

اثر تراکم اردک بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مرتبط با عملکرد شلتوک سه رقم برنج (*Oryza sativa* L.) در کشت ارگانیک برنج-اردک

محمود محمدی^۱ - همت‌اله پیردشتی^{۲*} - قاسم آقاجانی مازندرانی^۳ - سید یوسف موسوی طغانی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۱۲

چکیده

به منظور ارزیابی اثر تراکم اردک در مزارع برنج بر برخی از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مرتبط با عملکرد شلتوک ارقام برنج (*Oryza sativa* L.) آزمایشی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا گردید. این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به اجرا در آمد. در این آزمایش عامل اصلی تعداد اردک در سه سطح (شامل 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 صفات تعداد پنجه، محتوای کلروفیل (SPAD)، کلروفیل a و عملکرد شلتوک بود. نتایج نشان داد که بالاترین مقادیر صفات مورفولوژیک (تعداد پنجه، تعداد برگ و طول ریشه)، صفات فیزیولوژیک (غلظت کلروفیل و عدد SPAD) و عملکرد شلتوک به ترتیب مربوط به تراکم‌های ۸۰۰ و ۴۰۰ اردک در هکتار بوده است. بالاترین میزان عملکرد شلتوک در تیمار ۸۰۰ قطعه 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. رابطه‌ی رگرسیونی بین صفات تعداد پنجه، طول ریشه، عدد SPAD و عملکرد شلتوک با تیمار تراکم اردک در واحد سطح نشان داد که واکنش ارقام برنج نسبت به افزایش میزان این صفات با افزایش تراکم اردک یکسان نبوده است، به طوری که رقم طارم با بالاترین رابطه‌ی خطی در افزایش میزان این صفات نسبت به ارقام دیگر برتر شناخته شده است. در مجموع نتایج نشان داد استفاده از رقم پابلند و بومی منطقه (رقم طارم) با قدرت رقابتی بالاتر نسبت به ارقام پاکوتاه و اصلاح‌شده (ارقام قائم و شیرودی) همراه با تراکم ۸۰۰ قطعه اردک در هکتار می‌تواند شرایط را برای کشاورزان در دست‌یابی به عملکرد اقتصادی بالاتر فراهم سازد.

واژه‌های کلیدی: برنج، تراکم اردک، رقم، کشاورزی پایدار، عملکرد شلتوک

مقدمه

عنوان جایگزینی مناسب در تولید محصولات کشاورزی، بدون استفاده از نهاده‌های شیمیایی و سازگار با محیط زیست در جهان پذیرفته شده است کشاورزی ارگانیک می‌باشد (۲). در این نوع کشاورزی برای تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه زراعی، از انواع کودهای آلی و برای مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز از مبارزه مکانیکی و بیولوژیکی استفاده می‌گردد (۲۵).

آزمایش‌ها و مطالعات پژوهشی مختلف، نتایج ضد و نقیضی در رابطه با عملکرد تولیدی در کشاورزی ارگانیک نشان می‌دهد (۱، ۲ و ۲۶). گزارش‌های متعددی نشان‌دهنده‌ی کاهش عملکرد در کشاورزی ارگانیک هستند (برای مثال: ۲۸). بررسی‌های انجام شده نشان داد مهم‌ترین دلیل کاهش عملکرد در کشاورزی ارگانیک عمدتاً ناشی از وجود آفات و علف‌های هرز به دلیل محدودیت استفاده از سموم شیمیایی بوده است (۱۶ و ۱۸). این در حالی است که اردک در شالیزار

در سال‌های اخیر لزوم سلامت محصولات تولید شده در نظام‌های مختلف کشاورزی از نظر وجود بقایای سموم، مواد شیمیایی و تأثیر آنها بر سلامت انسان و محیط زیست سبب شده است تا روش‌های تولید و نهاده‌های بکار رفته در تولید آنها مورد توجه خاص قرار گیرند (۶ و ۳۰). در همین زمینه یکی از روش‌هایی که اخیراً به

۱ و ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد و کارشناس گروه زراعت، دانشگاه علوم

کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(*) نویسنده مسئول: (Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir)

۳- مربی گروه آبیاری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

بیماری‌ها می‌تواند تا حدودی باعث افزایش عملکرد شلتوک ارقام برنج در این مزارع شود (۴ و ۳۷). نتایج مطالعه‌ای دیگر در کشور ژاپن در بررسی میزان تعداد پنجه، تعداد برگ، ارتفاع گیاه برنج، طول ریشه و عملکرد دانه برنج در کشت توأم برنج-اردک نشان داد تراکم ۴۰۰ قطعه اردک در هکتار به دلیل کنترل مناسب تراکم علف‌های هرز، آفات، بیماری‌ها و خروج گازهای نامساعد از زمین این مزارع به میزان ۲۰ تا ۳۰ درصد باعث افزایش عملکرد شلتوک ارقام برنج می‌شود (۴۱). نتایج حسین و همکاران (۱۰) افزایش ۲۰ درصدی تعداد پنجه و تعداد پنجه بارور در تراکم ۴۰۰ قطعه اردک در هکتار را به دلیل کنترل مناسب آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز نشان داد. همچنین وانگ و همکاران (۳۹) نیز افزایش ۱۲ درصدی تعداد پنجه و ۸ درصدی تعداد پنجه بارور را به دلیل کنترل مناسب آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز بیان نمودند. در همین راستا نیز نتایج مشابهی توسط دیگر محققان در رابطه با افزایش تعداد پنجه و تعداد پنجه بارور به دلیل کنترل مناسب تراکم آفات و علف‌های هرز در مزارع کشت توأم برنج-اردک گزارش شده است (۱۵ و ۲۰). این در حالی است که علاوه بر این در سایر پژوهش‌ها، 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 (۲۰، ۳۸، ۴۱، ۴۷ و ۴۹). با توجه به اهمیت تولید محصولات سالم در بوم‌نظام‌های زراعی نظیر برنج آزمایش حاضر با هدف بررسی واکنش برخی از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مرتبط با عملکرد شلتوک 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 تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری 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، بذره‌های 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. ابعاد هر کرت ۳۳ متر مربع و عرض پشته‌ها حدود ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. همچنین آرایش بوته‌ها در داخل کرت‌ها به صورت مربعی با فاصله ۲۵ سانتی-متر از یکدیگر و فاصله بین تکرارها یک متر بود. برای تأمین نیاز مواد غذایی ارقام برنج در طول دوره‌ی آزمایش، به ترتیب به میزان ۲۰۰۰، ۱۰۰۰ و ۳۴۰ کیلوگرم در هکتار از کودهای حیوانی شامل مرغی،

برنج به عنوان یک ابزار قدرتمند در مدیریت تلفیقی آفات (IPM) و کنترل علف‌های هرز عمل کرده و باعث کاهش تراکم آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در این مزارع می‌شود (۱۰). اردک بسیاری از علف‌های هرز کوچک و در حال رشد را که در زیر سطح آب قرار دارند به همراه بذرها در بانک بذر 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 شالیزار به طور چشمگیری جلوگیری می‌کند (۱۵، ۲۷ و ۴۷). همچنین اردک با تغذیه از حشرات به عنوان یک منبع غذایی مهم، باعث کاهش تراکم و خسارت آنها در این مزارع می‌گردد (۴۳). در نتیجه میزان استفاده از علف‌کش‌ها و آفت-کش‌ها برای کنترل تراکم علف‌های هرز و آفات به حداقل مقدار خود خواهد رسید (۲۱ و ۳۱). از مزایای دیگر این نوع از سیستم کشت عدم استفاده از سموم و کودهای شیمیایی در مزارع پایدار برنج است که باعث کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از این مواد شیمیایی می‌گردد (۸، ۱۱، ۲۲ و ۴۰). استفاده از اردک در مزارع برنج باعث آلودگی کمتر آب رودخانه‌ها و افزایش تنوع زیستی موجودات آبی، حشرات و موجودات زنده خاک در این مزارع می‌شود (۵، ۴۵ و ۵۱). علاوه بر این اردک می‌تواند به عنوان یک منبع درآمد جانبی برای کشاورزان باشد (۴۰، ۴۲ و ۵۱). همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد استفاده از اردک به عنوان عامل بیولوژیک در بهبود شرایط اکولوژیکی رشد برنج، علاوه بر افزایش تنوع زیستی، افزایش فعالیت برخی از میکروارگانیسم‌های خاک، افزایش کارایی انرژی، افزایش رشد ریشی برنج، باعث افزایش عملکرد برنج نیز می‌گردد (۱۱، ۲۴، ۳۲، ۳۶ و ۴۰).

درک تأثیر تراکم اردک در واحد سطح به منظور استفاده بهینه از عوامل اقلیمی و مصرف بهینه نهاده‌های کشاورزی در تولید برنج، از طریق کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز می‌تواند کمک مؤثری در جهت تولید محصول سالم با کیفیت مطلوب 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، کاهش فرسایش خاک، افزایش عملکرد برنج، میزان بیماری‌های ناشی از مصرف این مواد شیمیایی در شالیزار را کاهش داد (۱۳ و ۳۹). یو و همکاران (۴۶) با انجام تحقیقاتی در بررسی خصوصیات ریشی و عملکرد ارقام برنج در تراکم ۳۰۰ قطعه اردک در گزارش نمودند که خصوصیات ریشی و میزان عملکرد ارقام برنج در واحد سطح، در این تراکم افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشته است. همچنین تحقیقات دیگر نشان داد تراکم ۲۴۰ قطعه اردک در هکتار نیز به دلیل کنترل مناسب تراکم علف‌های هرز، آفات و

دوره از سیکل زندگی کرم ساقه‌خوار برنج (برای رقم طارم به دلیل زودرس بودن در دو مرحله و برای ارقام دیررس مانند شیرودی و قائم در سه مرحله) و اختلال‌کننده‌های جنسی (۴۰ گرم در هکتار) استفاده شد. همچنین برای مبارزه با علف‌های هرز موجود در شالیزار فقط از مبارزه بیولوژیک توسط اردک‌ها استفاده گردید. کلیه نمونه‌برداری‌ها با استفاده از کوادرات، از درون هر کرت با رعایت اثر حاشیه به طور جداگانه بر اساس دستورالعمل موسسه‌ی تحقیقات بین‌المللی برنج (۱۴) انجام گردید. برای تعیین عملکرد شلتوک ارقام برنج در زمان رسیدگی، یک متر مربع از متن هر کرت آزمایشی از نزدیکی سطح زمین کفبر و پس از جداکردن شلتوک از بقایای گیاهی به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده و سپس توزین گردید. برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک تعداد ۴ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت برداشت شده و اقدام به اندازه‌گیری صفات طول ریشه، تعداد برگ و تعداد پنجه گردید. شاخص‌های فیزیولوژیک شامل سطح برگ پرچم (سانتی‌متر مربع)، محتوی کلروفیل (عدد SPAD)، محتوی کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل a+b (میلی‌گرم بر میلی-لیتر) برگ پرچم برای هر نمونه اندازه‌گیری شد (۵). تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه‌ی ۶/۱۲ (۳۳) انجام و مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات با استفاده از روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. برای رسم شکل‌ها از برنامه‌ی Sigma plot نسخه‌ی ۱۱ (۲۲) استفاده شد.

گاوی و همچنین کود ارگانیک هیومیسول (از منبع کودهای حیوانی و سنگ‌های معدنی) 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 هیومیسول (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. عامل اصلی تعداد اردک در سه سطح شامل (بدون حضور اردک، تراکم ۴۰۰ قطعه اردک در هکتار و تراکم ۸۰۰ قطعه اردک در هکتار) و عامل فرعی رقم برنج در سه سطح شامل (طارم) به عنوان رقم محلی، شیرودی و 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 نشا کاری 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 به تعداد سه کیسول در هکتار برای هر

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

بافت خاک	هدایت الکتریکی	اسیدیته	مواد آلی	نیترژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز
	دسی‌زیمنس بر متر		(درصد)				(میلی‌گرم در کیلوگرم)		
رسی - سیلتی	۱/۸۴	۷/۲۲	۲/۰۱	۰/۰۲	۸/۷	۲۰۹/۷	۴/۲	۳/۷	۳/۲

جدول ۲- برخی از خصوصیات شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده

نوع نهاده	هدایت الکتریکی	اسیدیته	نیترژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس
	دسی‌زیمنس بر متر		(درصد)				(میلی‌گرم در کیلوگرم)		
کود مرغی	۱۱/۸۲	۵/۱۴	۲/۹	۱/۳۹	۰/۷۷	۹۵۵	۲۹۸	۲۰۹	۳۶
کود گاوی	۱۳/۶	۳/۷۳	۲/۴	۱/۰۲	۰/۸۱	۱۶۱۱	۵۴	۷۲	۴

جدول ۳- برخی از خصوصیات شیمیایی کود ارگانیک هیومیسول

نوع نهاده	هیومیک اسید	فولویک اسید	نیترژن	فسفر	پتاسیم	مواد آلی	آهن	روی	مس	بور
کود هیومیسول			(درصد)				(میلی‌گرم در کیلوگرم)			
Humiesal	۱۲	۱۱/۸۲	۲	۳	۱۰	۲۰	۲۰۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک

تعداد پنجه

رقم، تعداد اردک و برهمکنش رقم \times تعداد اردک در سطح احتمال یک درصد، تعداد پنجه در کپه را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۴). تعداد پنجه در کپه در تمامی ارقام برنج با افزایش تراکم اردک در واحد سطح سیر افزایشی داشت و حداکثر میزان تعداد پنجه در کپه در تیمار ۸۰۰ قطعه اردک در هکتار به ترتیب در ارقام شیروودی (۲۳ عدد پنجه در کپه)، قائم (۲۱ عدد پنجه در کپه) و طارم (۱۹ عدد پنجه در کپه) بوده است. این در حالی بود که کمترین میزان تعداد پنجه در کپه در تیمار شاهد در رقم‌های شیروودی، قائم و طارم (به ترتیب ۱۵، ۱۴ و ۱۳ عدد پنجه در کپه) بود که نسبت به همین ارقام در تیمار ۸۰۰ قطعه اردک در هکتار به ترتیب به میزان ۳۵، ۳۳ و ۳۲ درصد کاهش معنی‌داری داشت. در بین ارقام مورد استفاده در تیمار ۴۰۰ قطعه اردک در هکتار تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد پنجه (شیروودی ۱۹، قائم ۱۹ و طارم ۱۸ عدد پنجه در کپه) مشاهده نشد. این در حالی بود که تعداد پنجه در ارقام شیروودی، قائم و طارم در تیمار ۴۰۰ قطعه اردک در هکتار، نسبت به همین ارقام در تیمار شاهد به ترتیب به میزان ۲۲، ۲۷ و ۲۸ درصد افزایش معنی‌داری داشتند (جدول ۵). نتایج حاصل از شیب معادلات در تجزیه رگرسیونی بیانگر آن بود که رقم طارم در بین ارقام مورد استفاده با دارا بودن بالاترین میزان شیب خط ($y = 11.458 + 0.01321x$) و ضریب تبیین ($R^2=0.87$) دارای بیشترین میزان رابطه خطی ($P \leq 0.01$) بین تیمار تراکم اردک در واحد سطح و صفت تعداد پنجه در کپه بوده است و از همین نظر ارقام شیروودی و قائم در رده‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۱، B). وانگ و همکاران (۳۷) گزارش نمودند استفاده از اردک در شالیزار برنج، در تغذیه مستقیم و افزایش رشد رویشی برنج (افزایش تعداد پنجه) به دلیل کنترل مناسب آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز نقش بسیار مهمی دارد. چویی و همکاران (۴) ابراز داشتند افزایش مواد غذایی خاک، بهبود خصوصیات خاک زراعی و عوامل محیطی در کشت برنج-اردک باعث افزایش کاملاً معنی‌دار تعداد پنجه در گیاه برنج گردیده است. در همین راستا نتایج مشابهی توسط سایر محققان در رابطه با افزایش تعداد پنجه به دلیل کنترل مناسب آفات و علف‌های هرز در این مزارع گزارش گردیده است (۱۵، ۲۰ و ۲۵).

طول ریشه

در این بررسی عامل تعداد اردک و برهمکنش آن با رقم برنج، اثر معنی‌داری ($P \leq 0.01$) در میزان طول ریشه‌ی ارقام برنج داشتند (جدول ۴). کمترین میزان طول ریشه در تمامی ارقام، طارم (۲۵/۶۷)

سانتی‌متر)، شیروودی (۲۹/۶۵ سانتی‌متر) و قائم (۲۷/۵۰ سانتی‌متر) در تیمار شاهد دیده شد. در این رابطه ویلینگ و همکاران (۳۶) تراکم بالای علف‌های هرز در تیمار شاهد به دلیل عدم حضور اردک و تداخل ریشه‌ی علف‌های هرز با ریشه‌ی گیاه برنج را دلیلی بر کاهش رشد طولی ریشه‌ی برنج دانستند. این در حالی است که بالاترین میزان طول ریشه به ترتیب در ارقام قائم (۴۰/۷۹ سانتی‌متر)، طارم (۳۸/۴۲ سانتی‌متر) و شیروودی (۳۳/۹۰ سانتی‌متر) مربوط به تیمار ۸۰۰ قطعه اردک در هکتار بوده است که نسبت به همین ارقام در تیمار شاهد به ترتیب به میزان ۳۳، ۳۵ و ۱۳ درصد، افزایش معنی‌دار طول ریشه را به خود اختصاص دادند. رابطه بین صفت طول ریشه با تیمار تراکم اردک در واحد سطح در تجزیه رگرسیونی بین ارقام برنج مورد بررسی در این آزمایش نشان داد که واکنش طول ریشه‌ی ارقام برنج نسبت به افزایش تراکم اردک یکسان نبوده است به طوری که در تراکم‌های مختلف اردک رقم طارم با بالاترین میزان شیب خط ($y = 25.033 + 0.0167x$) و ضریب تبیین ($R^2=0.96$) در افزایش طول ریشه، دارای بالاترین میزان رابطه‌ی خطی ($P \leq 0.01$) نسبت به ارقام دیگر در این آزمایش بود (شکل ۱، A). در همین زمینه گزارش‌های متعددی نشان از نقش بسیار مهم و مؤثر اردک در کنترل تراکم علف‌های هرز مزارع برنج به عنوان عامل بیولوژیک و افزایش طول ریشه ارقام برنج وجود دارد (۱۰، ۱۵ و ۴۷). علاوه بر این، بر اساس یافته‌های اخیر حضور اردک در شالیزارهای برنج با خروج گازهای نامساعد از خاک مزارع باعث تحریک و افزایش رشد طول ریشه ارقام برنج می‌شود (۹ و ۱۱). همچنین نتایج تحقیقات چویی و همکاران (۴) نشان داده است عدم استفاده از سموم شیمیایی در مزارع ارگانیک با بهبود معنی‌دار کیفیت خاک زراعی در گذر زمان، شرایط را برای رشد مطلوب ریشه مهیا می‌سازد.

تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین رقم و تعداد اردک در سطح احتمال یک درصد از نظر صفت تعداد برگ در بوته بود (جدول ۴). بر اساس نتایج حاصل از میانگین اثرات ساده از میان رقم‌های مورد ارزیابی بالاترین میزان تعداد برگ متعلق به ارقام شیروودی و قائم (به ترتیب ۹۵ و ۹۱ قطعه برگ در بوته) بودند که نسبت به رقم طارم (۸۲ قطعه برگ در بوته) به ترتیب به میزان ۱۴ و ۱۰ درصد افزایش تعداد برگ در بوته ($P \leq 0.01$) را به خود اختصاص دادند (شکل ۲، A). تعداد برگ در بوته با افزایش تراکم اردک در واحد سطح سیر افزایشی داشته و حداکثر تعداد برگ در بوته در تیمار ۸۰۰ قطعه اردک در هکتار (۹۰ قطعه برگ در بوته) حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد (۷۰ قطعه برگ در بوته) و ۴۰۰ قطعه اردک در هکتار (۸۲ قطعه برگ در بوته) به ترتیب به میزان ۲۲ و ۹ درصد

افزایش معنی‌دار داشت (شکل ۲، B).

در پژوهشی نشان داده شده است که با بهبود شرایط محیطی و کاهش عوامل خسارت‌زا و نامساعد در تولید برنج تعداد برگ افزایش قابل توجهی می‌یابد (۴). در همین راستا بهبود شرایط محیطی و اکولوژیکی در تولید برنج به روش کشت توأم برنج-اردک در تراکم ۳۵۰ قطعه اردک در هکتار توسط محققان گزارش شده است (۱۰) و (۴۷). کنترل بسیار مناسب تراکم آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در تراکم ۸۰۰ قطعه اردک در هکتار نسبت به سایر تیمارها در این آزمایش باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ در بوته‌ی ارقام برنج مورد بررسی در این آزمایش گردید. در همین زمینه نتیجه‌ی مشابهی در خصوص افزایش تعداد برگ بوته‌ی برنج به دلیل کنترل مناسب آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در شالیزار در کشت توأم برنج-اردک گزارش شده است (۴۶).

صفات فیزیولوژیک

کلروفیل

بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها، هر سه غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل a+b تحت تأثیر تیمارهای تعداد اردک و برهمکنش آن با رقم قرار گرفتند و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. همچنین اثر رقم فقط در صفت کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار داشته است (جدول ۴). بررسی اثر متقابل نشان داد بالاترین میزان غلظت کلروفیل a و b در تیمار ۸۰۰ قطعه اردک در هکتار به ترتیب مربوط به ارقام طارم و شیروودی بود. این در حالی بود که در بین ارقام مورد استفاده در تیمار ۸۰۰ قطعه اردک در هکتار تفاوت معنی‌داری در میزان غلظت کلروفیل a+b (شیروودی ۶/۲۲، قائم ۵/۷۷ و طارم ۶/۰۴ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) مشاهده نشد. به جز رقم طارم، در سایر ارقام با افزایش تعداد اردک در واحد سطح غلظت کلروفیل b به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۵).

میزان غلظت کلروفیل a در تیمار ۸۰۰ قطعه اردک هکتار برای رقم طارم، شیروودی و قائم به ترتیب برابر با ۳/۵۳، ۳/۵۰ و ۳/۳۸ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به دست آمد که نسبت به تیمار ۴۰۰ قطعه اردک در هکتار به ترتیب به میزان ۱۲ درصد در رقم طارم (۳/۱۳ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)، ۱۶ درصد در رقم شیروودی (۲/۹۶ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) و ۸ درصد در رقم قائم (۳/۱۳ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) افزایش غلظت نشان دادند. لی و همکاران (۲۲) بیان نمودند که استفاده از اردک در شالیزار برنج باعث افزایش معنی‌دار میزان نیتروژن قابل دسترس برای گیاه برنج در خاک این مزارع نسبت به مزارع تک‌کشتی برنج می‌شود. در ارتباط با این موضوع نتایج قاسمی و همکاران (۹) نشان داد افزایش میزان نیتروژن در خاک مزارع رابطه مستقیم با افزایش میزان غلظت کلروفیل a در برگ گیاهان زراعی دارد. در

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و عملکرد شلتوک در تیمارهای تعداد اردک و رقم

تعداد پنجه	طول ریشه	تعداد برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	عدد SPAD	سطح برگ پر پنجه	عملکرد شلتوک	درجه آزادی	منابع تغییر	
										تعداد اردک	تکرار
۱/۸۰	۷/۸۳	۵۰/۶۹	-/۰/۲	-/۰/۳	-/۰/۳	۱۲/۳۰	۹/۸۲	۲۰/۷/۱۲	۲	۲	خطای a
۱۷۹/۸۰**	۳۱۹/۳۱**	۱۸۹۷/۵۲**	۴/۴۹**	۱/۵۷**	۱/۱۳**	۱۲۵/۹۴**	۴/۱۸ ^{ns}	۱۸۶۳۳/۰۰**	۲	۲	خطای a
۰/۳۰	۴/۱۷	۱۹۳/۷۵	-/۰/۱	-/۰/۱	-/۰/۱	۰/۲۰	۵/۷۲	۱۸۶/۰۰	۶	۶	خطای a
۹/۰۳**	۷/۹۷ ^{ns}	۹۹/۳۶**	-/۰/۶۵**	۱/۳۹ ^{ns}	۳/۸۰ ^{ns}	۱۰۰/۰۳**	۶/۵۷ ^{ns}	۴۳۵۷۴/۱۳**	۲	۲	خطای a
۵/۶۱**	۳۹/۷۳**	۵۴/۵۳ ^{ns}	-/۰/۲۹**	-/۰/۰۸**	۱/۸۶**	۹/۴۲**	۳/۳۳ ^{ns}	۸۴۹۵/۰۰**	۴	۴	خطای آزمایشی
۰/۹۷	۴/۲۱	۳۴/۰۶	-/۰/۰۷	-/۰/۰۱	-/۰/۰۲	۰/۱۵	۴/۵۲	۱۰۴۶/۸۲	۱۸	۱۸	ضریب تغییرات
۵/۴۰	۶/۴۰	۶/۶۰	۳/۰۰	۵/۴۰	۳/۰۰	۱/۲۰	۷/۰۰	۹/۳۰	-	-	خطای آزمایشی

ns: غیر معنی‌دار

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

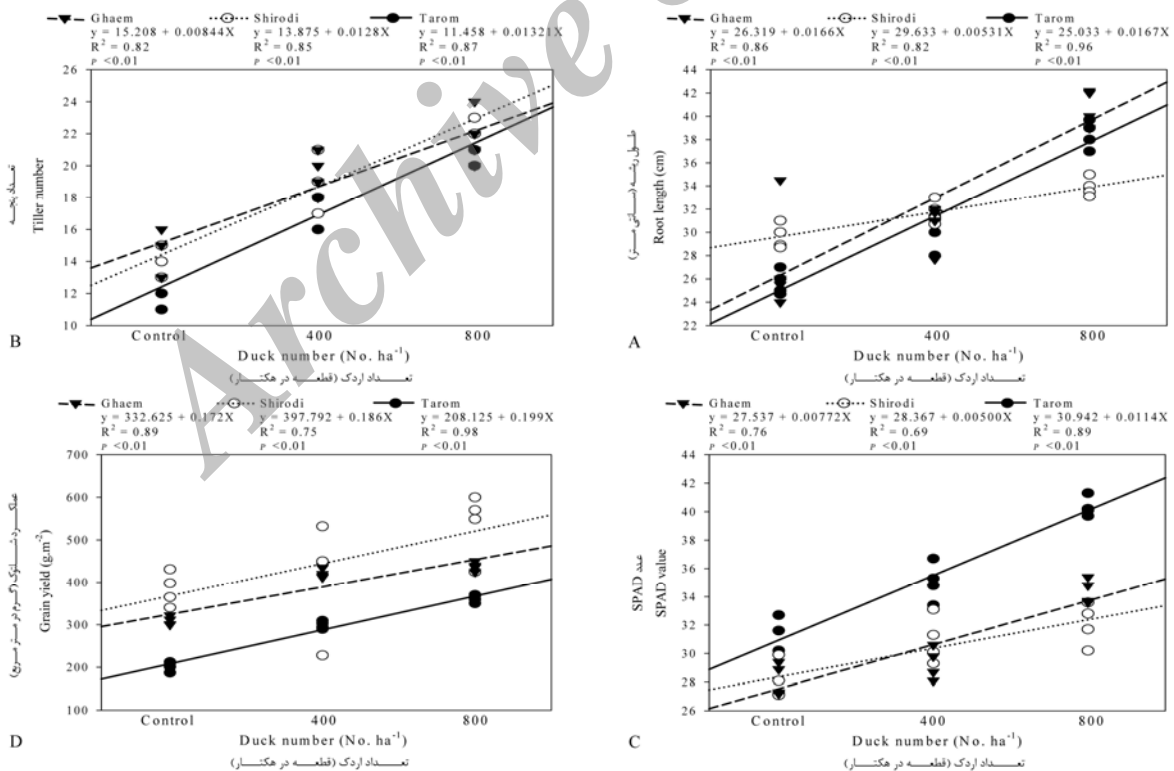
اردک در هکتار در رقم شیرودی به میزان ۶۲ درصد نسبت به همین رقم در تیمار شاهد و به میزان ۶ درصد نسبت به رقم طارم در تیمار شاهد افزایش داشت.

ارتباط با این موضوع نتایج مشابهی نشان داده است که کاهش میزان نیتروژن در خاک باعث کاهش معنی‌دار کلروفیل a در برگ گیاهان زراعی می‌شود (۳). میزان غلظت کلروفیل b در تیمار ۸۰۰ قطعه

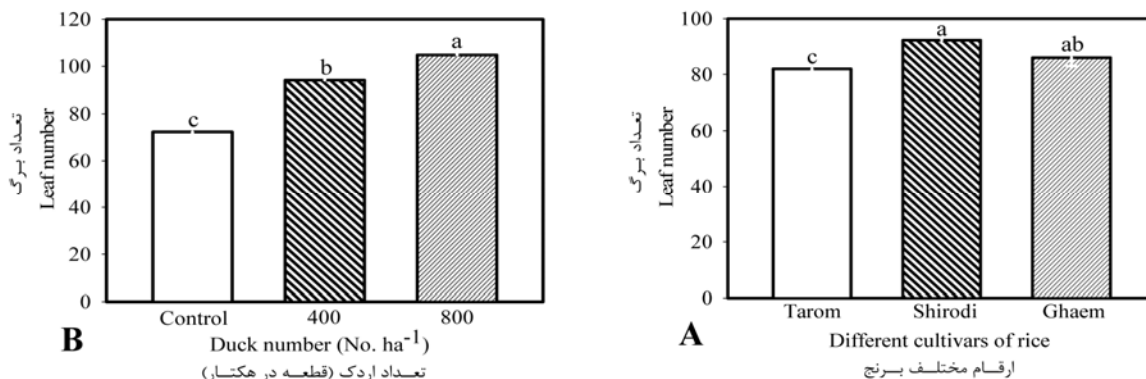
جدول ۵- مقایسه میانگین‌های صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و عملکرد شلتوک برنج در برهمکنش تیمارهای تعداد اردک × رقم

تعداد پنجه	تعداد اردک (هکتار)	رقم برنج	عملکرد شلتوک (گرم در متر مربع)	محتوای کلروفیل (عدد SPAD)	کلروفیل a+b (میلی گرم بر میلی لیتر)			طول ریشه سانتی متر
					کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	
۱۴/۰۰d	۲۵/۶۷ e	طارم	۲۲۲/۵۰e	۳۱/۱۷e	۵/۴۴b	۲/۵۸ab	۲/۸۶de	
		شیرودی	۲۲۴/۵۰e	۲۸/۰۷g	۳/۰۰e	۱/۰۴e	۱/۹۶f	
		قائم	۱۹۸/۵۰e	۲۸/۲۰g	۳/۶۱d	۱/۶۷d	۱/۹۴f	
۱۸/۲۵c	۳۰/۱۲cd	طارم	۲۹۹/۰۰d	۳۲/۰۷d	۵/۵۹b	۲/۴۶b	۳/۱۳c	
		شیرودی	۴۶۴/۰۰b	۳۲/۹۵d	۵/۱۴c	۲/۱۸c	۲/۹۶d	
		قائم	۴۲۰/۵۰b	۲۹/۳۰f	۵/۲۳c	۲/۴۴b	۲/۷۸e	
۱۹/۷۵c	۳۰/۶۰c	طارم	۳۶۱/۸۰c	۴۰/۳۲a	۶/۰۴a	۲/۵۱b	۳/۵۳a	
		شیرودی	۵۳۶/۰۰a	۳۵/۰۵b	۶/۲۲a	۲/۷۲a	۳/۵۰ab	
		قائم	۴۳۷/۸۰b	۳۴/۳۷c	۵/۷۷a	۲/۳۹b	۲/۳۸b	

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارد.



شکل ۱- رابطه‌ی رگرسیونی بین صفات طول ریشه (A)، تعداد پنجه (B)، عدد SPAD (C)، عملکرد شلتوک (D) با تعداد اردک در سه رقم برنج



شکل ۲- اثر تراکم اردک (تعداد اردک در هکتار) و ارقام مختلف برنج (طارم، شیرودی و قائم) در تعداد برگ بوته (A و B)

نیترژن در خاک و افزایش میزان غلظت کلروفیل در برگ گیاه زراعی، می‌توان به رابطه‌ی بسیار نزدیک بین میزان نیترژن در خاک شالیزار و غلظت کلروفیل در برگ گیاه برنج دست یافت. در همین زمینه نیز نتایج آزمایشات جینون و همکاران (۱۷) در کشور ژاپن در ارتباط با میزان عدد SPAD گیاه برنج نشان داده است بین میزان غلظت کلروفیل $a+b$ و عدد SPAD در برگ این گیاه رابطه‌ی مستقیمی وجود دارد و با افزایش میزان غلظت کلروفیل $a+b$ ، میزان عدد SPAD نیز به طور معنی‌داری افزایش یافته است. در آزمایش حاضر نیز در تمامی موارد رابطه‌ی مستقیم بین افزایش میزان غلظت کلروفیل $a+b$ و افزایش میزان عدد SPAD مشاهده گردید.

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). عملکرد شلتوک در تیمار ۸۰۰ تعداد 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 همین ارقام در تیمار ۴۰۰ قطعه اردک در هکتار به ترتیب به میزان ۲۳، ۷ و ۲۰ درصد افزایش یافت و این میزان نسبت به تیمار شاهد به ترتیب حدود ۵۸، ۵۶ و ۴۴ درصد بود (جدول ۵). رابطه‌ی بین میزان صفت عملکرد شلتوک با تیمار تراکم اردک در واحد سطح در بین ارقام برنج مورد بررسی در این آزمایش بر اساس نتایج حاصل از تجزیه رگرسیونی نشان داد رقم طارم با بالاترین میزان ضریب تبیین ($R^2=0.98$) و شیب خط ($y = 208.125 + 0.199x$) دارای بالاترین میزان رابطه‌ی خطی ($P \leq 0.01$) نسبت به افزایش تراکم اردک و افزایش عملکرد شلتوک در واحد سطح بوده است (شکل ۱، D). بنا به گزارش وانگ و همکاران (۳۷) استفاده از اردک به عنوان عامل بیولوژیک در شالیزارهای برنج به دلیل کنترل مناسب تراکم آفات و بیماری‌ها، نقش بسیار مهم و مؤثری در افزایش عملکرد شلتوک ارقام

عدد SPAD

تعداد اردک، رقم برنج و برهمکنش آنها اثر معنی‌داری بر میزان عدد SPAD داشتند (جدول ۴). مقایسه میانگین صفات نشان داد تیمار ۸۰۰ قطعه اردک در هکتار دارای بالاترین میزان عدد SPAD نسبت به سایر تیمارها (شاهد و ۴۰۰ قطعه اردک در هکتار) بود. رقم طارم در تیمار ۸۰۰ قطعه اردک در هکتار با بالاترین میزان عدد SPAD (۴۰/۳۲) نسبت به همین رقم در تیمار شاهد (۳۱/۱۷) و تیمار ۴۰۰ قطعه اردک در هکتار (۳۲/۰۷) به ترتیب به میزان ۲۳ و ۲۱ درصد افزایش محتوای کلروفیل (SPAD) را به خود اختصاص دادند. میزان عدد SPAD در ارقام طارم، شیرودی و قائم (برابر با ۴۰/۳۲، ۳۵/۰۵ و ۳۴/۳۷) در تیمار ۸۰۰ قطعه اردک در هکتار نسبت به همین ارقام در تیمار شاهد به ترتیب به میزان ۲۳، ۲۰ و ۱۸ درصد افزایش داشت (جدول ۵). رابطه بین میزان صفت عدد SPAD با تیمار تراکم اردک در واحد سطح در بین ارقام برنج مورد بررسی در این آزمایش بر اساس نتایج تجزیه رگرسیونی نشان داد رقم طارم با بالاترین میزان شیب خط ($y = 30.942 + 0.0114x$) و ضریب تبیین ($R^2 = 0.89$)، نسبت به افزایش تراکم اردک و افزایش محتوای کلروفیل (SPAD) دارای بالاترین میزان رابطه‌ی خطی ($P \leq 0.01$) نسبت به ارقام دیگر بوده است و از همین نظر ارقام قائم و شیرودی به ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند (شکل ۱، C). مطالعات انجام شده در ارتباط با میزان عدد SPAD نشان داده است، افزایش یا کاهش میزان محتوای کلروفیل (SPAD) رابطه بسیار نزدیکی با افزایش یا کاهش میزان غلظت کلروفیل در برگ گیاه دارد؛ البته میزان این افزایش یا کاهش با توجه به منطقه، نوع گیاه زراعی، اقلیم منطقه و خصوصیات ژنتیکی بسیار متفاوت می‌باشد (۹، ۱۷، ۲۹ و ۳۴). همچنین با توجه به گزارش‌های انجام شده توسط لی و همکاران (۲۲) در ارتباط با افزایش معنی‌دار میزان نیترژن قابل دسترس برای گیاه برنج در خاک مزارع کشت توأم برنج-اردک نسبت به خاک مزارع تک‌کشتی برنج و همچنین گزارش نتایج قاسمی و همکاران (۹) مرتبط با افزایش میزان

برنج دارد. در همین راستا کنترل تراکم آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در مزارع کشت توأم برنج-اردک در آزمایش‌های متعددی به اثبات رسیده است (۱۹، ۲۷ و ۴۶). نتایج مطالعه‌ای در بررسی میزان عملکرد شلتوک در کشت توأم برنج-اردک نشان داده است تراکم ۴۰۰ قطعه اردک در هکتار به دلیل کنترل مناسب عوامل نامساعد محیطی در رشد گیاه برنج و خروج گازهای نامساعد از خاک شالیزار به میزان ۲۰ تا ۳۰ درصد باعث افزایش عملکرد ارقام برنج می‌شود (۲۰). حضور علف‌های هرز در شالیزار برنج به دلیل رقابت با گیاه زراعی برای جذب نور، آب و مواد غذایی به عنوان مهمترین عامل در کاهش عملکرد شلتوک شناخته شده است (۹). بهبود شرایط محیطی برای رشد گیاه برنج در شالیزار با حضور اردک از طریق کاهش تراکم علف‌های هرز و در نتیجه افزایش قابل توجه عملکرد شلتوک در آزمایش‌های متعددی اثبات گردیده است (۳۸ و ۴۶). در این آزمایش نیز با توجه به شرایط محیطی و اقلیمی منطقه مورد آزمایش، افزایش تراکم اردک تا تراکم ۸۰۰ قطعه اردک در هکتار نسبت به تراکم ۴۰۰ قطعه اردک در هکتار عوامل نامساعد محیطی (آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز) را بهتر کنترل نموده و باعث افزایش معنی‌دار عملکرد شلتوک در این تراکم اردک گردیده بود. در ارتباط با این موضوع با توجه به شرایط اقلیمی منطقه‌ی مورد آزمایش، نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (۱۵، ۲۰، ۳۵، ۴۴، ۴۷ و ۴۸).

قدردانی

بدینوسیله از مسئولان محترم پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان به‌خاطر حمایت‌های مالی در انجام این پژوهش و از جناب آقای مهندس یاسر یعقوبیان به‌خاطر نظرات ارزنده و راهگشا در انجام این تحقیق، صمیمانه تشکر و قدرانی می‌شود.

نتیجه‌گیری

انتخاب بهترین تراکم اردک در واحد سطح به عنوان یک عامل

منابع

- 1- Annicchiarico, P. and L. Pecetti. 2010. Forage and seed yield response of lucerne cultivars to chemically weeded and non-weeded managements and implications for germplasm choice in organic farming. *European Journal of Agronomy* 33: 74-80.
- 2- Anonymous. 2011. Evonik goldschmidt to increase prices for organics products in North America. *Focus on Surfactants*. 2011: 3-9.
- 3- Bondada, B. and J. Syvertsen. 2003. Leaf chlorophyll, net gas exchange and chloroplast ultrastructure in citrus leaves of different nitrogen status. *Tree Physiology* 23: 553-559.
- 4- Choi S. Y., B. W. Shin, D. H. Kim, S. J. Yoo, J. D. Soo, and G. S. Rhee. 1996. Rice growth and improvement of soil properties following rice-duck farming in a paddy field. *Journal of Agricultural Science and Soil Fertilizers* 38(1): 382-388.
- 5- Daley, L. S. 1986. Attenuance rank is a rapid non-extractive measure of in vivo anthocyanin color and chlorophyll content of leaves of *Corylus*. *Scientia Horticulturae* 28: 165-176.
- 6- Flohre A., M. Rudnick, G. Traser, T. Tscharnke, and T. Eggers. 2011. Does soil biota benefit from organic farming in complex vs. simple landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 141: 210-214.
- 7- Gabriel, D. and G. Tscharnke. 2007. Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118: 43-48.
- 8- Gan, D. X., H. Huang, and T. J. Jiang. 2005. Decrease in CH₄ emission and its mechanism in no-tillage rice-duck complex system. *Rural Ecosystem and Environment* 21(2): 1-6.
- 11- Ghasemi, M., K. Arzani, A. Yadollahi, S. Ghasemi, and S. S. Khorrami. 2011. Estimate of leaf chlorophyll and nitrogen content in Asian pear (*Pyrus serotina* rehd.) by CCM-200. *Notulae Scientia Biologicae* 3(1): 91-94.
- 10- Hossain, S. T., G. J. U. Ahmed, M. R. Islam, and A. A. Mahabub. 2002. Role of ducks in controlling weeds and

- insects in integrated rice-duck farming. *Bangladesh Journal of Environmental Science* 6(2): 424-427.
- 11- Hossain, S. T., G. J. U. Ahmed, M. R. Islam, and A. A. Mahabub. 2004. A comparative study of rice-duck and conventional rice farming system in respect of yield and economic return. *Bangladesh Journal of Progressive Science and Technology* 2(1): 35-38.
 - 12- Huang, Y., H. Wang, H. Huang, Z. W. Feng, Z. H. Yang, and Y. C. Luo. 2005. Characteristics of methane emission from wetland rice-duck complex ecosystem. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105: 181-193.
 - 13- Huang, H., H. Wang, and Z. Y. Hu. 2003. Theory analysis and practice process of rice-duck farming ecological project. *Crop Research* 17(4): 189-191.
 - 14- 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.
 - 15- Isobe, K., H. Asano, and Y. Tsuboki. 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 of Crop Science* 67(3): 297-301.
 - 16- Jahan, M., A. Koocheki, M. Nassiri, and F. Dehghanipoor. 2006. The effects of different manure levels and two branch management methods on organic production of *Cucurbita pepo* L. *Journal of Iranian Field Crop Research* 5(2):1-9.
 - 17- Jinwen, L., Y. Jingping, F. Pinpin, S. Junlan, L. Dongsheng, G. Changshui, and C. Wenyue. 2009. Responses of rice leaf thickness, SPAD readings and chlorophyll a/b ratios to different nitrogen supply rates in paddy field. *Field Crops Research* 114: 426-432.
 - 18- Jorgen, E., M. Askegaard, and A. Rasmussen. 2009. Winter cereal yields as affected by animal manure and green manure in organic arable farming. *European Journal of Agronomy* 30: 119-128.
 - 19- Kang, Y. S., J. G. Kim, K. H. Park, Y. S. Kang, J. I. Kim, and J. H. Park. 1995. Influence of rice-duck farming system on yield and quality of rice. *Korean Journal of Crop Science* 40(4): 437- 443.
 - 20- Kim, H. D., J. S. Park, K. H. Bang, Y. C. Cho, K. Y. Park, K. C. Kwon, and Y. D. Rhoe. 1994. Rice growth and yield response in a rice/duck farming system in paddy fields. *Korean Journal of Crop Science* 39(4): 339-347.
 - 21- Koocheki, A., L. Tabrizi, and M. Nassiri Mahallati. 2002. Organic cultivation of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium* in response to water stress. *Journal of Iranian Field Crop Research* 2(1):67-78.
 - 22- Li, C. F., C. G. Cao, J. P. Wang, M. Zhan, W. L. Yuan, and A. Shahrear. 2008. Nitrogen losses from integrated rice-duck and rice-fish ecosystems in southern China. *Journal of Plant and Soil* 307: 207-217.
 - 23- Liu, R. X., J. Kuang, Q. Gong, and X. L. Hou. 2003. Principal component regression analysis with SPSS. *Comput. Computer Methods and Programs in Biomedicine* 71: 141-147.
 - 24- Lopes, A. R., C. Faria, A. P. Fernandez, C. T. Cepeda, C. M. Mania, and O. C. Nunes. 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.
 - 25- Macfadyen, S., R. Gibson, L. Raso, D. Sint, M. Traugott, and M. Memmott. 2009. Parasitoid control of aphids in organic and conventional farming systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133: 14-18.
 - 26- Mirhashemi, M., A. Koocheki, M. Parsa, and M. Nassiri Mahallati. 2005. Evaluation of growth indices of Ajowan and Fenugreek in pure culture and intercropping based on organic agriculture. *Journal of Iranian Field Crop Research* 2(2):689-694.
 - 27- Mohammadi, M., H. Pirdashti, G. Aghajani, and S. Y. Mosavi. 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.
 - 28- Nemecek, T., D. Dubois, O. Huguenin Elie, and G. Gaillard. 2011. Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. *Agricultural Systems* 104: 217-232.
 - 29- Netto, A. T., E. Campostrini, J. G. D. Oliveira, R. Enrique, and R. Smith. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae* 104: 199-209.
 - 30- Norozzadeh, Sh., M. H. Rashed Mohasel, M. Nassiri Mahallati, A. Koocheki, M. Abbas Pour. 2006. Evaluation of species, functional and structural diversity of weeds in wheat fields of Northern, Southern and Razavi Khorasan provinces. *Journal of Iranian Field Crop Research* 2(6):471-485.
 - 31- Quan, G. M., J. E. Zhang, and Z. X. Huang. 2005. Review on the ecological effects of integrated rice-duck farming system. *Chinese Agricultural Science Bulletin* 21(5): 360-365.
 - 32- Roh, K. A., M. K. Kim, B. G. Ko, G. Y. Kim, K. M. Shim, and D. B. Lee. 2005. Evaluation of the influence of the rice-duck farming system on regional environment at Hongsung area. *The East and Southeast Asia Federation of Soil Science Society* 16: 651-652.
 - 33- SAS Institute Inc, 2002. *The SAS System for Windows, Release 9.0. Statistical Analysis* 810 Systems Institute, Cary, NC, USA.
 - 34- Tracy, S., S. Hawkins, G. Greg, and S. Comer. 2009. Modeling the relationship between extractable chlorophyll and SPAD-502 readings for endangered plant species research. *Journal for Nature Conservation* 17: 123-127.
 - 35- Tanveer Hossain, S., H. Sugimoto, G. J. Uddin Ahmed, and M. R. Islam. 2004. Effect of integrated rice-duck

- farming on rice yield, farm productivity, and rice-provisioning ability of farmers. *Asian Journal of Agriculture and Development* 2(1): 79-86.
- 36- Wang, J. P., C. G. Cao, H. Jin, and F. H. Liu. 2006. Effects of rice-duck farming on aquatic community in rice fields. *Science Agriculture Sinica* 39(10): 2001-2008.
- 37- Wang, Q. S., P. S. Huang, and R. H. Zhen. 2004. Effect of rice-duck mutualism on nutrition ecology of paddy field and rice quality. *Chinese Journal of Applied Ecology* 25(4): 639-645.
- 38- Wang, H., H. Huang, Z. H. Yang, and X. L. Liao. 2003. Integrated benefits of rice-duck complex ecosystem. *Rural Ecosystem and Environment* 19: 23-26.
- 39- Wang, H., H. Huang, Z. H. Yang, and X. L. Liao. 2003. Studies on integrated benefits of wetland rice-duck complex ecosystem. *Rural Ecosystem and Environment* 3: 45-48.
- 40- Weiling, Y., C. Cougui, and W. Jinping. 2008. Economic valuation of gas regulation as a service by rice-duck-fish complex ecosystem. *Ecological Economics* 4: 266-272.
- 41- Xi, Y. G. and P. Qin. 2009. Emergy evaluation of organic rice-duck mutualism system. *Ecology Engineering* 35: 1677-1683.
- 42- Xie, L. Q., S. G. Chen, X. L. Liao, K. Luo, Z. X. Tong, and W. J. Chen. 2005. Ecological and economical effect of rice-duck complex system. *Hunan Agriculture Science* 4: 93-95.
- 43- Yang, Z. P., X. Y. Liu, H. Huang, D. Z. Liu, L. D. Hu, W. Su, and S. Q. Tan. 2004. A study on the influence of rice-duck intergrowth on spider, rice diseases, insect and weeds in rice-duck complex ecosystems. *Acta Ecologica Sinica Journal* 24: 2756-2760.
- 44- Yang, Z. H., H. Huang, and H. Wang. 2004. Paddy soil quality of a wetland rice-duck complex ecosystem. *Chinese Journal of Soil Science* 35(2): 117-121.
- 45- Yonghua, Z. and D. Guobin. 1998. Benefits analysis and comprehensive evaluation of rice-fish-duck symbiotic model. *Journals China's Ecological Agriculture* 6(1): 48-51. (In China with English Abstract).
- 46- Yu, S. M., Y. N. Ouyang, Q. Y. Zhang, G. Peng, D. H. Xu, and Q. Y. Jin. 2005. Effects of rice-duck farming system on *Oryza sativa* growth and its yield. *Chinese Journal of Applied Ecology* 16(7): 1252-1256.
- 47- Zhang, J. E., R. Xu, X. Chen, and G. Quan. 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.
- 48- Zhang, J. E., M. Y. Zhao, and J. Chen. 2005. Effects of integrated rice duck farming system on the growth of rice. *Ecology Science* 24(2): 117-119.
- 49- Zhang, J. E., J. X. Lu, G. H. Zhang, and S. M. Luo. 2002. Study on the function and benefit of rice-duck agro ecosystem. *Ecology Science* 21(1): 6-10.
- 50- Zhen, N. H., Q. S. Wang, X. K. Shen, W. J. Zhang, X. M. Bian, and P. S. Huang. 2004. Current status and technical prospect of rice-duck mutuality eco-farming in China. *Rural Ecosystem and Environment* 20(4): 64-67.
- 51- Zheng, Y. H., G. B. Deng, and G. M. Lu. 1997. A study on economic benefits of rice-fish-duck complex ecosystem. *Chinese Journal of Applied Ecology* 8(4): 431-434.