در هکتار) و عامل فرعی رقم برنج در سه سطح (شامل طارم به عنوان رقم محلی، شیرودی و قائم به عنوان ارقام اصلاح‌شده) بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر اختلاف کاملاً معنی‌دار تعداد اردک، رقم و برهمکنش آنها از نظر تراکم علف‌های هرز اویارسلام (*Cyperus* ssp.)، قاشق‌واش (*Alisma plantago-aquatica* L.)، سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.)، عدسک آبی (*Lemna minor* L.)، آزولا (*Azolla pinata* R.Br.) و عملکرد شلتوک ارقام برنج بود. نتایج نشان داد که کمترین میزان تنوع و تراکم علف‌های هرز به ترتیب مربوط به تراکم‌های ۸۰۰ و ۴۰۰ اردک در هکتار بوده است. در میان ارقام مورد بررسی در این آزمایش، رقم طارم دارای کم‌ترین و رقم قائم دارای بالاترین میزان تنوع و تراکم علف‌های هرز بودند. بالاترین میزان تراکم علف هرز اویارسلام بذری در شاهد (بدون اردک) و در رقم قائم (۶۷ بوته در متر مربع) مشاهده شد که نسبت به تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار حدود ۹۷ درصد افزایش یافته بود. بالاترین عملکرد شلتوک در تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار به ترتیب در ارقام شیرودی (۵/۳ تن در هکتار)، قائم (۴/۳ تن در هکتار) و طارم (۳/۶ تن در هکتار) بدست آمد که نسبت به ارقام شیرودی (۴/۱ تن در هکتار)، قائم (۴ تن در هکتار) و طارم (۲/۹ تن در هکتار) در تیمار ۴۰۰ اردک در هکتار به میزان ۲۳، ۷ و ۲۰ درصد بالاتر بود. در مجموع نتایج نشان داد که در شرایط آزمایش حاضر، رقم طارم و تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار با کم‌ترین میزان تنوع و تراکم علف‌های هرز برتر از سایر ارقام و تراکم‌های مورد بررسی در این آزمایش بودند.

واژه‌های کلیدی: آزولا، اویارسلام، سوروف، عدسک آبی، عملکرد شلتوک

مقدمه

یکی از مشکلات بسیار مهم در تولید محصولات کشاورزی، وجود علف‌های هرز به عنوان عامل مهم در کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد (Krogh et al., 2003). کاهش عملکرد ناشی از علف‌های هرز در کشورهای در حال توسعه با اعمال روش های مختلف کنترل، حدود ۱۰ درصد و در صورت عدم کنترل، بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد می‌باشد (Jia & Misra, 2007).

اهمیت مطالعات بیولوژیکی در مدیریت علف‌های هرز، از جمله موضوعاتی است که کمتر مورد توجه محققان علف‌های هرز قرار گرفته است (Morin et al., 2009). در همین زمینه مدیریت مناسب و کارآمد علف های هرز تا وقتی که روابط ابتدایی و پایه‌ای بین گیاه زراعی و علف هرز شناخته نشود، شکوفا نخواهد شد و روش های مناسب کنترل و مدیریت علف‌های هرز، وابسته به شناسایی و تراکم آنها در مزارع کشاورزی می‌باشد (Macfadyen et al., 2009). اصطلاح کنترل بیولوژیکی بیانگر بهره‌گیری از دشمنان طبیعی (انگل‌ها، مهاجمین و عوامل بیماری‌زا) برای مقابله با علف‌های هرز، جهت کاهش جمعیت این عوامل خسارت‌زا تا حد آستانه اقتصادی می‌باشد (Frei et al., 2007). استفاده از کنترل بیولوژیک برای تنظیم تراکم علف‌های هرز، علاوه بر صرفه اقتصادی، از لحاظ محیطی نیز یک

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، مربی گروه آبیاری و کارشناس کشاورزی، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: E-mail: h.pirdashti @sanru.ac.ir)

روش سالم و بی‌خطر است (Tang et al., 2011). در سال‌های اخیر پژوهش‌های زیادی در رابطه با مبارزه بیولوژیک علف‌های هرز مزارع برنج صورت گرفته است (Xuan et al., 2005). در این میان، اردک به عنوان عامل بیولوژیک در مزارع برنج و ارایه مکانیسم‌های موفق در کنترل عوامل زنده خسارت‌زا (آفات و علف‌های هرز)، سیستم زراعی را به سمت پایداری در تولید و حفاظت از محیط زیست سوق می‌دهد (Shouhui et al., 2006). اردک در کشت توأم برنج–اردک به عنوان یک ابزار قدرتمند در مدیریت تلفیقی آفات (IPM[1]) و علف-های هرز عمل کرده و باعث کاهش تراکم آفات، بیماری‌ها و علف-های هرز در این مزارع می‌شود (Hossain et al., 2002). اردک بسیاری از علف‌های هرز کوچک و در حال رشد را که در زیر سطح آب قرار دارند به همراه بذر آنها در خاک، مورد تغذیه قرار داده و با گل‌آلود نمودن آب به کمک منقار و شکل خاص پاهای خود، مانع از رسیدن نور کافی به سطح خاک شالیزار شده و از جوانه‌زنی و رشد مجدد علف‌های هرز در این مزارع به طور چشمگیری جلوگیری می-کند(Zhang et al., 2009; Isobe et al., 1998). در نتیجه به دلیل حداقل استفاده از علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها برای کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها در این مزارع، باعث آلودگی کمتر آب رودخانه-ها و افزایش تنوع زیستی در این مناطق می‌شود (Yonghua & Guobin, 1998; Zheng et al., 1997; Zhen et al., 2004). در همین زمینه، درک تأثیر تراکم اردک در واحد سطح به منظور استفاده بهینه از عوامل اقلیمی، مدیریت زراعی و مصرف بهینه نهاده‌های کشاورزی در تولید برنج، از طریق کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز می‌تواند کمک مؤثری در جهت تولید محصولات سالم با کیفیت مطلوب محصول و کاهش مصرف سموم و کودهای شیمیایی نماید. با انتخاب تراکم صحیح اردک در مزارع کشت توأم برنج– اردک می‌توان ضمن حفاظت از محیط زیست، افزایش عملکرد برنج، میزان بیماری-های ناشی از مصرف این مواد شیمیایی در مزارع برنج را کاهش داد (Wang et al., 2003; Huang et al., 2003). لیو و همکاران (Liu et al., 2004) با انجام تحقیقاتی در بررسی تنوع و تراکم علف‌های در مزارع کشت توأم برنج–اردک گزارش نمودند که میزان تنوع و تراکم علف‌های هرز در تیمار تراکم ۳۰۰ اردک در هکتار نسبت به شاهد (بدون حضور اردک) به میزان ۸۰ درصد کاهش یافته بود. همچنین تحقیقات دیگر پژوهشگران در رابطه با میزان تراکم علف‌های هرز عدسک آبی (*Lemna minor* L.) و آزولا (*Azolla* sp.) بیانگر کاهش ۸۰ تا ۹۵ درصدی تراکم این علف‌های هرز در مزارع کشت توأم برنج– اردک به دلیل تغذیه مناسب اردک از آنها بود (Liu et al., 1998; Yamazaki et al., 2004; Giang et al., 2010; Khandaker et al., 2007). نتایج مطالعه‌ای دیگر، با بررسی تراکم علف‌های هرز سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.)، اویارسلام زرد (*Cyperus esculentus* L.)، اویارسلام بذری (*C. difformis* L.)، بندواش (*Paspalum distichum* L.) و قاشق‌واش (*Alisma plantago-aquatica* L.) در کشت توأم برنج–اردک نیز نشان داد که تراکم این علف‌های هرز در تراکم ۴۰۰ عدد اردک در هکتار نسبت به شاهد، به میزان ۶۰ تا ۸۵ درصد کاهش می‌یابد (Shou et al., 2006; Ahmed et al., 2004; Zhang et al., 2009). این در حالی است که علاوه بر این تراکم‌ها، در سایر منابع، تراکم‌های متفاوتی از ۲۲۵ تا ۸۰۰ عدد اردک در واحد سطح مزارع برنج برای کنترل تراکم علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها توصیه شده است که این موضوع نشان می‌دهد تراکم‌های توصیه‌شده در واحد سطح بستگی به شرایط آب و هوایی، ارقام برنج و نوع اردک مورد بررسی در آزمایش دارد (Kim et al., 1994; Wang et al., 2003; Zhang et al., 2002; Zhang et al., .2005; Xi & Qin, 2009). آزمایش حاضر با هدف بررسی واکنش تنوع و تراکم علف‌های هرز در سه رقم برنج به تراکم اردک در کشت توأم برنج–اردک و تعیین مناسب‌ترین رقم و تراکم اردک به مرحله اجرا گذاشته شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱–۱۳۹۰ در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری واقع در کیلومتر نه جاده دریا انجام شد. این منطقه در مختصات ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. پس از آماده‌سازی زمین خزانه به صورت جوی پشته، بذرهای برنج در آن قرار داده شد و در طول مدت رشد نشای برنج، عملیات تهیه بستر زمین اصلی به مساحت ۱۵۰۰ متر مربع شامل شخم، تسطیح، مرزبندی و ماله‌کشی انجام شد. میزان بذر مصرفی ۶۰ کیلوگرم در هکتار، ابعاد هر کرت ۳۳ متر مربع، فاصله پشته‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله دو بوته روی هر خط ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. همچنین آرایش بوته‌ها در داخل کرت‌ها به حالت مربعی و فاصله بین تکرارها یک متر بود. همچنین برای تأمین نیاز مواد غذایی ارقام برنج در طول دوره‌ی آزمایش، به ترتیب به میزان ۲۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۳۴۰ کیلوگرم در هکتار از کودهای حیوانی مرغی، گاوی و همچنین کود ارگانیک هیومیسل (از منبع کودهای حیوانی و سنگ‌های معدنی) برای تأمین نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر میکرو در سه مرحله نشاکاری، پنجه‌زنی و خوشه‌دهی استفاده گردید. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت (جدول ۱)، کودهای حیوانی (جدول ۲) و کود ارگانیک هیومیسل (جدول ۳) ارائه شده است.

در این پژوهش تأثیر دو عامل تعداد اردک و رقم برنج در قالب کرت‌های یک بار خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفتند.

1- Integrated Pest Management

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (۳۰-۰ سانتی‌متری)

Table 1- Physical and chemical properties of soil (0-30 cm)

بافت خاک Soil texture	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	مواد آلی Organic Matter	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
	(میلی‌گرم در کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)					(درصد) (٪)			
رسی – سیلتی Silty-clay	3.2	3.7	4.2	209.7	8.7	0.02	2.01	7.22	1.84

جدول ۲- برخی از خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده

Table 2- Some chemical properties of organic fertilizers

نوع نهاده Type of inputs	مس Cu	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
	(میلی‌گرم در کیلوگرم) ($mg.\ kg^{-1}$)				(درصد) (٪)				
کود مرغی Poultry manure	36	209	298	955	0.77	1.39	2.9	5.14	11.82
کود گاوی Cow manure	4	72	54	1611	0.81	1.02	2.4	7.73	13.6

جدول ۳- برخی از خصوصیات شیمیایی کود ارگانیک هیومیسل

Table 3- Some chemical properties of organic Hiumiesal fertilizers

نوع نهاده Type of inputs	بور B	مس Cu	روی Zn	آهن Fe	مواد آلی Organic matter	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	فولویک اسید Acid fulvic	هیومیک اسید Acid Hyumick
	(میلی‌گرم در کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)				(درصد) (٪)					
کود هیومیسل Hiumiesal	100	200	500	2000	20	10	3	2	11.82	12

عامل اصلی تعداد اردک در سه سطح شامل D_1 (بدون حضور اردک)، D_2 (تراکم ۴۰۰ اردک در هکتار) و D_3 (تراکم ۸۰۰ اردک در هکتار) و عامل فرعی رقم برنج در سه سطح شامل R_1 (طارم) به عنوان رقم محلی، R_2 (شیرودی) و R_3 (قائم) به عنوان ارقام اصلاح شده در نظر گرفته شدند. آزادسازی جوجه اردک‌ها از نوع محلی با سن ۳۰ روز بعد از گذشت ۲۰ روز از نشاکاری انجام گرفت. در ضمن برای جداسازی اردک‌ها و اعمال تیمارها، اطراف مزرعه به وسیله‌ی توری‌های فلزی و درون مزرعه به وسیله‌ی توری‌های پلاستیکی از یکدیگر جدا گردیدند و روزانه جهت اجبار فعالیت اردک‌ها برای کنترل بهتر تراکم آفات و علف‌های هرز به میزان ۳۰ درصد کمتر از حد مطلوب تغذیه شدند. همچنین در طول دوره‌ی رشد ارقام برنج برای مبارزه با آفات از جمله کرم ساقه‌خوار برنج از اسپری سیلیس مایع در دو مرحله پنجه‌زنی و خوشه‌دهی (غلظت سه در ۱۰۰۰)، زنبور تریکوگراما (۱۰۰ بسته در هکتار)، فرمون‌های جنسی (سه کپسول در هکتار برای هر دوره از سیکل زندگی کرم ساقه‌خوار برنج) و اختلال کننده‌های جنسی (۴۰ گرم در هکتار) استفاده شد. کلیه نمونه‌برداری‌ها از علف‌های هرز (عدسک آبی، آزولا، بندواش، اویارسلام بذری، اویارسلام زرد، قاشق‌واش و سوروف) و ارقام برنج برای تعیین عملکرد شلتوک با استفاده از کوادرات، از درون هر کرت با رعایت اثر حاشیه به طور جداگانه براساس دستورالعمل مؤسسه‌ی بین‌المللی تحقیقات برنج(IRRI, 2002) انجام گردید. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه‌ی ۶/۱۲ (SAS Institute, 1997) انجام و مقایسه میانگین اثرات ساده و متقابل صفات با استفاده از روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. برای رسم شکل‌ها از برنامه SPSS نسخه‌ی ۱۶ (Liu et al., 2003) استفاده شد.

نتایج و بحث

- عدسک آبی (*Lemna minor* L.)

بر اساس نتایج تجزیه واریانس عامل رقم، تعداد اردک و برهمکنش رقم × تعداد اردک در سطح احتمال یک درصد، اثر معنی‌دار در تراکم علف هرز عدسک آبی در واحد سطح داشتند (جدول ۴). بررسی اثر متقابل نشان داد که میزان تراکم این علف هرز با افزایش تراکم اردک در واحد سطح کاهش یافت، بطوریکه کم‌ترین میزان تراکم این علف هرز در تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار در ارقام طارم،

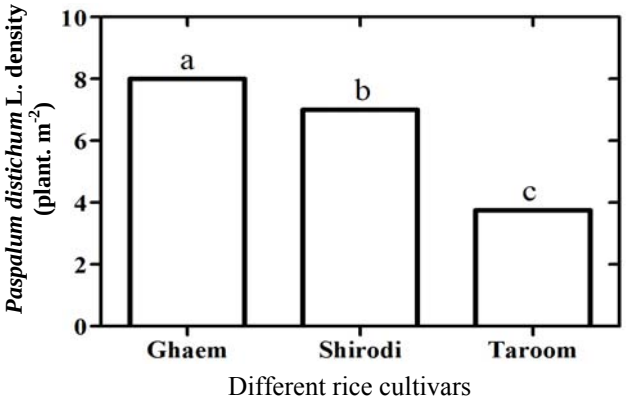
شیرودی و قائم (بدون علف هرز عدسک آبی) بود. بالاترین میزان تراکم این علف هرز، در شاهد (بدون حضور اردک) در رقم قائم (۲۶۰۰ عدد در متر مربع) نسبت به ارقام شیرودی (۲۲۴۵ عدد در متر مربع) و طارم (۱۶۰۰ عدد در متر مربع) در همین تیمار به ترتیب به میزان ۱۴ و ۳۸ درصد افزایش تراکم این علف هرز را به خود اختصاص داد. تعداد علف هرز عدسک آبی در تیمار ۴۰۰ اردک در هکتار در رقم‌های طارم (پنج عدد در متر مربع)، شیرودی (۲۹ عدد در متر مربع) و قائم (۶۰ عدد در متر مربع) نسبت به همین ارقام در شاهد به ترتیب به میزان ۹۹، ۹۸ و ۹۶ درصد کاهش داشت (جدول ۵ و شکل ۳). بسررا و همکاران (Becerra et al., 1994) گزارش نمودند که عدسک آبی با سرعت تکثیر بسیار بالا در تغذیه اردک در مزارع کشت برنج–اردک نقش بسیار مهمی دارد. این در حالی است که ارزش غذایی علف هرز عدسک آبی از نظر میزان پروتئین، ویتامین و اسیدهای آمینه ضروری بسیار شبیه به میزان آن، در کنجاله سویا بوده و اردک به تغذیه از این علف هرز به عنوان یک منبع غذایی در مزارع کشت توأم برنج–اردک، تمایل بسیار فراوانی دارد (Men et al., 1996). در همین زمینه نتایج مشابهی نیز توسط سایر پژوهشگران در رابطه با کاهش معنی‌دار این علف هرز در مزارع کشت توأم برنج–اردک گزارش شده است (Khanduker et al., 2007; Men et al., 2001; Giang et al., 2010).

– آزولا (*Azolla piñata* R. Br.)

رقم، تعداد اردک و برهمکنش رقم × تعداد اردک در سطح احتمال یک درصد، تعداد علف هرز آزولا در واحد سطح را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۴). میزان تراکم این علف هرز در تمامی ارقام برنج با افزایش تراکم اردک در واحد سطح سیر نزولی داشت و بالاترین میزان تراکم این علف هرز در شاهد (بدون حضور اردک) به ترتیب در ارقام قائم (۳۴۹ عدد در متر مربع)، شیرودی (۲۹۰ عدد در متر مربع) و طارم (۱۱۶ عدد در متر مربع) بود؛ این در حالی است که کم‌ترین میزان تراکم این علف هرز در تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار با بالاترین تراکم اردک در واحد سطح در ارقام طارم، شیرودی و قائم (بدون علف هرز آزولا) مشاهده شد (شکل ۳). بررسی اثر متقابل نشان داد که تراکم علف هرز آزولا در تیمار ۴۰۰ اردک در هکتار در ارقام طارم، شیرودی و قائم به ترتیب برابر با ۸، ۳۹ و ۵۸ عدد در متر مربع نسبت به شاهد در ارقام طارم (۱۱۶ عدد در متر مربع)، شیرودی (۳۱۰ عدد در متر مربع) و قائم (۳۵۱ عدد در متر مربع) به ترتیب به میزان ۹۳، ۸۷ و ۸۳ درصد کاهش تعداد علف هرز آزولا را به خود اختصاص دادند. همچنین تفاوت معنی‌داری بین ارقام طارم، شیرودی و قائم (بدون علف هرز آزولا) در تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار از نظر تراکم این علف هرز وجود نداشت (جدول ۵). در مورد ارزش غذایی علف‌هرز آزولا و کنترل بسیار دقیق این علف هرز با تغذیه اردک، در مزارع کشت توأم برنج–اردک گزارش‌هایی منتشر شده است (Hossain et al., 2002). گیاه آزولا علاوه بر ارزش غذایی بالا (۲۳ تا ۳۰ درصد پروتئین خام، چهار درصد چربی خام، ۳/۵ درصد قند محلول و یک درصد فسفر) برای اردک بسیار خوش خوراک بوده و در رشد اردک اثر معنی‌دار دارد (Men et al., 1996). در همین زمینه یونگ و همکاران (Yong et al., 2007) در کشور چین گزارش نمودند که تراکم ۳۰۰ اردک در هکتار باعث کاهش معنی‌دار تراکم این علف هرز در مزارع کشت توأم برنج–اردک می‌شود. همچنین نتایج تحقیقات کیشیدا و اوتسومیا (Kishida & Utsumiya, 1998) در کشور ژاپن مشخص نمود با افزایش تراکم اردک در واحد سطح میزان تراکم این علف هرز به میزان ۱۰۰ درصد (بدون علف هرز آزولا) کاهش می‌یابد. از نتایج این آزمایش نیز استنباط می‌شود که اردک با تغذیه از این علف هرز در تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار نسبت به تیمار ۴۰۰ اردک باعث کاهش معنی‌دار تراکم علف هرز آزولا در این مزارع می‌شود.

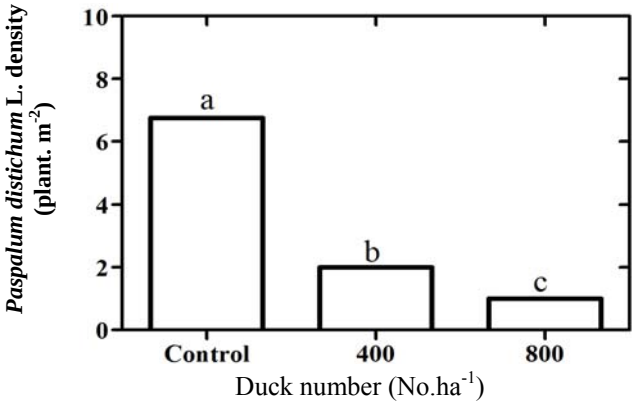
– بندواش (*Paspalum distichum* L.)

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بین رقم و تعداد اردک بود (جدول ۴). براساس نتایج حاصل از میانگین اثرات ساده از میان رقم‌های مورد ارزیابی بالاترین میزان تراکم علف هرز بندواش مربوط به رقم قائم (هشت بوته در متر مربع) نسبت به رقم شیرودی (هفت بوته در متر مربع) و طارم (سه بوته در متر مربع) به ترتیب به میزان ۱۲ و ۶۲ درصد افزایش تراکم بوته بندواش را به خود اختصاص داد (شکل ۱). همچنین بالاترین میزان تراکم این علف هرز در شاهد (هفت بوته در متر مربع) نسبت به تیمار ۴۰۰ اردک در هکتار (دو بوته در متر مربع) و تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار (یک بوته در متر مربع) به ترتیب به میزان ۷۱ و ۸۵ درصد افزایش داشت (شکل ۲). در همین زمینه گزارش شد که اردک با گل-آلود نمودن آب، به کمک منقار و پاهای خود مانع از رسیدن نور کافی به سطح خاک مزارع شالیزار شده و از جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز در این مزارع به طور چشمگیری جلوگیری می‌کند (Zhang et al., 2009). همچنین استفاده از ارقام سنتی و بومی مانند رقم طارم به دلیل قدرت بالای آن در رقابت با انواع علف‌های هرز نسبت به ارقام اصلاح‌شده و هیبرید مانند ارقام شیرودی و قائم، باعث کاهش معنی-دار تراکم علف‌های هرز از جمله علف‌های هرز بندواش، اویارسلام و سوروف در مزارع برنج می‌شود (Yong et al., 2010). در این آزمایش تراکم ۸۰۰ اردک در هکتار به دلیل تغییرات بیشتر در محیط زیست میکروکلیمایی شالیزار این مزارع نسبت به تیمار ۴۰۰ اردک در هکتار و همچنین رقم بومی طارم نسبت به ارقام پاکوتاه و اصلاح شده‌ی مورد ارزیابی در این آزمایش، جمعیت علف هرز بندواش را بیشتر تحت تأثیر قرار داد.



شکل ۱- میانگین تراکم علف هرز بندواش در ارقام مختلف برنج

Fig. 1- Average number of *Paspalum distichum* L. in different rice cultivars



شکل ۲- اثر تعداد اردک در تراکم بوته بندواش

Fig. 2- Effect of ducks number on *Paspalum distichum* L. density

* میانگین‌های دارای حروف یکسان در شکل تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند

* Means with the same letters haven't significant difference based on LSD test on 5% probability level.

- اویارسلام بذری (*Cyperus difformis* L.)

تعداد اردک، رقم و برهمکنش رقم × تعداد اردک اثر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر میزان تراکم علف‌هرز اویارسلام بذری، در واحد سطح داشتند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که بالاترین میزان تراکم این علف هرز در شاهد و به ترتیب در ارقام قائم (۱۸ بوته در متر مربع)، شیرودی (۱۱ بوته در متر مربع) و طارم (پنج بوته در متر مربع) بود که نسبت به ارقام قائم (هشت بوته در متر مربع)، شیرودی (دو بوته در متر مربع) و طارم (سه بوته در متر مربع) در تیمار ۴۰۰ اردک در هکتار به ترتیب به میزان ۵۵، ۸۱ و ۶۶ درصد افزایش تعداد این علف هرز را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). کم‌ترین میزان تراکم این علف هرز در ارقام طارم و شیرودی (۱ بوته در متر مربع) در تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار بود که نسبت به همین ارقام در تیمار ۴۰۰ اردک در هکتار (سه و دو بوته در متر مربع) به ترتیب به میزان ۶۶ و ۵۰ درصد افزایش داشت. میزان تراکم این علف هرز در رقم طارم در شاهد نسبت به همین رقم در تیمار ۴۰۰ و ۸۰۰ اردک در هکتار به ترتیب به میزان ۴۰ و ۸۰ درصد افزایش تراکم این علف هرز را به خود اختصاص داد (شکل ۳).

لیو و همکاران (Liu et al., 1998) بیان نمودند که یکی از بهترین راه‌حل‌های موجود، برای کاهش تراکم علف هرز اویارسلام زرد و بذری با توجه به قدرت تکثیر آنها در مزارع برنج بدون استفاده از سموم کشاورزی، استفاده از اردک در این مزارع می‌باشد. اردک بسیاری از علف‌های هرز کوچک و در حال رشد را که در زیر یا نزدیک سطح آب قرار دارند به همراه بذرهای موجود در خاک این مزارع مورد تغذیه قرار می‌دهد و بدین طریق از جوانه‌زنی و رشد مجدد علف‌های هرز به طور چشمگیری جلوگیری می‌کند (Wei et al., 2010; Shouhui et al., 2006). نتایج مشابهی توسط دیگر محققان در رابطه با تأثیر اردک در کاهش تراکم علف هرز اویارسلام بذری گزارش شده است (Shou et al., 2006; Yong et al., 2005).

- اویارسلام زرد (*Cyperus esculentus* L.)

تراکم بوته علف هرز اویارسلام زرد برای تعداد اردک، رقم و برهمکنش رقم × تعداد اردک معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) شد (جدول ۴). بررسی اثر متقابل تیمارها نشان داد که بالاترین میزان تراکم این علف هرز در شاهد (بدون حضور اردک) در رقم قائم (۶۷ بوته در متر مربع) بود که نسبت به ارقام طارم (چهار بوته در متر مربع)، شیرودی (هفت بوته در متر مربع) و قائم (پنج بوته در متر مربع) در تیمار ۴۰۰ اردک در هکتار به ترتیب به میزان ۹۴، ۸۹ و ۹۲ درصد افزایش تراکم بوته‌ی علف هرز اویارسلام زرد را به خود اختصاص داد. کم‌ترین میزان تراکم علف هرز اویارسلام زرد در تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار در ارقام طارم، شیرودی و قائم (دو بوته در متر مربع) بود که نسبت به ارقام طارم (چهار بوته در متر مربع)، شیرودی (هفت بوته در متر مربع) و قائم (شش بوته در متر مربع) در تیمار ۴۰۰ اردک در هکتار به ترتیب به میزان ۵۰، ۷۱ و ۶۶ درصد افزایش داشت. بالاترین میزان تراکم این علف هرز در شاهد (بدون حضور اردک) در رقم قائم (۶۷ بوته در متر مربع) نسبت به کم‌ترین میزان تراکم این علف هرز در تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار در ارقام طارم، شیرودی و قائم (دو بوته در متر مربع) به میزان ۹۷ درصد افزایش تراکم علف هرز اویارسلام زرد را به خود اختصاص داد (جدول ۵ و شکل ۳).

جدول ٤- میانگین مربعات فلور و تراکم علف‌های هرز (متر مربع) به همراه میزان عملکرد شلتوک در تیمارهای تعداد اردک و رقم

Table 4- Mean squares of weeds flora and density (m^2) along with paddy yield in ducks number and rice cultivar treatments

منابع تغییرات S.O.V.		درجه آزادی df	عدسک آبی *Lemna minor* L.	آزولا *Azolla piñata* R. Br.	بندواش *Paspalum distichum* L.	اویارسلام بذری *Cyperus difformis* L.	اویارسلام زرد *Cyperus esculentus* L.	قاشق‌واش *Alisma plantago-aquatica* L.	سوروف *Echinochloa crus-galli* L.	تنوع علف هرز Weed diversity	تعداد علف هرز Weed number	عملکرد شلتوک Yield paddy
Rep.	تکرار	3	0.32	0.16	0.05	0.08	0.05	0.01	0.04	0.05	1828	207
Duck (D)	تعداد اردک	2	7245.50**	673.89**	5.17**	13.60**	83.07**	3.55**	8.99**	4.28**	23369825**	186348**
Error a	خطای نوع اول	6	0.65	0.28	0.03	0.05	0.07	0.01	0.04	0.05	2047	1168
Cultivar (C)	رقم	2	113.76**	76.96**	0.87**	3.13**	3.56**	0.82**	1.90**	0.42^{ns}	801279**	43574**
D×C	تعداد اردک × رقم	4	36.85**	21.23**	0.05^{ns}	0.78**	1.22**	0.22**	0.26**	0.14^{ns}	644439**	8495**
Error	خطای آزمایشی	18	0.93	0.21	0.03	0.05	0.09	0.01	0.03	0.04	6841	1046
C.V (%)	ضریب تغییرات (٪)	-	5.8	6.9	11.5	11.5	9.9	10.2	10.7	9.2	9.8	9.30

ns: غیر معنی‌دار

ns: Non-significant

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

*, **: are significant at 5 and 1% probability levels, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های عملکرد شلتوک، فلور و تراکم علف‌های هرز (متر مربع) در برهمکنش تیمارهای تعداد اردک × رقم

Table 5- Mean comparison of paddy yield, weeds flora and density (m^2) in interaction effect of ducks number and rice cultivars

تعداد اردک (تعداد در هکتار) Ducks number (No. ha^{-1})	رقم برنج Rice cultivar	عدسک آبی *Lemna minor* L.	آزولا *Azolla pinata* R. Br.	اویارسلام بذری *Cyperus difformis* L.	اویارسلام زرد *Cyperus esculentus* L.	قاشق‌واش *Alisma plantago-aquatica* L.	سوروف *Echinochloa crus-galli* L.	تعداد علف هرز (تعداد در متر مربع) Weed number (No. m^{-2})	عملکرد شلتوک (گرم در متر مربع) Yield paddy (g. m^{-2})
0	طارم Tarom	1527 c*	117 c	4 c	28 c	2 c	3 c	1681 c	202.50 e
	شیرودی Shirodi	2116 b	295 b	9 b	37 b	3 b	6 b	2466 b	224.50 e
	قائم Ghaem	2592 a	340 a	14 a	56 a	4 a	10 a	3016 a	198.50 e
400	طارم Tarom	0 f	0 f	3 d	4 e	0 d	1 de	20 d	299.00 d
	شیرودی Shirodi	22 e	30 e	2 d	6 d	0 d	2 d	56 d	410.120 d
	قائم Ghaem	52 d	42 d	6 c	5 de	2 c	3 c	110 d	400.50 b
800	طارم Tarom	0 f	0 f	1 e	2 f	0 d	0 f	3 e	361.8 c
	شیرودی Shirodi	0 f	0 f	1 e	2 f	0 d	0 f	3 e	536.00 a
	قائم Ghaem	0 f	0 f	2 d	2 f	0 d	1 de	5 f	437.80 b

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارد.

* Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability level using LSD test.

استفاده از ارقام بومی و پابلند نقش بسیار مؤثری در کنترل تراکم علف‌های هرز (اویارسلام زرد و بذری) نسبت به ارقام اصلاح شده دارد (By et al., 2004). در آزمایش حاضر نیز کم‌ترین تراکم تمامی علف‌های هرز از جمله علف هرز اویارسلام زرد در رقم طارم به عنوان رقم بومی و پابلند بدست آمد. در آزمایش‌های انجام شده توسط ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2009) در کشور چین نشان داده شد که کشت توأم برنج–اردک به دلیل تحرک و فعالیت زیاد اردک در این مزارع و به دلیل نامساعد کردن شرایط اکولوژیکی رشد علف‌های هرز باعث کاهش معنی‌دار تراکم علف‌های هرز در این مزارع می‌شود. بنابراین با افزایش تراکم اردک در واحد سطح (تراکم ۸۰۰ اردک در هکتار) به دلیل نامساعدتر شدن شرایط اکولوژیکی رشد علف‌های هرز نسبت به تراکم‌های کمتر اردک (تراکم ۴۰۰ اردک در هکتار)، احتمال کاهش تراکم علف‌های هرز در واحد سطح بیشتری وجود دارد. در همین زمینه نتایج مشابهی توسط یانگ و همکاران گزارش شده است (Yong et al., 2005).

– قاشق‌واش (*Alisma plantago-aquatica* L.)

براساس نتایج تجزیه واریانس عامل تعداد اردک، رقم و اثر متقابل رقم × تعداد اردک در سطح احتمال یک درصد، اثر معنی‌دار در تراکم بوته‌ی علف هرز قاشق‌واش داشتند (جدول ۴). بررسی اثر متقابل نشان داد که بالاترین میزان تراکم این بوته در شاهد در رقم قائم (پنج بوته در متر مربع) نسبت به رقم شیرودی (سه بوته در متر مربع) و طارم (۲ بوته در متر مربع) در همین تیمار به ترتیب به میزان ۴۰ و ۶۰ درصد افزایش تراکم این علف هرز را به خود اختصاص داد. همچنین تفاوت معنی‌دار بین ارقام مورد ارزیابی در تیمار ۴۰۰ و ۸۰۰ اردک در هکتار از نظر تراکم بوته‌ی این علف هرز مشاهده نشد (جدول ۵). بنا بر گزارش شوو و همکاران (Shou et al., 2006) در کشور چین معلوم شد که تراکم ۳۰۰ اردک در هکتار در مزارع کشت توأم برنج–اردک توانایی و قدرت بسیار بالایی در کنترل تراکم علف‌های هرز پهن برگ (علف هرز قاشق‌واش) دارد. با توجه به نتایج آزمایش حاضر، تفاوت معنی‌دار بین تراکم‌های ۸۰۰ و ۴۰۰ اردک در هکتار (بدون علف هرز قاشق‌واش) از نظر تراکم این علف هرز وجود نداشت.

– سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.)

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بین رقم، تعداد اردک و اثر متقابل رقم × تعداد اردک بود (جدول ۴). مقایسه میانگین صفات نشان داد که کم‌ترین میزان تراکم این علف هرز در تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار در ارقام طارم و شیرودی (بدون علف‌هرز سوروف) و بالاترین میزان تراکم این علف هرز در شاهد (بدون حضور اردک) در رقم قائم (۱۰ بوته در متر مربع) بود. تراکم این علف هرز در شاهد در ارقام طارم، شیرودی و قائم به ترتیب برابر با ۴، ۷ و ۱۰ بوته در متر مربع بود که نسبت به ارقام طارم (یک بوته در متر مربع)، شیرودی (سه بوته در متر مربع) و قائم (چهار بوته در متر مربع) در تیمار ۴۰۰ اردک در هکتار به ترتیب به میزان ۷۵، ۵۷ و ۶۰ درصد افزایش تعداد این علف هرز را به خود اختصاص دادند (جدول ۵ و شکل ۳). بر اساس نظر شوو و همکاران (Shou et al., 2006) میزان تراکم این علف هرز در تراکم ۳۰۰ اردک در هکتار نسبت به شاهد (بدون حضور اردک)، به میزان ۹۹ درصد کاهش یافته بود. این در حالی است که در آزمایش حاضر، میزان تراکم این علف هرز در تراکم ۸۰۰ اردک در هکتار به میزان ۹۹ درصد نسبت به شاهد کاهش یافته است و تیمار ۴۰۰ اردک در هکتار توانایی لازم برای کنترل این علف هرز را دارا نبود. همچنین در بین ارقام مورد بررسی، رقم طارم به عنوان رقم بومی و پا بلند با قدرت بالاتر در رقابت با علف‌های هرز نسبت به ارقام دیگر در تراکم ۴۰۰ اردک در هکتار، دارای تراکم کمتری از این علف هرز بود. در همین زمینه نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (Tojo et al., 2007; Shou et al., 2006).

– تعداد علف‌های هرز

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بین رقم، تعداد اردک و برهمکنش رقم × تعداد اردک از نظر تعداد علف هرز بود (جدول ۴). بررسی اثر متقابل نشان داد که بالاترین میزان تعداد علف هرز در واحد سطح در شاهد در رقم قائم (۳۱۱۸ بوته در متر مربع) نسبت به ارقام طارم (۱۶۸۶ بوته در متر مربع) و شیرودی (۲۵۵۲ بوته در متر مربع) در همین تیمار به ترتیب به میزان ۴۶ و ۱۸ درصد افزایش داشت. تعداد علف هرز در واحد سطح در تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار در ارقام طارم (چهار بوته در متر مربع)، شیرودی (پنج بوته در متر مربع) و قائم (نه بوته در متر مربع) نسبت به ارقام طارم (۱۲ بوته در متر مربع)، شیرودی (۶۸ بوته در متر مربع) و قائم (۱۱۵ بوته در متر مربع) در تیمار ۴۰۰ اردک در هکتار به ترتیب به میزان ۶۶، ۹۲ و ۹۶ درصد افزایش تعداد علف هرز در واحد سطح را به خود اختصاص دادند. این در حالی است که تفاوت معنی‌دار در بین ارقام مورد ارزیابی در تیمار ۴۰۰ و ۸۰۰ اردک در هکتار از نظر تعداد علف هرز در واحد سطح وجود نداشت (جدول ۵ و شکل ۳). تغییرات تراکم علف‌های هرز در واحد سطح از جمع تراکم علف‌های هرز در واحد سطح تیمار ارقام برنج (طارم، شیرودی و قائم) در تراکم‌های اردک در واحد سطح (شاهد، ۴۰۰ و ۸۰۰ اردک در هکتار) تشکیل شده است.

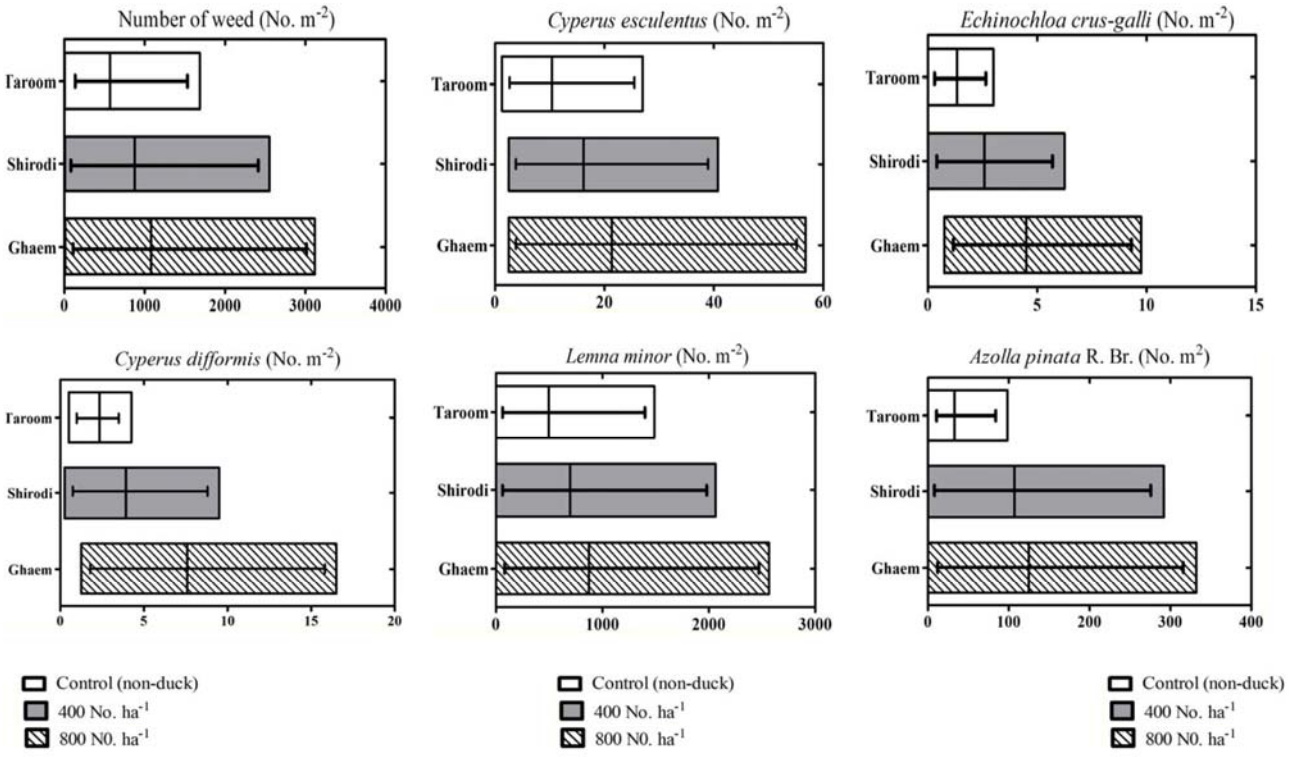
- تنوع علف‌های هرز

تنوع علف‌های هرز در واحد سطح فقط برای تعداد اردک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). بر اساس نتایج حاصل از میانگین اثرات ساده از میان رقم‌های مورد ارزیابی بالاترین میزان تنوع علف هرز در واحد سطح مربوط به رقم قائم (هشت گونه‌ی علف هرز در متر مربع) نسبت به رقم طارم و شیرودی (هفت گونه‌ی علف هرز در متر مربع) به میزان ۱۲ درصد افزایش داشت (شکل ۴). همچنین بالاترین میزان تنوع علف هرز در شاهد (هشت گونه‌ی علف هرز در متر مربع) نسب به تیمار ۴۰۰ اردک در هکتار (چهار گونه‌ی علف هرز در متر مربع) و تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار (یک گونه‌ی علف هرز در متر مربع) به ترتیب به میزان ۵۰ و ۸۷ درصد افزایش تنوع علف هرز را به خود اختصاص داد (شکل ۵). همان‌طور که شوو و همکاران (Shou et al., 2006) گزارش نمودند، مشخص گردید که ارقام هیبرید و اصلاح شده به دلیل ضعف در رقابت با علف‌های هرز در مقایسه با ارقام بومی دارای تنوع علف هرز بالاتری می‌باشند.

نتایج مربوط به تنوع علف‌های هرز در واحد سطح نیز نشان دادند ارقام شیرودی و قائم به عنوان ارقام اصلاح شده، بالاترین میزان تنوع علف هرز را به خود اختصاص داد. این در حالی است که افزایش تراکم اردک در واحد سطح مزارع برنج باعث کاهش معنی‌دار تنوع علف‌های هرز در واحد سطح این مزارع می‌شود. در آزمایش حاضر نیز کم‌ترین میزان تنوع علف‌های هرز در تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار مشاهده شد.

عملکرد شلتوک

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار بین رقم، تعداد اردک و برهمکنش آنها در سطح احتمال یک درصد از نظر صفت عملکرد شلتوک بود (جدول ۴).

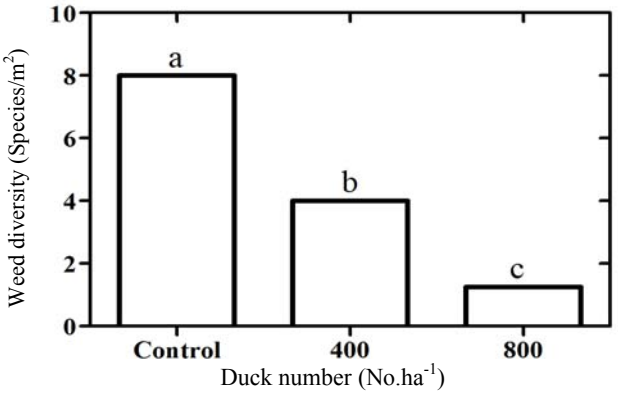


شکل ۳- حداقل، حداکثر، مجموع و تراکم علف‌های هرز مختلف به طور جداگانه در کشت توأم برنج-اردک

Fig. 3- Minimum, maximum, total and density of different weeds in rice-duck farming

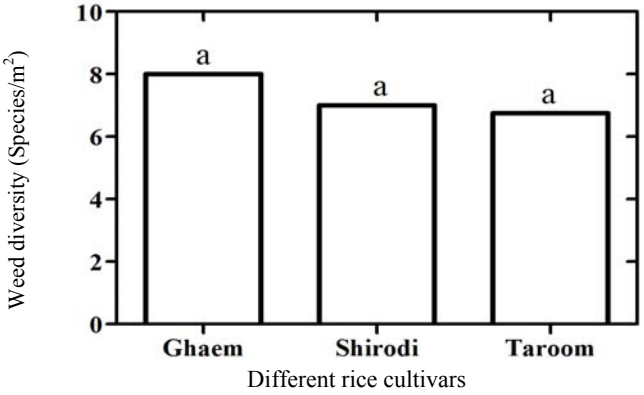
* میانگین‌های دارای دامنه‌ی همپوشانی یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارد.

* Means with the same overlap range haven't significant difference based on LSD test at 5% probability level.



شکل ۵- اثر تعداد اردک در تنوع علف هرز

Figure 5- Effect of ducks number on weeds diversity



شکل ٤- میانگین تنوع علف هرز در ارقام مختلف برنج

Figure 4- Weed diversity in different rice cultivars

* میانگین‌های دارای حروف یکسان در شکل تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند

* Means with the same letters haven't significant difference based on LSD test on 5% probability level.

بررسی اثر متقابل نشان داد که عملکرد شلتوک در تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار به ترتیب در ارقام شیرودی (۵/۳ تن در هکتار)، قائم (۴/۳ تن در هکتار) و طارم (۳/۶ تن در هکتار) نسبت به ارقام شیرودی (۴/۱ تن در هکتار)، قائم (۴ تن در هکتار) و طارم (۲/۹ تن در هکتار) در تیمار ۴۰۰ اردک در هکتار به ترتیب به میزان ۲۳، ۷ و ۲۰ درصد افزایش یافته بود و این میزان نسبت به همین ارقام در شاهد به ترتیب به میزان ۵۸، ۵۶ و ۴۴ درصد افزایش یافت (جدول ۵). سان و همکاران (Xuan et al., 2005) اظهار داشتند عملکرد شلتوک در تراکم ۶۰۰ اردک در هکتار نسبت به تراکم ۳۰۰ اردک در هکتار به ترتیب به میزان ۱۵ و ۱۰ درصد به دلیل بهبود کنترل علف-های هرز افزایش یافته بود.

در همین زمینه نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (Tojo et al., 2007; By et al., 2004). از نتایج این بخش آزمایش می‌توان استنباط نمود که تراکم ۸۰۰ اردک در هکتار با کنترل مناسب‌تر تراکم آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز نسبت به تراکم ۴۰۰ اردک در هکتار و شاهد از افزایش عملکرد بیشتری برخوردار بوده است.

نتیجه‌گیری

انتخاب بهترین تراکم اردک در واحد سطح مزارع کشت توأم برنج–اردک، به عنوان یک عامل مهم در کنترل بیولوژیکی تراکم علف‌های هرز در این مزارع شناخته شده است. به طوری که با تغییر تراکم علف‌های هرز به وسیله‌ی تغییر تراکم اردک در واحد سطح، عملکرد تولیدی نیز تحت تأثیر قرار گرفت. همان‌طور که از نتایج آزمایش حاضر استنباط می‌شود، تراکم علف‌های هرز در مزارع کشت توأم برنج–اردک وابسته به میزان تراکم اردک در واحد سطح است و با افزایش تراکم اردک در واحد سطح از میزان تراکم و تنوع علف‌های هرز مخصوصاً پهن برگ‌ها در این مزارع کاسته شد. همچنین به نظر می‌رسد که استفاده از ارقام پا بلند و بومی منطقه مانند رقم طارم با قدرت رقابتی بالاتر نسبت به ارقام پاکوتاه و اصلاح‌شده مانند ارقام قائم و شیرودی، تا حدود زیادی به کنترل تراکم علف‌های هرز در این مزارع کمک نمود. در مجموع هفت گونه علف هرز، از پنج تیره گیاهی شناسایی شد که شش گونه از علف‌های هرز شناسایی شده، باریک برگ و یک مورد نیز پهن برگ بود. در همین زمینه بالاترین میزان تراکم علف‌های هرز عدسک آبی (۲۶۰۰ عدد در متر مربع)، آزولا (۳۵۰ عدد در متر مربع)، اویارسلام زرد (۶۰ بوته در متر مربع)، اویارسلام بذری (۱۸ بوته در متر مربع)، سوروف (۱۰ بوته در متر مربع)، بندواش (هشت بوته در متر مربع) و قاشق‌واش (چهار بوته در متر مربع) در شاهد و در رقم قائم مشاهده شد. همچنین در بین ارقام مورد ارزیابی کم‌ترین و بالاترین میزان تنوع و تراکم علف‌های هرز به ترتیب در ارقام طارم (بومی) و قائم (اصلاح شده) بود. در پایان، در شرایط آزمایش حاضر رقم طارم و تیمار ۸۰۰ اردک در هکتار با کم‌ترین میزان تنوع و تراکم علف‌های هرز در واحد سطح، برتر از سایر ارقام برنج و تراکم‌های دیگر اردک در واحد سطح بودند.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مسئولان محترم پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان به‌خاطر حمایت‌های مالی در انجام این پژوهش و مهندس کریم باباجانی به خاطر نظرات ارزنده و راهگشا، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1- Ahmed, G.J.U., Hossain, S.T., Islam, M.D.R., and Rabbi, M.D.F. 2004. Rice-duck farming reduces weeding and insecticide requirement and increases grain yield and income of farmers. International Rice Research Notes 29(1): 74-77.

2- Becerra, M., Ogle, B., and Preston T.R. 1994. Effect of replacing whole boiled soybeans with duckweed (*Lemna* sp) in the diets of growing ducks. Livestock Research for Rural Development 7: 34-44.

3- By, D.E., Johnson, M.C.S., Wopereis, D., Mbodj, S., Diallo, S., Powers, S., and Haefele, M. 2004. Timing of weed management and yield losses due to weeds in irrigated rice in the Sahel. Field Crops Research 85: 31-42.

4- Frei, M., Khan, M.A.M., Razzak, M.A., Hossain, M.M., Dewan, S., and Becker, K. 2007. Effects of a mixed culture of *common carp*, *Cyprinus carpio* L., and *Nile tilapia*, *Oreochromis niloticus* (L.), on terrestrial arthropod population, benthic fauna, and weed biomass in rice fields in Bangladesh. Biological Control 41: 207-213.

5- Giang, N., Preston, T.R., and Ogle, B. 2010. Effect on the performance of common ducks of supplementing rice polishings with taro (*Colocacia esculenta*) foliage. Livestock Research for Rural Development 22(10): 10-23.

6- Hossain, S.T., Ahmed, G.J.U., Islam, M.R., and Mahabub, A.A. 2002. Role of ducks in controlling weeds and insects in integrated rice-duck farming. Bangladesh Journal Environment Sciences 6(2): 424-427.

7- Huang, M., Huang, H., and Gan, D.X. 2003. Study on application duck-culturing technique to no-tillage cast-transplant. Journal of Hunan Agricultural University 29: 207-210.

8- International Rice Research Institute (IRRI). 2002. Find out how the qualities of rice are evaluated and scored in this authoritative sourcebook. Standard Evaluation System for Rice. p. 1-54.

9- Isobe, K., Asano, H., and Tsuboki, Y. 1998. Effects of cultivation methods on the emergence of weeds and the growth and yield of paddy rice, with special reference to using aigamo ducks. Japanese Journal Crop Science 67(3): 297-301.

10- Jia, Z., and Misra, P.H. 2007. Developmental exposure to pesticides Zineb and/or Endosulfan renders the nigrostriatal dopamine system more susceptible to these environmental chemicals later in life. Neuro Toxicology 28: 727-735.

11- Khandaker, T., Khan, M.J., Shahjalal, M.D., and Rahman, M. 2007. Use of duckweed (*Lemna perpusilla*) as a protein source feed item in the diet of semi-scavenging jinding layer ducks. The Journal of Poultry Science 44: 314-321.

12- Kim, H.D., Park, J.S., Bang, K.H., Cho, Y.C., Park, K.Y., Kwon, K.C., and Rhoe, Y.D. 1994. Rice growth and yield response in a rice/duck farming system in paddy fields. Korean Journal Crop Sciences 39(4): 339-347.

13- Kishida, Y., and Utsumiya, N. 1988. Integrated farming system of *Azolla-Aigamo* duck meat-rice production in paddy fields, I: effects of aquatic fern *Azolla* on growth of aigamo duck and rice yield. Vocational Agriculture 46(1): 19-23.

14- Krogh, K.A., Mogensen, K., and Vejrup, V. 2003. Environmental properties and effects of nonionic surfactant adjuvants in pesticides: a review. Chemosphere 50: 871-901.

15- Liu, X., Zhiping, L., and Huang, H. 2004. Rules of field weeds in wetland rice-duck compounded system. Journal of Hunan Agricultural University 30(3): 292-294.

16- Liu, R.X., Kuang, J., Gong, Q., and Hou, X.L. 2003. Principal component regression analysis with SPSS. Computer Methods and Program in Biomedicine 71: 141-147.

17- Liu, X., Takayama, K., Yamashita, K., Nakanishi, Y., Manda, M., Inanaga, J., Matsumoto, S., and Nakagama, A. 1998. The effects of integrated azolla-duck-rice farming system on weeding, pest control and the behavior of ducks. Japanese Journal of Livestock Management 34(1): 13-22.

18- Macfadyen, S., Gibson, R., Raso, L., Sint, D., Traugott, M., and Memmott, M. 2009. Parasitoid control of aphids in organic and conventional farming systems. Agricultural Ecosystem Environment 133: 14-18.

19- Men, B.X., Ogle, B., and Lindberg, E. 2001. Use of duckweed as a protein supplement for growing ducks. Department of Animal Nutrition and Management 23: 1741-1746.

20- Men, B.X., Ogle, B., and Preston, T.R. 1996. Duckweed (*Lemna* spp.) as replacement for roasted soya beans in diets of broken rice for fattening ducks on a small scale farm in the Mekong delta. Livestock Research for Rural Development 8: 34-41.

21- Morin, L., Reid, A.M., Sims-Chilton, N.M., Buckley, Y.M., Dhileepan, K., Hastwell, G.T., Nordblom, T.I., and Raghu, S. 2009. Review of approaches to evaluate the effectiveness of weed biological control agents. Biological Control 51: 1-15.

22- SAS Institute Inc. 2002. The SAS System for Windows, Release 9.0. Statistical Analysis 810 Systems Institute, Cary. NC. USA.

23- Shou, W., Sheng, H.Q., and Jian, W.Q. 2006. Influence of long-term rice-duck farming systems on the composition and diversity of weed communities in paddy fields. Journal of Plant Ecology 1: 1-9.

24- Shouhui, W., Sheng, Q., and Bo, M. 2006. Influence of long-term rice-duck farming systems on the composition and diversity old weed communities in paddy fields. Acta Phytoecologica Science 30(1): 9-16.

25- Tang, W., Zhu, Y.Z., Hua, Q.H., Qiang, S., and Bruce, A.A. 2011. Field evaluation of *Sclerotium rolfsii*, a biological control agent for broadleaf weeds in dry, direct-seeded rice. Crop Protection 30: 1315-1320.
26- Tojo, S., Yoshizawa, M., and Motobayashi, T. 2007. Effects of loosing aigamo ducks on the growth of rice plants, weeds, and the number of arthropods in paddy fields. Weed Biology and Management 7: 38-43.
27- Wang, H., Huang, H., Yang, Z.H., and Liao, X.L. 2003. Integrated benefits of rice-duck complex ecosystem. Rural Ecological Environment 19: 23-26.
28- Wei, W., Xiaoli, X., and Yonghong, X. 2010. Progress in the researches of seed bank in rice paddy fields. Ecology and Environmental Sciences 19(11): 2758-2763.
29- Xi, Y.G., and P. Qin. 2009. Emergy evaluation of organic rice-duck mutualism system. Ecology Engineering 35: 1677-1683.
30- Xuan, T.D., Shinkichi, T., Khanh, T.D., and Chung, L.M. 2005. Biological control of weeds and plant pathogens in paddy rice by exploiting plant allelopathy: an overview. Crop Protection 24: 197-206.
31- Yamazaki, M., Yasuda, N., Yamada, T., Ota, K., and Kimura, M. 2004. Comparison of aquatic organisms communities between paddy fields under rice-duck (aigamo) farming and paddy fields under conventional farming. Soil Science and Plant Nutrition 50: 375-383.
32- Yong, Y., Tai, S., and Bao, X. 2010. Effects of different rice farming systems on paddy field weed community. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research 21(6): 1603-8.
33- Yong, Y., Tai, S., and Bao, X. 2007. Controlling effects of multiple species coexistence on rice diseases, pests and weeds in paddy field ecosystem. Institute of Agroecology and Eco-engineering 18(5): 113-126.
34- Yong, Y., Tai, S., and Bao, X. 2005, Control effects of rice-duck farming and other weed management strategies on weed communities in paddy fields. Weed Research Laboratory 16(6): 1067-1071.
35- Yonghua, Z. and Guobin, D. 1998. Benefits analysis and comprehensive evaluation of rice-fish-duck symbiotic model. China Journal Ecological Agriculture 6(1): 48–51.
36- Zhang, J.E., Xu, R., Chen, X., and Quan, G. 2009. Effects of duck activities on a weed community under a transplanted rice-duck farming system in southern China. Weed Biology and Management 9: 250-257.
37- Zhang, J.E., Zhao, M.Y., and Chen, J. 2005. Effects of integrated rice duck farming system on the growth of rice. Ecology Science 24(2): 117-119.
38- Zhang, J., Lu, E., and Zhang, X.J. 2002. Study on the function and benefit of rice-duck agroecosystem. Ecology Science 21(1): 6-10.
39- Zhen, N.H., Wang, Q.S., Shen, X.K., Zhang, W.J., Bian, X.M., and Huang, P.S. 2004. Current status and technical prospect of rice-duck mutualistic eco-farming in China. Journal of Ecology and Rural Environment 20(4): 64–67.
40- Zheng, Y.H., Deng, G.B., and Lu, G.M. 1997. A study on economic benefits of rice-fish-duck complex ecosystem. Chinese Journal of Applied Ecology 8(4): 431-434.