Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 487-477

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 477-487

واکنش عملکرد و اجزای عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) رقم طارم هاشمی در کشت توأم برنج، اردک و *آزولا* (*Azolla* sp.)

محمد غروی بایگی[1]، همت‌اله پیردشتی[2*]، ارسطو عباسیان[3] و قاسم آقاجانی مازندرانی[4]

تاریخ دریافت:1391/02/04
تاریخ پذیرش:1392/08/26

چکیده

به منظور ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) رقم طارم هاشمی در کشت توأم برنج، اردک و *آزولا* (*Azolla* sp.)، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال زراعی 92-1391 اجرا شد. در این آزمایش تعداد اردک به عنوان عامل اصلی در چهار سطح (صفر، 400، 800 و 1200 قطعه در هکتار) و منبع کود نیتروژن به عنوان عامل فرعی در چهار سطح (بدون *آزولا* و نیتروژن، نیتروژن از منبع اوره (50 کیلوگرم در هکتار)، *آزولا* (500 گرم در متر مربع) و *آزولا* (500 گرم در متر مربع) + نیتروژن (50 کیلوگرم در هکتار)) در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار تعداد اردک، منبع کود نیتروژن و برهمکنش آن‌ها از نظر صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، تعداد دانه در خوشه و عملکرد شلتوک بود. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین برهمکنش صفات، بالاترین مقادیر ارتفاع بوته (133 سانتی‌متر)، تعداد پنجه در بوته (38 عدد)، تعداد دانه در خوشه (171 عدد) و عملکرد شلتوک (4000 کیلوگرم در هکتار) در تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار به همراه *آزولا* و نیتروژن مشاهده شد. در مجموع نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان داد که افزایش تراکم اردک در واحد سطح از 400 تا 1200 قطعه در هکتار به همراه کاربرد *آزولا* و نیتروژن منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد برنج (رقم طارم هاشمی) شد.

واژه‌های کلیدی: خوشه، شلتوک، کشت تلفیقی، کشت زیستی، نیتروژن

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از غذاهای اصلی و مهم مردم جهان می‌باشد که میزان تولید جهانی آن در سال 2012 میلادی حدود 718 میلیون تن گزارش شده است. میزان تولید انواع گونه‌های شلتوک کشور حدود 2/4 میلیون تن برآورد شده که 46/3 درصد آن توسط کشاورزان مازندرانی و 24/2 درصد توسط شالیکاران گیلانی تولید شده است. این دو استان ساحلی جمعاً 70/5 درصد از شلتوک کشور را تولید کرده‌اند. همچنین سطح زیر کشت برنج در ایران 480/000 هکتار و میانگین عملکرد آن پنج تن در هکتار است (Agricultural Statistics, 2011; FAO, 2012). در ایران در سال‌های اخیر اثر مدیریت کشاورزی بر خواص خاک و عملکرد محصول به طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است (Lopes et al., 2011). همچنین لزوم سلامت محصولات تولید شده در نظام-های مختلف کشاورزی از نظر وجود بقایای سموم شیمیایی و تأثیر آن‌ها بر سلامت انسان و محیط زیست، سبب شده است تا روش‌های تولید محصولات زارعی و نهاده‌های بکار رفته در تولید آن‌ها بسیار مورد توجه واقع شود (Yu et al., 2005; Flohre et al., 2011). در این میان استفاده از عوامل طبیعی برای مبارزه با علف‌های هرز و آفات و جایگزین کردن کودهای طبیعی به جای کودهای شیمیایی علاوه بر تأمین سلامت انسان و محیط زیست، نقش بسیار مهمی در کشاورزی پایدار ایفاء می‌کند (Lopes et al., 2011).

1، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، مربی گروه زراعت و مربی گروه آبیاری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
2- دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی‌ها نشان می‌دهد که استفاده از اردک به عنوان عامل بیولوژیک در بهبود شرایط اکولوژیکی رشد برنج، علاوه بر افزایش تنوع زیستی، فعالیت موجودات زنده خاک، کارایی انرژی و رشد رویشی برنج، باعث بهبود عملکرد برنج نیز می‌گردد (Wang et al., 2006; Li et al., 2008; Lopes et al., 2011). 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 در نتیجه از جوانه‌زنی و رشد مجدد علف‌های هرز در این مزارع به طور چشمگیری جلوگیری می‌کند (Zhang et al., 2009; Flohre et al., 2011). همچنین اردک با تغذیه از حشرات به عنوان یک منبع غذایی، باعث کاهش تراکم و خسارت آن‌ها در شالیزار می‌گردد (Yang et al., 2004; Weiling et al., 2008). علاوه بر این، اردک می‌تواند به عنوان یک منبع درآمد جانبی برای کشاورزان محسوب شود (Xie et al., 2005; Weiling et al., 2008). این روش کشت از نظر بهره‌وری آب نیز کاراتر از روش تک کشتی برنج می‌باشد. همچنین تراکم‌های متفاوتی از 225 تا 1200 قطعه اردک در هکتار در شالیزار برای کنترل تراکم علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها توصیه شده است که این موضوع نشان می‌دهد تراکم‌های توصیه شده در واحد سطح بستگی به شرایط آب و هوایی، ارقام برنج و نوع اردک مورد بررسی در آزمایش دارد (Wang et al., 2006; Mohammadi et al., 2013).

استفاده از کودهای شیمیایی در کشت برنج نقش مهمی در افزایش عملکرد و در نهایت، تولید برنج دارد. اگرچه نتایج تحقیقات نشان داده است که استفاده بی‌رویه از این کودها به ویژه اوره مشکلاتی از جمله آلودگی آب‌های زیرزمینی، تجمع مواد آلاینده نظیر نیترات در اندام‌های مصرفی گیاه، کاهش باروری خاک به دنبال از بین رفتن هوموس و مشکلات بهداشتی را به همراه خواهد داشت (Phongpan & Mosier, 2003; Mohammadian, 2005). در این راستا یکی از راهکارهای کشاورزی نوین، استفاده از مواد آلی به عنوان منبع خوب و مناسب برای تأمین عناصر غذایی خاک امری مهم تلقی می‌شود. نتایج آزمایشات نشان می‌دهد که استفاده از کود آلی می‌تواند اثرات مثبتی بر عملکرد دانه برنج و برخی از صفات زراعی مرتبط با عملکرد دانه داشته باشد (Saiee et al., 2010).

آزولا (*Azolla* sp.) یکی از مهمترین موجودات زنده تأمین کننده نیتروژن مورد نیاز برنج می‌باشد که از همزیستی جلبک سبز- آبی *آنابنا* آزولی[1] برخوردار است و به واسطه همین زندگی مشترک، نیتروژن هوا را تثبیت می‌نماید (Subba Rao, 1988). این گیاه می‌تواند در صورت فراهم بودن شرایط مناسب سبب افزایش روزانه دو تا چهار کیلوگرم نیتروژن در هر هکتار شود که معادل 10 تا 20 کیلوگرم سولفات آمونیوم است (Ghareyazie, 1989; Mohammadi & Azimi Ghalibaph, 2008). ورود *آزولا* به ایران برای افزایش نیتروژن و تثبیت نیتروژن در شالیزارها صورت گرفت ولی به دلیل عدم کاربرد صحیح، امروزه خود یک مشکل محسوب می‌شود. در حالی‌که در کشورهای آسیای جنوب شرقی سال‌هاست که این گیاه علاوه بر انتقال نیتروژن هوا به خاک، سبب جلوگیری از رشد علف‌های هرز، جلوگیری از تبخیر آب شالیزار و در نتیجه صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود (Tavasoli and Baghestani, 2006). *آزولا* با کاهش تبادلات گازی و نوری در شرایط غرقاب، جمعیت علف‌های هرز را کنترل می‌کند. در مطالعه‌ای بیان شده است که استفاده از *آزولا* به میزان 500 گرم در هر متر مربع به صورت تازه و بلافاصله پس از نشاکاری برنج می‌تواند جمعیت علف‌های هرز را به میزان 72-50 درصد تا 50 روز بعد از نشاکاری برنج کاهش دهد که علت این امر سایه‌اندازی روی سطح آب می‌باشد (Alejar & Aragones, 1989; Ahmadneia & Rafiee, 2008). از سوی دیگر، این گیاه علاوه بر ارزش غذایی بالا، برای اردک بسیار خوش خوراک بوده و در رشد اردک نیز اثر معنی‌دار دارد (Hossain et al., 2002). نتایج آزمایشات نشان داد که در صورت استفاده از کود شیمیایی به همراه *آزولا* میزان عملکرد برنج نسبت به سایر روش‌های کشت بیشتر است. چون *آزولا* به همراه کود شیمیایی بیشتر رشد و نمو می‌کند و به دلیل فراوانی جلبک سبز- آبی همزیست با آن، نیتروژن هوا را بیشتر تثبیت کرده و آن را به صورت تدریجی و مداوم در اختیار گیاه برنج قرار می‌دهد (Roger et al., 1990).

بنابراین به نظر می‌رسد بهره‌گیری از اردک و *آزولا* به دلیل سازگاری بسیار مناسب به عنوان عوامل کنترل بیولوژیک در شرایط غرقاب، می‌توانند کشت برنج را به سمت پایداری، ایجاد منبع درآمدی جدید و همچنین تولید محصولی سالم‌تر نسبت به کشت مرسوم سوق دهند (Hasegawa et al., 2005; Lopes et al., 2011). پژوهش حاضر با هدف بررسی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد برنج (رقم

1- *Annabena azolli*

www.SID.ir

Archive of SID

طارم هاشمی) در کشت توأم برنج- اردک- *آزولا* به مرحله اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری واقع در کیلومتر 9 جاده دریا با مختصات جغرافیایی 36 درجه و 39 دقیقه عرض شمالی و 53 درجه و 4 دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ارتفاع 11 متر پایین‌تر از سطح دریا در سال زراعی 92-1391 اجرا گردید. در این پژوهش تأثیر دو عامل تعداد اردک و *آزولا* به همراه نیتروژن در قالب کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. عامل اصلی تعداد اردک در چهار سطح (صفر (بدون حضور اردک)، تراکم 400، 800 و 1200 قطعه در هکتار) و عامل فرعی *آزولا* به همراه نیتروژن در چهار سطح (شاهد (بدون *آزولا* و نیتروژن)، نیتروژن از منبع اوره (50 کیلوگرم در هکتار)، *آزولا* (500 گرم در متر مربع) و *آزولا* (500 گرم در متر مربع) همراه با نیتروژن (50 کیلوگرم اوره در هکتار)) در نظر گرفته شدند. رقم مورد استفاده در طرح، طارم هاشمی بود. میزان *آزولا* 500 گرم در متر مربع به صورت تازه و بلافاصله پس از نشاکاری برنج به مزرعه اضافه شد (Alejar & Aragones, 1989). زمین اصلی به مساحت 1500 متر مربع جهت اجرای آزمایش انتخاب و پس از آبیاری و دو بار شخم توسط تیلر به عمق 30-25 سانتی‌متر، تسطیح، مرزبندی و ماله‌کشی گردید. برای احداث خزانه نیز قسمتی از زمین انتخاب و پشته‌ای به عرض یک متر و طول متوسط 10 متر آماده شد. بذرپاشی شلتوک در خزانه در تاریخ 1391/2/2 انجام شد و میزان بذر مصرفی در خزانه 60 کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. نشاءکاری نیز در تاریخ 1391/3/3 صورت پذیرفت. ابعاد هر کرت 28 متر مربع، فاصله پشته‌ها از یکدیگر 50 سانتی‌متر، فاصله دو بوته روی هر خط 25 سانتی‌متر (Mohammadi et al., 2013) و تعداد گیاهچه سه عدد در هر کپه در نظر گرفته شد. آرایش بوته‌ها در داخل کرت‌ها به حالت مربعی و فاصله بین بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. همچنین برای تأمین نیاز مواد غذایی برنج، 40 روز قبل از نشاکاری کود حیوانی (گاوی) به میزان 20 تن در هکتار و در طول دوره رشد برنج میزان 340 کیلوگرم در هکتار از کود ارگانیک هیومیسل (از منبع کودهای حیوانی و سنگ‌های معدنی از شرکت مازند گستر فراسو) برای تأمین نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر میکرو در مرحله پنجه‌زنی و خوشه‌دهی استفاده گردید. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت در جدول 1، کود حیوانی در جدول 2 و کود ارگانیک هیومیسل در جدول 3 ارائه شده است.

جدول 1- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق 30-0 سانتی متری

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

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

جدول 2- برخی از خصوصیات شیمیایی کود آلی مورد استفاده

Table 2- Some chemical properties of organic fertilizers

نوع نهاده	مس	منگنز	روی	آهن	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
Type of inputs	Cu	Mn	Zn	Fe	K	P	N	pH	EC (dS.m^{-1})
	میلی‌گرم در کیلوگرم (mg.kg^{-1})				(%)				
کودگاوی Cow Manure	4	72	54	1611	0.81	1.02	2.4	7.73	13.6

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 3- برخی از خصوصیات شیمیایی کود ارگانیک هیومیسل
Table 3- Some chemical properties of organic Humisel fertilizers

نوع نهاده	آمینو اسید	اسیدیته	ماده آلی	پتاسیم	نیتروژن	فولویک اسید	هیومیک اسید
Type of input	Amino Acid	pH	Organic Matter	K_2O	N Organic	Fulvic Acid	Humic Acid
کود هیومیسل	(%)						
Humisel	15	11-13	30	5	2	7	13

آزادسازی جوجه اردک‌ها از نوع محلی با سن 20 روز بعد از گذشت 20 روز از نشاکاری انجام گرفت. در ضمن برای جداسازی اردک‌ها و اعمال تیمارها، اطراف مزرعه به وسیله توری‌های فلزی و درون مزرعه به وسیله توری‌های پلاستیکی از یکدیگر جدا گردیدند و روزانه جهت اجبار فعالیت اردک‌ها برای کنترل بهتر تراکم آفات و علف‌های هرز به میزان 30 درصد کمتر از حد مطلوب تغذیه شدند (Mohammadi et al., 2013). همچنین در طول دوره رشد برنج برای مبارزه با آفات از جمله کرم ساقه‌خوار برنج از محلول پاشی سیلیس مایع در دو مرحله پنجه‌زنی و خوشه‌دهی (غلظت سه در 1000)، زنبور تریکوگراما[1](100 بسته در هکتار)، فرومون‌های جنسی (سه کپسول در هکتار برای هر دوره از سیکل زندگی کرم ساقه‌خوار برنج) استفاده شد.

نمونه‌برداری‌ها برای تعیین عملکرد شلتوک با استفاده از کوادرات، از درون هر کرت با رعایت اثر حاشیه به طور جداگانه بر اساس دستورالعمل موسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (IRRI, 2002) انجام گردید. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.1 (SAS Institute, 2002) انجام و مقایسه میانگین اثرات ساده و متقابل صفات با استفاده از روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

تعداد پنجه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ($p\leq0/01$) اثر تعداد اردک، منبع کود نیتروژن و برهمکنش آن‌ها در تعداد پنجه در بوته (کپه) بود (جدول 4). تعداد پنجه در کپه در تمامی تیمارها با افزایش تراکم اردک در واحد سطح سیر افزایشی داشته و حداکثر تعداد پنجه در کپه در تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار به ترتیب در *آزولا* + نیتروژن (38 عدد پنجه در کپه)، نیتروژن (34 عدد پنجه در کپه)، *آزولا* (17 عدد پنجه در کپه) و بدون *آزولا* و نیتروژن (15 عدد پنجه در کپه) بود. کمترین میزان تعداد پنجه در کپه در تیمار بدون اردک در *آزولا* + نیتروژن (24 عدد پنجه در کپه)، نیتروژن (21 عدد پنجه در کپه)، *آزولا* (15 عدد پنجه در کپه) و بدون *آزولا* و نیتروژن (13 عدد پنجه در کپه) بود که نسبت به همین تیمارها در 400 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (3، 5، 4 و 12) درصد، در 800 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (7، 11، 9 و 10) درصد و در 1200 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (57، 65، 13 و 15) درصد کاهش داشت (جدول 5). در تحقیقاتی گزارش شده است کمترین میزان تعداد پنجه در کپه در تیمار شاهد در رقم‌های شیرودی، قائم و طارم (به ترتیب 15، 14 و 13 عدد پنجه در کپه) بود که نسبت به همین ارقام در تیمار 800 قطعه اردک در هکتار به ترتیب به میزان 35، 33 و 32 درصد کاهش داشت (Mohammadi et al., 2013). در همین زمینه نتایج مشابهی توسط سایر محققان در رابطه با افزایش تعداد پنجه به‌دلیل کنترل مناسب آفات و علف‌های هرز در این مزارع گزارش شده است (Hossain et al., 2002; Zhang et al., 2009).

تعداد پنجه بارور: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر اختلاف معنی‌دار اثر تعداد اردک، منبع کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد ($p\leq0/01$) بود، ولی برهمکنش تعداد اردک × منبع کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول 4). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارها، تعداد پنجه بارور در تمامی تیمارها با افزایش تراکم اردک در واحد سطح سیر افزایشی داشته و حداکثر تعداد پنجه بارور در تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار حدود (22 عدد) به دست آمد. کمترین میزان این صفت در تیمار بدون اردک (16 عدد) بود که نسبت به تراکم 400، 800 و 1200 قطعه اردک در هکتار به ترتیب 12، 18 و 35 درصد کاهش نشان داد.

1- *Trichogramma* sp.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 4- میانگین مربعات اثر اردک و منبع کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج، رقم طارم هاشمی

Table 4- Mean Squares of duck and nitrogen fertilizer source on yield and yield components of rice, Tarom Hashemi

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS) ارتفاع بوته Plant height	تعداد پنجه در بوته Tillers per plant	طول خوشه Cluster length	تعداد پنجه بارور در بوته Number of fertile tillers per plant
بلوک Block	2	297.08	47.64	10.43	15.43
اردک (A) Duck (A)	3	301.24**	153.79**	11.32 ns	71.24**
خطای اصلی Error a	6	6.01	4.50	10.16	2.82
منبع کود نیتروژن (B) Nitrogen fertilizer source (B)	3	3746.94**	563.46**	158.70**	360.91**
A×B	9	71.25**	34.74**	1.43ns	4.11ns
خطای آزمایشی Error	24	8.44	3.23	2.51	1.81
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	3	8	7	7

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS) وزن هزار دانه Grain weight	تعداد دانه در خوشه Number of grains per panicle	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد شلتوک Paddy yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	14.08	60.25	77727.08	351039.58	104.17
اردک (A) Duck (A)	3	109.85**	1492.38**	10502952.08**	2746136.11**	11.54ns
خطای اصلی Error a	6	3.75	77.47	142143.75	190509.02	71.67
منبع کود نیتروژن (B) Nitrogen fertilizer source (B)	3	41.35**	12664.72**	27024368.75**	3202519.44**	66.40ns
A×B	9	2.13 ns	104.37**	133918.75ns	121987.96*	11.92ns
خطای آزمایشی Error	24	1.66	31.25	119839.60	52558.33	24.41
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	4	4	5	7	10

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال 5 و 1 درصد، ns نیز عدم معنی‌داری می‌باشد.

Significant at the 5 and 1 percent levels, respectively, ns is the lack of significant.** ,*

همچنین حداکثر تعداد پنجه بارور در تیمار منبع کود نیتروژن مربوط به *آزولا* + نیتروژن بود که حدود (24 عدد) به دست آمد. کمترین میزان این صفت در تیمار بدون *آزولا* و نیتروژن (13 عدد) بود که نسبت به آزولا، نیتروژن و *آزولا* + نیتروژن به ترتیب 7، 65 و

www.SID.ir

Archive of SID

78 درصد کاهش نشان داد (جدول6). در گزارش تحقیقات آمده است که تعداد پنجه بارور در کپه (R^2=0/81) دارای بیشترین همبستگی نسبت به افزایش تراکم اردک در واحد سطح بوده است (Mohammadi et al., 2013). در همین راستا آزمایش‌های انجام شده توسط ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2009) بیانگر نقش بسیار مهم و مؤثر کشت ارگانیک برنج- اردک در بهبود شرایط اکولوژیکی رشد برنج و افزایش معنی‌دار تعداد پنجه و تعداد پنجه بارور به دلیل بهبود خصوصیات خاک، کنترل مناسب آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در این مزارع دارد. در این آزمایش با افزایش تراکم اردک در تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار با بهبود شرایط اکولوژیکی رشد برنج تعداد پنجه بارور نیز به طور معنی‌داری افزایش یافته بود.

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد (p≤0/01) اثر تعداد اردک، منبع کود نیتروژن و برهمکنش آن‌ها بود (جدول 4). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها، میزان ارتفاع بوته با افزایش تراکم اردک در واحد سطح نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت و حداکثر ارتفاع بوته در تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار و تیمار منبع کود نیتروژن (133 سانتی‌متر) به دست آمد. همچنین کمترین میزان آن در تیمار بدون اردک و تیمار بدون *آزولا* و نیتروژن (78 سانتی‌متر) به دست آمد (جدول 5). در گزارش تحقیقاتی آمده است با وجود اینکه در مزارع ارگانیک کشت توأم برنج- اردک از سموم و کودهای شیمیایی استفاده نشده بود، ولی نسبت به مزارع کشت رایج برنج تفاوت معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته نبود. زیرا اردک در مزارع ارگانیک برنج به عنوان یک ابزار قدرتمند در مدیریت تلفیقی آفات و کنترل علف‌های هرز عمل کرده و باعث کاهش تراکم آفات مثل کرم ساقه- خوار و کرم برگ‌خوار، بیماری‌ها مثل بلاست، شیت بلایت (لکه قهوه- ای) و علف‌های هرز مثل اویارسلام (*Cyperus* spp.)، سوروف (*Echinocloa crus-galli* L.) ، بندواش *Paspalum notatum* (L.)، قاشق‌واش (*Alisma plantago-aquatica* L.) و غیره در این مزارع می‌شود (Hossain et al., 2002). همچنین در تحقیق دیگری گزارش شده است که ارتفاع بوته با افزایش تراکم اردک در واحد سطح نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد و حداکثر آن در تیمار 400 و 800 قطعه اردک در هکتار (به ترتیب برابر با 153 و 156 سانتی‌متر) که نسبت به تیمار شاهد (87 سانتی‌متر) به ترتیب به میزان 43 و 44 درصد افزایش ارتفاع را به خود اختصاص دادند (Mohammadi et al., 2013).

تعداد دانه در خوشه: نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تعداد اردک، منبع کود نیتروژن و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد (p≤0/01) بود (جدول 4). بررسی برهمکنش تیمارها نشان داد در تمامی تیمارها با افزایش تراکم اردک در واحد سطح میزان تعداد دانه در خوشه سیر افزایشی داشته و حداکثر میزان این صفت در تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار و تیمار منبع کود نیتروژن (171 دانه در خوشه) به دست آمد. کمترین میزان تعداد دانه در خوشه در تیمار بدون اردک در *آزولا* + نیتروژن (140 دانه در خوشه)، نیتروژن (115 دانه در خوشه)، *آزولا* (73 دانه در خوشه) و بدون *آزولا* و نیتروژن (78 دانه در خوشه) بود که نسبت به همین تیمارها در 400 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (12، 3، 37 و 9) درصد، در 800 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (18، 11، 46 و 11) درصد و در 1200 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (22، 21، 51 و 15) درصد کاهش داشت (جدول5). محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2013) بیان نمودند تعداد دانه در خوشه در رقم طارم در تیمار شاهد (95 دانه در خوشه) نسبت به تیمار 400 قطعه اردک در هکتار (127 دانه در خوشه) و نسبت به 800 قطعه اردک در هکتار (132 دانه در خوشه) به ترتیب به میزان 34 و 39 درصد کاهش داشت. حسین و همکاران (Hossain et al., 2002) گزارش نمودند که تعداد دانه در خوشه در کشت توأم برنج- اردک نسبت به تیمار شاهد و کشت خالص برنج (کشاورزی رایج) به طور معنی‌داری افزایش یافت.

طول خوشه: منبع کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد (p≤0/01) طول خوشه را تحت تأثیر قرار داد، ولی در تعداد اردک و برهمکنش تعداد اردک x منبع کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول 4). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارها، میزان طول خوشه در تیمار تراکم اردک به ترتیب در 1200 قطعه (22/85 سانتی‌متر)، 800 قطعه (22/20 سانتی‌متر)، 400 قطعه (21/38 سانتی‌متر) و بدون حضور اردک (20/61 سانتی‌متر) بود. همچنین میزان این صفت در تیمار منبع کود نیتروژن به ترتیب در *آزولا* + نیتروژن (25/51 سانتی‌متر)، نیتروژن (24/14 سانتی‌متر)، *آزولا* (19/44 سانتی‌متر) و بدون *آزولا* و نیتروژن (17/95 سانتی‌متر) به دست آمد. بالاترین میزان طول خوشه در تیمار تراکم اردک مربوط به تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار بود که نسبت به تیمار شاهد از

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش حدود 11 درصدی برخوردار بود. همچنین بالاترین میزان این صفت در تیمارهای *آزولا* به همراه نیتروژن مربوط بـه تیمـار *آزولا* + نیتروژن به دست آمد که نسبت به تیمـار شـاهد افـزایش حـدود 42 درصدی داشت (جدول 6). در تحقیقی گزارش شده است میزان طول خوشه در رقم طارم در تیمار بدون اردک (21 سانتی‌متـر) نسـبت بـه تیمار 400 قطعه اردک در هکتار (25 سـانتی‌متـر) و نسـبت بـه 800 قطعه اردک در هکتار (28 سانتی‌متر) به ترتیـب بـه میـزان 19 و 33 درصد کاهش داشته است (Mohammadi et al., 2013).

وزن هزار دانه: بر اساس نتایج تجزیه واریانس عامل تعداد اردک و منبع کود نیتروژن در سـطح احتمـال یـک درصـد ($p\leq0/01$)، اثـر معنی‌داری در میزان وزن هـزار دانـه داشـته ولـی بـرهمکنش آن‌هـا اختلاف معنی‌داری نداشـت (جـدول 4). بـر اسـاس نتـایج حاصـل از مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارها، بالاترین میزان وزن هزار دانه در تراکم اردک مربوط به تیمـار 1200 قطعـه اردک در هکتـار بـود کـه نسبت به تیمار بدون اردک از افزایش حدود 27 درصدی برخوردار بود. همچنین بالاترین میزان آن در تیمارهای منبع کود نیتروژن مربوط به تیمار *آزولا* + نیتروژن به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش حدود 13 درصدی داشـت (جـدول 6). در مطالعـه‌ای محققـان بیـان نمودند بالاترین میزان وزن هزار دانه متعلق به تیمار 800 قطعه اردک در هکتار (35 گرم) بود که نسبت به تیمار 400 قطعه اردک در هکتار و بدون اردک به ترتیب بـه میـزان 11 و 26 درصـد افـزایش داشـت (Mohammadi et al., 2013). همچنین در تحقیق دیگـری نشـان داده شد وزن صد دانه در تراکم 400 قطعه اردک در هکتار نسبت بـه تیمار شـاهد بـه میـزان 15 درصـد افـزایش معنـی‌داری یافتـه بـود (Hossain et al., 2002).

عملکرد شلتوک: بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌هـا عامـل تعـداد اردک و منبـع کـود نیتـروژن در سـطح احتمـال یـک درصـد ($p\leq0/01$) و برهمکنش تعداد اردک × منبع کـود نیتـروژن در سـطح احتمال پنج درصد ($p\leq0/05$) عملکرد شلتوک را تحت تأثیر قرار دادند (جدول 4). بررسی برهمکنش آن‌ها نشان داد بالاترین میزان عملکرد دانه در واحد سطح در تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار و تیمار *آزولا* + نیتروژن (4000 کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. کمتـرین میـزان عملکرد دانه در تیمار بدون اردک در *آزولا* + نیتروژن (3400 کیلوگرم در هکتار)، نیتروژن (2600 کیلوگرم در هکتار)، *آزولا* (1777 کیلوگرم در هکتار) و بدون *آزولا* و نیتروژن (2100 کیلوگرم در هکتار) بود که نسبت به همین تیمارها در 400 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (9، 23، 41 و 13) درصد، در 800 قطعه اردک در هکتـار بـه ترتیـب حدود (15، 31، 69 و 38) درصد و در 1200 قطعه اردک در هکتار به ترتیب حدود (18، 38، 91 و 57) درصد کاهش داشت (جدول 5).

محمـدی و همکـاران (Mohammadi et al., 2013) گـزارش نمودند میزان عملکرد دانه در واحد سطح در رقم طارم در تیمار بدون اردک (202 گرم در متر مربع) نسبت بـه تیمـار 400 قطعـه اردک در هکتار و نسبت به 800 قطعه اردک در هکتار به ترتیب به میزان 48 و 79 درصد کاهش یافت. بررسی‌ها نشان داده است استفاده از اردک به عنوان عامل بیولوژیک در بهبود شرایط اکولوژیکی رشد برنج، عـلاوه بر افزایش تنوع زیستی، افزایش فعالیت موجودات زنده خاک، افزایش کارایی انرژی و افزایش رشد رویشی برنج، باعث افزایش عملکرد برنج نیز مـی‌گـردد (Wang et al., 2006; Li et al., 2008; Lopes et al., 2011). در همین زمینه یـو و همکـاران (Yu et al., 2005) بـا انجام تحقیقاتی در بررسی خصوصیات رویشی و عملکرد ارقام برنج در تراکم 300 قطعه اردک در هکتار نسبت به تیمار شاهد گزارش نمودند خصوصیات رویشی و میزان عملکرد ارقام برنج در واحد سطح، در این تراکم افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار بدون اردک داشت.

عملکرد بیولوژیک: بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها عامل تعـداد اردک و منبـع کـود نیتـروژن در سـطح احتمـال یـک درصـد ($p\leq0/01$) عملکرد بیولوژیک را تحت تأثیر قرار داده ولی بـرهمکنش آن‌ها اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول 4). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارها، میزان این صفت در تیمار تراکم اردک به ترتیب در 1200 قطعه (7600 کیلوگرم در هکتار)، 800 قطعه (7008 کیلوگرم در هکتار)، 400 قطعه (6325 کیلـوگرم در هکتـار) و بدون حضور اردک (5424 کیلوگرم در هکتار) بود. همچنین میزان این صفت در تیمار *آزولا* به همراه نیتروژن به ترتیب در *آزولا* + نیتروژن (8678 کیلوگرم در هکتار)، نیتروژن (6683 کیلوگرم در هکتار)، *آزولا* (5546 کیلوگرم در هکتار) و بدون *آزولا* و نیتروژن (5450 کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک در تیمار تراکم اردک مربوط به تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار بود که نسبت بـه تیمار شاهد از افزایش حـدود 40 درصـدی برخـوردار بـود. همچنـین بالاترین میزان این صفت در تیمارهای *آزولا* به همراه نیتروژن مربوط به تیمار *آزولا* + نیتروژن به دست آمد کـه نسـبت بـه تیمـار شـاهد افزایش حدود 59 درصدی داشت (جدول 6).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 5- مقایسه میانگین برهمکنش اردک و منبع کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج، رقم طارم هاشمی

Table 5- Mean comparison of interaction duck and nitrogen fertilizer source on yield and yield component of rice, Tarom Hashemi

عملکرد شلتوک Paddy yield کیلوگرم در هکتار ($kg.ha^{-1}$)	تعداد دانه در خوشه Number of grains per panicle عدد (Number)	تعداد پنجه در بوته Tillers per plant عدد (Number)	ارتفاع بوته Plant height سانتی‌متر (cm)	تیمارها Treatments	
				منبع کود نیتروژن Nitrogen source	اردک Duck
2100.00^{jk}	78.00^{ij}	13.33^{g}	78.33^{g}	بدون *آزولا* و نیتروژن Not *Azolla* and nitrogen	0
2600.00^{hi}	115.00^{ef}	21.00^{e}	98.16^{d}	نیتروژن Nitrogen	
1777.00^{k}	73.00^{j}	15.33^{fg}	82.33^{e-g}	آزولا *Azolla*	
3400.00^{c-e}	140.00^{c}	24.66^{cd}	109.70^{bc}	آزولا+ نیتروژن *Azolla*+Nitrogen	
2367.00^{ij}	85.33^{hi}	15.00^{fg}	79.66^{fg}	بدون *آزولا* و نیتروژن Not *Azolla* and nitrogen	400
3200.00^{e-g}	119.00^{de}	22.00^{de}	102.70^{d}	نیتروژن Nitrogen	
2500.00^{i}	100.00^{g}	16.00^{fg}	83.00^{e-g}	آزولا *Azolla*	
3700.00^{a-c}	157.00^{b}	25.33^{c}	111.3^{bc}	آزولا+نیتروژن *Azolla*+Nitrogen	
2900.00^{gh}	87.00^{hi}	14.66^{fg}	80.33^{e-g}	بدون *آزولا* و نیتروژن Not *Azolla* and nitrogen	800
3400.00^{c-e}	128.00^{d}	23.33^{c-e}	109.00^{c}	نیتروژن Nitrogen	
3010.00^{fg}	107.00^{fg}	16.66^{f}	84.33^{ef}	آزولا *Azolla*	
3900.00^{ab}	165.00^{ab}	26.33^{c}	113.50^{bc}	آزولا+نیتروژن *Azolla*+Nitrogen	
3300.00^{d-f}	90.00^{h}	15.33^{fg}	82.33^{e-g}	بدون *آزولا* و نیتروژن Not *Azolla* and nitrogen	1200
3600.00^{b-d}	138.70^{c}	34.66^{b}	114.20^{b}	نیتروژن Nitrogen	
3400.00^{c-e}	110.00^{ef}	17.33^{f}	85.00^{e}	آزولا *Azolla*	
4000.00^{a}	171.00^{a}	38.66^{a}	133.00^{a}	آزولا+نیتروژن *Azolla*+Nitrogen	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 6- مقایسه میانگین اثرات ساده اردک و منبع کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج، رقم طارم هاشمی

Table 6- Mean comparison of simple effects duck and nitrogen fertilizer source on yield and yield component of rice, Tarom Hashemi

عامل‌ها Factors	طول خوشه (سانتی‌متر) Cluster length (cm)	تعداد پنجه بارور در بوته (تعداد در بوته) Fertile tiller per plant (No.plant-1)	وزن هزار دانه (گرم) Grain weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
تعداد اردک (تعداد در هکتار) Duck ($No.ha^{-1}$)					
0	20.61^{a}	16.25^{c}	26.00^{d}	5424.20^{d}	45.41^{a}
400	21.38^{a}	18.17^{b}	28.08^{c}	6325.80^{c}	46.57^{a}
800	22.20^{a}	19.25^{b}	30.50^{b}	7008.30^{b}	47.43^{a}
1200	22.85^{a}	22.08^{a}	33.00^{a}	7600.80^{a}	47.52^{a}
منبع کود نیتروژن Nitrogen source					
بدون *آزولا* و نیتروژن Not *Azolla* and nitrogen	17.95^{d}	13.75^{c}	28.08^{c}	5450.80^{c}	48.52^{a}
نیتروژن Nitrogen	24.14^{b}	22.67^{b}	30.00^{b}	6683.30^{b}	47.77^{a}
آزولا *Azolla*	19.44^{c}	14.75^{c}	27.75^{c}	5546.70^{c}	47.37^{ab}
آزولا+ نیتروژن *Azolla*+Nitrogen	25.51^{a}	24.58^{a}	31.75^{a}	8678.30^{a}	43.28^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

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

در مطالعه‌ای عملکرد بیولوژیک رقم طارم در تیمار 800 قطعه اردک در هکتار نسبت به400 قطعه اردک در هکتار، 21 درصد افزایش و نسبت به بدون اردک 42 درصد افزایش نشان داد (Mohammadi et al., 2013). در تحقیق دیگری یو و همکاران (Yu et al., 2005) با انجام تحقیقاتی در بررسی خصوصیات عملکرد و اجزای عملکرد ارقام برنج در تراکم 250 قطعه اردک در هکتار گزارش نمودند عملکرد و اجزای عملکرد ارقام برنج در این تراکم اردک به طور معنی‌داری افزایش یافته بود.

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان داد که افزایش تراکم اردک در واحد سطح از 400 تا 1200 قطعه در هکتار به همراه کاربرد *آزولا* (500 گرم در متر مربع) و نیتروژن (50 کیلوگرم در هکتار) منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد برنج (رقم طارم هاشمی) شد. از سوی دیگر، اردک ضمن تغذیه از *آزولا* موجب کاهش تراکم و در نهایت کنترل آن شد. با توجه به نتایج پژوهش مبنی بر کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژنه و افزایش قابل توجه عملکرد شلتوک می‌توان تیمار 1200 قطعه اردک در هکتار به همراه *آزولا* (500 گرم در متر مربع) و نیتروژن (50 کیلوگرم در هکتار) را به عنوان بهترین تیمار معرفی نمود. به طور کلی نتایج این تحقیق بیانگر کاهش استفاده از مواد شیمیایی و استفاده از عوامل بیولوژیک (کشاورزی ارگانیک یا حتی‌المقدور کشاورزی تلفیقی) در راستای تولید محصولات کشاورزی بالأخص برنج می‌باشد که به سلامت محصول تولیدی و حفظ اکوسیستم و پایداری آن توجه دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

سپاسگزاری

بدینوسیله از مسئولان محترم پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان به خاطر حمایت‌های مالی در انجام این پژوهش صمیمانه تشکر و قدرانی می‌شود.

منابع

Alejar, A.S., and Aragones, M. 1989. *Azolla* microphylla as partial replacement for palay- snail-shrimp-based ration for mallared duck. In: National *Azolla* Action Program. Philippines. p. 221-239.

Ahmadnia, H.R., and Rafiee, G. 2008. Introduction of *Azolla* plants and its controlling as an invasive plant introduced. In: The First Regional Conference of Local Aquatic Ecosystem in Iran. Islamic Azad University, Bushehr Branch. p. 113-117. (In Persian)

Agricultural Statistics. 2011. Annual Statistics of Agricultural Crops during 2010-2011 Cropping Season. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Iran. 121 pp. (In Persian).

Esmaeili, M., Mobasser, H.R., Heidari Sharifabad, H., Akbarpour Roshan, N.A., and Eftekhari, A. 2006. Study the effect of plant residues treatment and biological weeds control on weed characteristics and agronomic traits in the integrated rice Ratoon (*Oryza sativa*) cropping system. Journal of New Agricultural Sciences 2(5): 1-12. (In Persian with English Summary)

FAO. 2012. FAO/STATISTICS. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online at: WWW.FAO.ORG.

Flohre, A., Rudnick, M., Traser, G., Tscharntke, T., and Eggers, T. 2011. Does soil biota benefit from organic farming in complex vs. simple landscapes? Agriculture, Ecosystems and Environment 141(1-2): 210-214.

Gharehyazi, B. 1989. *Azolla* provide the nitrogen for rice farms and its role in the weeds control. Master of Science Thesis in Agronomy, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Tarbiat Modarres University. (In Persian with English Summary)

Goh, B., Song, Y., and Manda, M. 2001. Effect of duck free-ranging density on duck behavior pattern and rice growth and yield under a rice-duck farming system in paddy field. Korean Journal of Environmental Agriculture 20(2): 86-92.

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.

Hasegawa, H., Furukawa, Y., and Kimura, S.D. 2005. On-farm assessment of organic amendments effects on nutrient status and nutrient use efficiency of organic rice fields in northeastern Japan. Agriculture, Ecosystems and Environmen. 108: 350–362.

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.

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 of Crop Sciences 39(4): 339-347.

Li, C.F., Cao, C.G., Wang, J.P., Zhan, M., Yuan, W.L., and Shahrear, A. 2008. Nitrogen losses from integrated rice-duck and rice-fish ecosystems in southern China. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 307: 207-217.

Lopes, A.R., Faria, C., Fernandez, A.P., Cepeda, C.T., Manaia, C.M., and Nunes, O.C. 2011. Comparative study of the microbial diversity of bulk paddy soil of two rice fields subjected to organic and conventional farming. Soil Biology and Biochemistry 43: 115-125.

Mostafavi Rad, M., and Tahmasbi Sarvestani, Z. 2003. Evaluation of nitrogen fertilizer effects on yield, yield components and dry matter remobilization in three rice genotypes. Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources 10(2): 21-31. (In Persian)

Mohammadian, M. 2005. Study the efficiency of nitrogen fertilizer and its improvement in rice. Final Reports of Research Projects, Rice Research Institute of Iran-Deputy of Mazandaran. 65 pp. (In Persian).

Mohammadi, Z., and Azimi Ghalibaf, A. 2008. *Azolla* and its role in aquatic ecosystems. In: 2th Conference and Exhibition Community Environment. Tehran University. p. 86-89. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Mohammadi, M., Pirdashti, H., Aghajani Mazandarani, G., and Mosavi Toghani, S.Y. 2013. Evaluation of duck efficiency as a biocontrol agent on weeds density and diversity in rice- duck farming (*Oryza sativa* L.). Journal of Agroecology 4(4): 335-346. (In Persian with English Summary)

Phongpan, S., Mosier, A.R. 2003. Effect of rice straw management on nitrogen balance and residual effect of Urea–N in annual lowland rice cropping sequence. Biology and Fertility of Soils 37: 102-107.

Roger, P.A., and Ladha, K.J. 1990. Estimation of biological N_2 fixation and its contribution to nitrogen balance in wetland fields. 14th International Congress Soil Science. p. 2-10.

Subba Rao, N.S. 1988. Biofertilizers in agriculture. Second edition. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi. 208 pp.

SAS Institute Inc. 2002. The SAS System for Windows, Release 9.0. Statistical Analysis 810 Systems Institute, Cary, North Carolina, USA.

Shariffar, P., and Hasanpour, Z. 2008. Study the effects of green manures and *Azolla* application on biophysical and agroecosystem sustainability in rice cultivation. In: 3th National Recycling Congress and the use of Organic Resources Renewed in Agriculture. Islamic Azad University, Khorasgan (Isfahan) Branch. p. 106-109. (In Persian)

Saiee, L., Hashemi Majd, K., Razavipour, T., and Rezaei, M. 2010. Reduction of nitrogen application in paddy fields using enriched compost and subsequent effect on rice yield. In: 5th National Conference on New Ideas in Agriculture. Islamic Azad University, Khourasgan (Isfahan) Branch. p. 111-115. (In Persian with English Summary)

Tavassoli, R., and Baghestani, M.A. 2006. *Azolla* (a useful plant or a weed). Journal of Zeitoon 167: 1-3. (In Persian)

Wang, J.P., Cao, C.G., Jin, H., and Liu, F.H. 2006. Effects of rice-duck farming on aquatic community in rice fields. Journal of Scientia Agricultura Sinica 39(10): 2001-2008.

Weiling, Y., Cougui, C., Jinping, W. 2008. Economic valuation of gas regulation as a service by rice-duck-fish complex ecosystem. Journal of Ecological Economics 4: 266-272.

Xie, L.Q., Chen, S.G., Liao, X.L., Luo, K., Tong, Z.X., Chen, W.J. 2005. Ecological and economical effect of rice-duck complex system. Journal of Hunan Agriculture Science 4: 93-95.

Yang, Z.H., Huang, H., and Wang, H. 2004. Paddy soil quality of a wetland rice-duck complex ecosystem. China Journal of Soi1 Science 35(2): 117–121.

Yu, S.M., Ouyang, Y.N., Zhang, Q.Y., Peng, G., Xu, D.H., and Jin, Q.Y. 2005. Effects of rice-duck farming system on *Oryza sativa* growth and its yield. Chinese Journal of Applied Ecology 16(7): 1252-1256.

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. Journal of Weed Biology and Management 9: 250-257.

www.SID.ir