فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان
سال پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۶

اثرات متقابل کشت توام برنج و میگوی رودخانه‌ای شرق (*Macrobrachium nipponense*)

ابوالفضل بایرامی[۱]، حمید علاف نویریان[۲]، منصور افشار محمدیان[۳]*، احسان اسدی شریف[۴]، فرشید قربانی[۵]، فائزه سمیع املشی[۶]، سارا اسمعیلی[۷]، زهرا الماسی[۷]

تاریخ دریافت: بهمن ۹۵ تاریخ پذیرش: فروردین ۹۶

چکیده

کشت توام برنج و میگو در سطح جهانی به سبب بازده اقتصادی آن گسترش قابل توجهی داشته است. هدف این مطالعه بررسی اثر متقابل کشت توام میگوی رودخانه‌ای شرق و برنج بر کیفیت و ماندگاری میگوی پس از عمل‌آوری (نمک سود کردن) و محصول برنج بود. از این رو، میگوها پس طی مراحل پرورش، نمونه‌برداری و نمک سود شدند. سپس ترکیبات مغذی میگوی بازه‌های زمانی صفر (شاهد، زمان عمل‌آوری) تا دوازده هفته پس از عمل‌آوری (هر ۲ هفته یک‌بار) بررسی شد. علاوه بر آن شاخص‌های رشد میگو هر دوهفته یک‌بار و شاخص‌های ریختی و عملکردی گیاه برنج در انتهای هفته دوازدهم ارزیابی شد. نتایج ارزیابی نشان داد که در مجموع، تمامی شاخص‌های بررسی شده از قبیل نرخ رشد ویژه، کارایی ضریب تبدیل و درصد بقای میگوها و نیز ترکیبات شیمیایی بدن میگو مانند پروتئین، چربی و رطوبت در میگوی نمک سود شده پرورش یافته طی کشت توام با برنج در حد مطلوبی بودند. همچنین، کشت توام برنج و میگو، اثرات قابل توجهی روی تمامی صفات ریختی و عملکردی گیاه برنج مانند میزان کلروفیل کل برگ، ارتفاع بوته، تعداد پنجه و تعداد پنجه بارور در هر خوشه، طول و عرض برگ پرچم، طول خوشه، عملکرد دانه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، تعداد دانه پر در هر خوشه و میزان زیست‌توده گیاهان برنج کشت شده در کشت توام با میگو در مقایسه با تیمار کود شیمیایی داشت.

واژگان کلیدی: *میگوی رودخانه‌ای شرق، نمک سود، کود شیمیایی، برنج.*

۱- استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۲- استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.
۳- دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، رشت، ایران.
۵- دانشجوی دکتری تکثیر و پرورش آبزیان، گروه شیلات، دانشگاه منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۶- دانشجوی کارشناسی ارشد، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.
۷- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
* نویسنده مسئول: afshar@guilan.ac.ir

مقدمه

در سال‌های اخیر، علاقه مصرف‌کنندگان به غذاهای طبیعی و ارگانیک، مانند فرآورده‌های پرورشی ارگانیک، افزایش قابل توجهی داشته است. این علاقمندی به دلیل افزایش آگاهی مردم از خطرات زیست‌محیطی و درک بیش‌تر از ایمنی مواد غذایی حاصل شده است. امروزه خواسته بسیاری از مصرف کنندگان تضمین ایمنی و سلامت محصول از سوی تولیدکنندگان و اطمینان از نداشتن اثر سوء تولیدات غذایی بر مصرف کنندگان است.

برنج از جمله مهم‌ترین محصولاتی است که در سبد غذایی مردم قرار دارد و امروزه بحث‌های فراوانی در مورد استفاده بیش از حد کود و سموم در فرآیند تولید این محصول مطرح است. اگرچه در سال‌های اخیر سازمان جهاد کشاورزی تلاش کرده است که صرفا مقدار مورد نیاز کود و سموم را با تعرفه بالاتر در اختیار کشاورزان قرار دهد تا شاید به سبب محدودیت دسترسی به کود و هزینه‌بر بودن، این مواد شیمیایی کمتر مورد استفاده قرار گیرند، اما شالیکاران برای افزایش میزان محصول و پیش‌گیری از هزینه‌های مرتبط با وجین علف‌های هرز و دفع آفات، ترجیح می‌دهند تا از کود و سموم بیشتری استفاده کنند. بنابراین، چنانچه بتوان راهکاری را ارایه کرد تا این دو موضوع مهم را پوشش دهد، می‌توان تا حد زیادی به تولید ارگانیک محصولات کشاورزی امیدوار بود.

کشت توام برنج و میگو در سطح جهانی عمدتا در مناطق ساحلی که از آب‌های لب‌شور برای کشت برنج استفاده می‌شود، به سبب بازده اقتصادی آن گسترش قابل توجهی داشته است (Brennan et al., 2002). در این نوع کشت توام، کاهش عملکرد برنج به دلیل استفاده از آب‌های لب‌شور با سودآوری که از تولید میگو به دست می‌آید، جبران می‌شود. این کشت نوعی سامانه به دام انداختن و پرواربندی است. به این صورت که آب دریا در هنگام پیش‌روی، بچه میگوها و بچه ماهی‌ها را به داخل مزرعه وارد می‌کند. پس از گذشت دوره پرورش، میگو یا ماهی‌های پرورش داده شده به مرور برداشت می‌شوند. هیچ نوع ذخیره‌سازی و انتقال لارو از مرکز تکثیر به این مزارع صورت نمی‌گیرد و به دلیل وجود غذای طبیعی در مزرعه از غذای کمکی استفاده نمی‌شود. نوع دیگر کشت، کشت سنتی ارتقا داده شده است که این شیوه به طور اساسی همان روش سنتی است که در آن لاروهای

خریداری شده از مرکز تکثیر با تراکم ۱-۲ بچه میگو در هر متر مربع مزرعه ذخیره‌سازی می‌شود. غذادهی به صورت بسیار کم انجام می‌شود. تولید میگو در این روش بیش‌تر از روش سنتی یعنی ۴۰۰-۵۰۰ کیلوگرم میگو در هکتار است.

از ویژگی‌های بارز میگوی رودخانه‌ای شرق (*Macrobrachium nipponense*)، توانایی سازگاری به آب‌های لب‌شور است و در مناطقی که با کمبود آب شیرین مواجه هستند، این موضوع اهمیت زیادی دارد (New, 1990). به علاوه امکان پرورش برخی از گونه‌های اصلاح شده برنج در آب‌های لب‌شور نیز وجود دارد. بنابراین امکان پرورش دو منظوره میگوی رودخانه‌ای شرق چه به صورت تک‌کشتی و یا به صورت توام با برنج در مناطق مختلف ایران امکان پذیر است. با توجه به حضور این میگو در اکثر آبگیرها و رودخانه‌های شمالی کشور و همچنین محدودیت آب‌های شور و لب‌شور برای پرورش میگوهای دریایی و میگوی آب شیرین گونه روزنبرگی *Macrobrachium rosenbergii* (پرورش در آب شیرین، تکثیر در آب لب‌شور) و این که گونه‌های مذکور قابلیت تحمل دماهای پایین را ندارند (گرگین و علیمحمدی، ۱۳۸۳)، بنابراین معرفی گونه میگوی رودخانه‌ای شرق به عنوان یک نژاد برتر و مقاوم، برای افزایش بهره‌وری تولید در پرورش دو منظوره، علاوه بر تولید اقتصادی میگو، در تولید برنج کیفی طبیعی و ارگانیک نیز از اهمیت قابل توجهی برخوردار است.

از سوی دیگر، موجودات آبزی اثرات قابل توجهی در سلامت انسان دارند و ارزش غذایی و اقتصادی میگو باعث شده است که امروزه این آبزیان در ردیف مهم‌ترین محصولات غذایی جهان به شمار آیند. میگوی رودخانه‌ای شرق تنها گونه‌ای است که در مناطق معتدله پراکنش دارد و آب‌های سرد را به خوبی تحمل می‌کند (New, 2005). این گونه بومی چین، ژاپن و تایلند است و به کشورهای قزاقستان، ازبکستان، روسیه، فیلیپین، بلاروس و عراق نیز معرفی شده است (Salman et al., 2006). نخستین گزارش از وجود میگوی رودخانه‌ای شرق در ایران و مقایسه ریخت‌شناختی آن با گونه هم جنس درشت جثه آن به نام میگوی روزنبرگی در سال ۱۳۸۳ صورت گرفت (گرگین و علیمحمدی، ۱۳۸۳). میگوی رودخانه‌ای شرق ظرف مدت کوتاهی در اکثر منابع آب‌های داخلی از رودخانه‌های ورودی از تالاب انزلی گرفته تا کانال‌های آبرسانی و برخی مزارع برنج پراکنش یافت.

حضور میگوی رودخانه‌ای شرق در جیره غذایی بسیاری از ماهیان اقتصادی تالاب انزلی مانند سوف و اردک‌ماهی، نشان دهنده اهمیت این میگو در زنجیره غذایی اکوسیستم تالاب است (De Grave and Ghane, 2006). همچنین این گونه در صنعت آبزی‌پروری بسیاری از کشورهای آسیای جنوب شرقی مخصوصا کشور چین توسعه یافته است. به طوری که تولیدات سالیانه آن به بیش از ۲۰۰ هزار تن می‌رسد (FAO, 2009). گونه میگوی رودخانه‌ای شرق برای اولین بار توسط گرگین و علیمحمدی (۱۳۸۳) در ایران مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که این گونه تحت شرایط کنترل شده ظرف مدت کوتاهی به حداکثر رشد خود می‌رسد. میگوی رودخانه‌ای شرق در کشورهای آسیای جنوب شرقی مانند چین، تایلند، بنگلادش و هند توام با مزارع برنج پرورش داده می‌شود، به طوری که شالیکاران علاوه بر برداشت برنج، درآمد خوبی از محصول ثانویه میگو دارند.

تاریخچه خشک و نمک‌سود کردن میگوهای ریز جثه، بیش از نیم قرن قدمت دارد، ولی پیشرفت تکنولوژی و صنعت عمل‌آوری آن به کمتر از سه دهه می‌رسد (Sen, 2005). با وجود پیشرفت و توسعه صنعت فرآوری محصولات میگو و آبزیان در کشور ایران (رضوی شیرازی، ۱۳۸۶)، در زمینه عمل‌آوری میگوهای ریز با نام آجیل میگو، تقریبا هیچ گونه استاندارد خاصی در ایران که سلامت مصرف کننده را تضمین کند، وجود ندارد.

هدف از این مطالعه، عمل‌آوری میگوی رودخانه‌ای شرق (*Macrobrachium nipponense*) شمال ایران پرورش یافته طی کشت توام با برنج، به صورت نمک سود و خشک کردن طی فرآیند استاندارد بین المللی و ارزیابی ماندگاری آن بدون کاهش کیفیت، در درجه حرارت معمولی بود. همچنین برای اولین بار در ایران، تاثیر کشت توام میگو و برنج، بدون استفاده از کود شیمیایی و سموم بر برخی شاخص‌های گیاه برنج، ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال زراعی ۱۳۹۵ در هنرستان کشاورزی جنت لاکان (رشت) در زمینی به مساحت حدود ۶۰۰ مترمربع انجام شد. در این منطقه، میانگین دمای سالانه منطقه ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد، میانگین رطوبت نسبی سالانه ۸۰ درصد و میانگین بارندگی ده ساله ۱۱۳۲ میلی‌متر است.

پیش از آغاز کار (پس از اتمام عملیات شخم) از خاک محل آزمایش نمونه‌برداری شد. نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در هوای آزاد، به آزمایشگاه منتقل شد و ویژگی‌های شیمیایی شامل میزان نیتروژن (N)، کربن آلی (OC)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، pH و هدایت الکتریکی (EC) به ترتیب با استفاده از دستگاه کجلدال، روش اکسیداسیون به کمک دی‌کرومات، اسپکتروفتومتر، فلِیم فتومتر، pHمتر و هدایت سنج الکتریکی تعیین شدند (جدول ۱).

تیماربندی

تیمارها شامل ۱) کشت برنج رقم هاشمی با استفاده از کود شیمیایی یک بار در طول آزمایش؛ میزان کود بر اساس نتایج آزمایش خاک تعیین شد. بر این اساس، کود حاوی نیتروژن به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره یا ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، ۴۵-۳۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 یا ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاس یا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار K_2O بود (صدرالدینی و سلحشور دلیوند، ۱۳۹۱؛ شکری واحد، ۱۳۹۵) و ۲) کشت توام برنج و میگوی رودخانه‌ای شرق (*Macrobrachium nipponense*)، برای تولید محصول طبیعی برنج بدون استفاده از کود شیمیایی (تولید ارگانیک) بود. هر تیمار در سه تکرار انجام شد.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه پژوهشی

شاخص	مقدار
عمق نمونه‌برداری (cm)	۰-۳۰
هدایت الکتریکی (ds/m)	۳/۷۶
کربن آلی (٪)	۲/۹۶
نیتروژن کل (٪)	۰/۲
فسفر قابل جذب (ppm)	۲۲/۵
پتاسیم قابل جذب (ppm)	۲۵۵
pH گل اشباع	۶/۴۹
بافت خاک	رسی- سیلتی

زیست‌سنجی میگوی رودخانه‌ای شرق و بررسی شاخص‌های رشد

میگوها هر دو هفته یک بار تا انتهای دوره آزمایش (۱۲ هفته) زیست‌سنجی شدند و شاخص‌های رشد آن‌ها محاسبه و ارزیابی شد. به این ترتیب که ابتدا ۲۴ ساعت قبل از زیست‌سنجی غذادهی قطع می‌شد، زیرا میگوها به طور طبیعی از موجودات ریز و گیاهان موجود در حوضچه تغذیه می‌کردند. عملکرد

رشد و کارایی تغذیه بر اساس بررسی شاخص‌های افزایش وزن (WG)، نرخ رشد ویژه (SGR)، کارایی ضریب تبدیل غذا (FER) و درصد بقا (SR) بر اساس روابط استاندارد تعیین شد (رابطه‌های ۱ تا ۴؛ Ronyai et al., 1990؛ Allan and Maguire, 1992).

رابطه ۱:

$$WG\ (g) = W_f - W_i$$

W_i: وزن اولیه (گرم)؛ W_f: وزن نهایی (گرم).

رابطه ۲:

$$SGR\ (\%/day) = [(\ln W_f - \ln W_i) / t] \times 100$$

W_i: وزن اولیه (گرم)؛ W_f: وزن نهایی (گرم)؛ t: طول دوره پرورش (روز).

رابطه ۳:

$$FER = WG / F$$

WG: میزان افزایش وزن (گرم)؛ F: میزان غذای مصرفی (گرم).

رابطه ۴:

$$SR\ (\%) = (N_f / N_i)$$

N_f: تعداد میگوها در انتهای دوره؛ N_i: تعداد میگوها در ابتدای دوره.

بررسی ترکیبات بیوشیمیایی عضله میگوی رودخانه‌ای شرق

برای بررسی ترکیبات بیوشیمیایی، میگوهای پرورش یافته به صورت کشت توام با برنج در آخر دوره از مزرعه جمع‌آوری و به صورت تازه به آزمایشگاه تغذیه دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان منتقل شد. سپس میگوها به صورت کامل در آب نمک (۵ درصد) به مدت ۲۰ دقیقه بخارپز و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت قرار داده شد تا خشک شوند (Jayasinghe et al., 2010). سپس نمونه‌ها در ظروف پلی‌اتیلنی عاری از هوا با وزن ۲۵۰ گرم بسته‌بندی شدند. از هر نمونه و تکرار ۵۰ گرم به صورت تصادفی برداشته شد و پس از عمل‌آوری (پودر کردن) برای بررسی کیفی (ترکیب بیوشیمیایی عضله میگو) آماده شد. سپس نمونه‌های عمل‌آوری شده هر دو هفته یک‌بار تا انتهای هفته دوازدهم مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی ترکیبات بیوشیمیایی عضله میگوی رودخانه‌ای شرق طبق روش A.O.A.C (۱۹۹۵) انجام شد. به این ترتیب که اندازه‌گیری پروتئین به وسیله روش کجلدال و میزان چربی به روش سوکسله انجام شد. برای تعیین خاکستر، نمونه خشک و آسیاب شد و در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ ساعت در کوره الکتریکی سوزانده شد.

شاخص‌های مورد ارزیابی در برنج

میزان کلروفیل برگ (شاخص SPAD) پس از ورود گیاهان به مرحله ۵۰ درصد گلدهی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مقدار کلروفیل از دستگاه کلروفیل‌متر دستی (SPAD 502، Minolta، ژاپن) استفاده شد. برای خواندن مقدار کلروفیل، در هر تیمار ۱۰ برگ به صورت تصادفی از هر تکرار انتخاب و در هر برگ از ناحیه وسط آن، کنار رگبرگ اصلی، مقدار کلروفیل خوانده شد. اندازه‌گیری مقدار کلرفیل در هر برداشت در ساعت ۱۳ تا ۱۷ بعد از ظهر انجام شد، ارتفاع بوته‌ها در مرحله رسیدگی دانه با انتخاب تصادفی ۴ بوته از هر تکرار، به صورت ارتفاع بوته از سطح خاک تا نوک بلندترین خوشه بدون در نظر گرفتن ریشک اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها محاسبه شد. برای اندازه‌گیری تعداد پنجه، از خطوط اصلی هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای، تعداد ۴ بوته از هر تکرار به طور تصادفی انتخاب و تعداد پنجه‌های بارور شمارش و سپس میانگین تعداد پنجه در هر بوته محاسبه شد. میانگین تعداد پنجه بارور بوته‌های برنج، طول و عرض برگ پرچمی، طول خوشه، عملکرد دانه، تعداد دانه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، وزن هزار دانه، درصد پوکی (با شمارش نسبت دانه‌های پوک در صد دانه) و میزان زیست‌توده هر کدام در ۴ تکرار اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

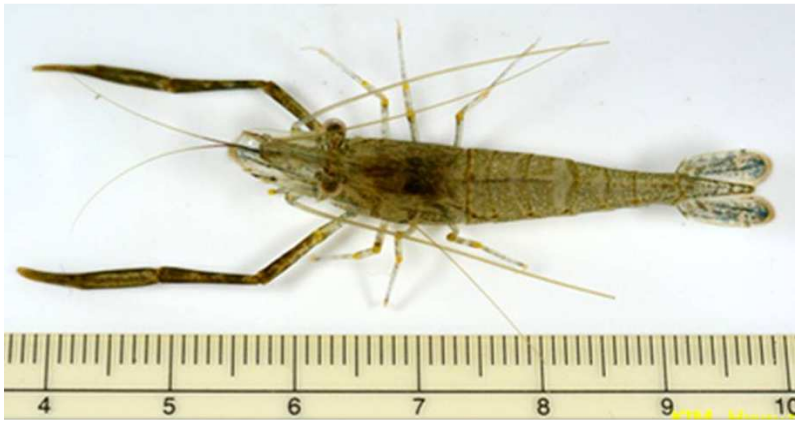
برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده از نرم‌افزارهای SPSS 13 و Microsoft Excel 2006 استفاده شد. برای تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) استفاده شد. برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنادار بین تیمارها و مقایسه میانگین آن‌ها از آزمون t-test در قالب طرح کاملا تصادفی و برای مقایسه بین زمان‌های نمونه‌برداری از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و پس‌آزمون دانکن در سطح خطای ۵ درصد ($P<۰/۰۵$) استفاده شد.

نتایج

عوامل رشد و تغذیه‌ای میگوی رودخانه‌ای شرق

شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای میگوی رودخانه‌ای شرق (*Macrobrachium nipponense*، شکل ۱) در جدول ۲ ارائه شده است. با افزایش طول مدت دوره پرورش، در

مجموع شاخص‌های رشد در طول پژوهش مانند رشد (WG)، نرخ رشد ویژه (SGR)، کارایی ضریب تبدیل غذا (FER) و درصد بقا (SR)، به طور قابل توجهی در مقایسه با دوره‌های قبلی نمونه‌برداری بهبود یافتند. شاخص افزایش وزن از ۱/۱±۰/۱۳ گرم در هفته دوم به ۷/۹±۰/۲۷ گرم در هفته دوازدهم افزایش یافت. درصد بقا در طول هفته‌های مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. کارایی ضریب تبدیل غذا از ۶۵ درصد در هفته دوم به ۸۹ و ۹۵ درصد در هفته‌های ۱۰ و ۱۲ افزایش یافت.



شکل ۱: میگوی رودخانه‌ای شرق (*Macrobrachium nipponense*)

جدول ۲: میانگین شاخص‌های رشد میگوی رودخانه‌ای شرق در کشت توام با برنج در طول مدت ۱۲ هفته (میانگین ± خطای استاندارد)

شاخص‌های رشد	ابتدای آزمایش	هفته دوم	هفته چهارم	هفته ششم	هفته هشتم	هفته دهم	هفته دوازدهم
WG (g)	-	۱/۱ ±۰/۱۳ [a]	۲/۲±۰/۲۱ [b]	۳/۶±۰/۳۲ [c]	۵/۲±۰/۲۳ [d]	۶/۵±۰/۲۹ [e]	۷/۹±۰/۲۷ [f]
SGR (٪)	-	۰/۰۷±۰/۰۰۳	۴/۳۵±۲/۰۰۰	۴/۱۴±۰/۴۰۰	۲/۶۳±۰/۳۰۰	۱/۶۰±۰/۱۰۰	۱/۳۵±۰/۲۰۰
FER (٪)	-	۶۵±۳	۷۰±۶	۷۴±۴	۷۷±۳	۸۹±۴	۹۵±۵
SR (٪)	-	۹۸±۳	۹۷±۲	۹۸±۶	۹۷±۶	۸۹±۶	۹۰±۳

حروف انگلیسی متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار است.

ترکیبات بیوشیمیایی عضله میگوی رودخانه‌ای شرق

ترکیبات بیوشیمیایی عضله میگوی رودخانه‌ای شرق در جدول ۳ ارائه شده است. با افزایش طول دوره تا هفته ۱۲ میزان پروتئین خام بدن به طور معنی‌داری افزایش یافت، در حالی که رطوبت کاهش معنی‌داری داشت که نشان دهنده ارتقا کیفیت عضله بود. پروتئین خام در هفته ۸ از ۱۸/۷ درصد به ۲۳/۹ در هفته ۱۲ افزایش یافت (جدول ۳). سایر ترکیبات بدن شامل چربی و خاکستر در هفته های مختلف آزمایش اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند ($P>0/05$).

نتایج ارزیابی صفات ریختی و عملکردی برنج

نتایج به دست آمده از بررسی ویژگی‌های برنج رقم هاشمی در جدول ۴ رائه شده است.

میزان تولید برنج

میزان تولید برنج در تیمار یک (کود شیمیایی)، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را با تیمار دوم (کود ارگانیک) نشان داد. از لحاظ عملکرد در هکتار، تیمار دوم بیشترین تولید را داشت و با تیمار یک اختلاف معنی‌دار آماری از خود نشان داد ($P\leq0/05$؛ جدول ۴).

میزان کلروفیل برگ

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری میزان کلروفیل (شاخص SPAD)، تفاوت معنی‌داری را بین دو تیمار نشان داد ($P<0/05$). بر اساس این نتایج بیشترین و کمترین میزان کلروفیل به ترتیب ۴۷/۷ در تیمار کشت توام با میگو و ۳۱/۶ در تیمار با کود شیمیایی بود (جدول ۴).

جدول ۳: ترکیبات بیوشیمیایی عضله میگوی رودخانه‌ای شرق (براساس وزن تر) در پرورش توام برنج و میگو پس از ۱۲ هفته (میانگین ± خطای استاندارد)

ترکیبات (٪)	ابتدای آزمایشی	هفته هشتم	هفته دهم	هفته دوازدهم
رطوبت	۵۶/۰±۳ [a]	۵۵/۵±۲ [a]	۵۴/۵±۳ [a]	۵۰/۰±۲ [b]
پروتئین خام	۱۸/۷±۰/۸۷ [b]	۱۸/۹±۰/۶۶ [b]	۱۹/۱±۰/۸۰ [b]	۲۳/۹±۰/۷۹ [a]
چربی خام	۳/۷±۰/۲۳ [a]	۳/۹±۰/۱۳ [a]	۴/۳±۰/۱۹ [a]	۴/۸±۰/۲۹ [a]
خاکستر	۷/۸±۰/۶۶ [a]	۷/۶±۰/۵۷ [a]	۷/۳±۰/۶۳ [a]	۶/۹±۰/۶۰ [a]

حروف انگلیسی متفاوت در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار است.

ارتفاع بوته

نتایج به دست آمده نشان داد که تیمار با کود ارگانیک اثر معنی‌داری را بر ارتفاع گیاه برنج هاشمی داشت. بر این اساس، بیشترین ارتفاع گیاه برنج (۱۴۳/۲ سانتی‌متر) متعلق به تیمار کود ارگانیک و کمترین ارتفاع (۱۲۱/۴ سانتی‌متر) متعلق به تیمار کود شیمیایی بود (جدول ۴).

تعداد پنجه

نتایج نشان داد که به کارگیری کود ارگانیک بر روی گیاه برنج هاشمی اثر معنی‌داری بر تعداد پنجه در هر بوته داشت. به طوری که بیشترین تعداد پنجه در هر بوته در تیمار دو ۱۶/۶۱ عدد بود، در حالی که میانگین تعداد پنجه در هر بوته در تیمار یک ۹ عدد بود (جدول ۴).

تعداد پنجه بارور

نتایج نشان داد که به کارگیری کود ارگانیک بر روی گیاه برنج اثر معنی‌داری بر تعداد پنجه بارور در هر بوته داشت ($P<0/05$؛ جدول ۴).

تعداد کل دانه در خوشه

بر اساس نتایج به دست آمده، به کارگیری کود ارگانیک اثر معنی‌داری بر تعداد کل دانه در خوشه داشت. به طوری که میانگین تعداد کل دانه در خوشه تیمار دو ۱۲۴ عدد بود، در حالی که میانگین تعداد کل دانه در خوشه تیمار یک ۹۲ عدد بود (جدول ۴).

تعداد دانه پر

بر اساس نتایج به دست آمده، به کارگیری کود ارگانیک اثر معنی‌داری بر تعداد دانه پر در هر خوشه داشت. به طوری که میانگین تعداد کل دانه پر در خوشه تیمار دو ۱۱۶ عدد بود، در حالی که میانگین تعداد دانه پر در خوشه تیمار یک ۸۱ عدد بود (جدول ۴).

وزن هزار دانه

بر اساس نتایج به دست آمده، به کارگیری کود ارگانیک اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه داشت. به طوری که میانگین وزن هزار دانه تیمار دو ۲۸ گرم بود، در حالی که میانگین وزن هزار دانه تیمار یک ۲۱ گرم بود (جدول ۴).

طول و عرض برگ پرچم

بر اساس نتایج مطالعه حاضر، به کارگیری کود ارگانیک اثر معنی‌داری بر طول و عرض برگ پرچم داشت. به طوری که میانگین طول

و عرض برگ پرچم تیمار دو به ترتیب ۳۸/۲ و ۱/۲ سانتی‌متر بود، در حالی که میانگین طول و عرض برگ پرچم تیمار یک به ترتیب ۲۹/۰۵ و ۰/۸ سانتی‌متر بود (جدول ۴).

طول خوشه

بر اساس نتایج به دست آمده، به کارگیری کود ارگانیک اثر معنی‌داری بر طول خوشه داشت. به طوری که میانگین طول خوشه تیمار دو ۳۲/۸ سانتی‌متر بود، در حالی که میانگین طول خوشه تیمار یک ۲۵/۲ سانتی‌متر بود (جدول ۴).

زیست‌توده

بر اساس نتایج به دست آمده از بررسی داده‌ها، زیست‌توده بوته‌های تیمار شده با کود ارگانیگ در مقایسه با زیست‌توده بوته‌های تیمار شده با کود شیمیایی تغییر معنی‌داری داشت ($P\leq ۰/۰۵$). به طوری که میانگین زیست‌توده تیمار دو ۲۸/۶ گرم بود، در حالی که میانگین زیست‌توده تیمار یک ۲۱/۲ گرم بود (جدول ۴).

جدول ۴: شاخص‌های ارزیابی شده در برنج (میانگین ± خطای استاندارد)

شاخص‌های برنج	تیمار یک (کود شیمیایی)	تیمار دو (کشت توام با میگو)
میزان کلروفیل (شاخص SPAD)	۳۱/۶ a	۴۷/۷ b
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۱۲۱/۴ a	۱۴۳/۲ b
تعداد پنجه در هر بوته	۹/۰۰ a	۱۶/۶۱ b
تعداد پنجه بارور در هر بوته	۷/۲ a	۱۲/۰ b
طول برگ پرچم (سانتی‌متر)	۲۹/۰۵ a	۳۸/۲۰ b
عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)	۰/۸ a	۱/۲ b
طول خوشه (سانتی‌متر)	۲۵/۲ a	۳۲/۸ b
تعداد دانه در خوشه	۹۲ a	۱۲۴ b
تعداد دانه پر در خوشه	۸۱ a	۱۱۶ b
وزن هزار دانه (گرم)	۲۱ a	۲۸ b
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	۲۸۶۰ a	۳۹۲۰ b
زیست‌توده (گرم)	۲۱/۲ a	۲۸/۶ b

حروف انگلیسی متفاوت در هر ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار است.

بحث

عوامل رشد و تغذیه‌ای میگوی رودخانه‌ای شرق

مطالعات زیادی در زمینه پرورش توام ماهی با برنج انجام شده است (Guttman and Gregory, 2002; Nayudamma, 2003). با این وجود اطلاعات محدودی در زمینه پرورش ترکیبی میگوهای آب شیرین با برنج وجود دارد که بتوان با آن مقایسه کرد. مطالعات انجام شده در زمینه رشد و بقای گونه‌های میگوی آب شیرین به عنوان یک محصول جانبی درآمدزا، موید این امر است که بدون صرف برخی هزینه‌ها مانند غذای کنسانتره که حدود پنجاه درصد هزینه‌های تولید نهایی را شامل می‌شود، در سیستم کشت توام استفاده از غذاهای طبیعی (گیاهان، کرم‌ها و حشرات آبزی و غیره) که مورد تغذیه میگو قرار می‌گیرد، در نهایت سبب کاهش هزینه‌های تولید میگو می‌شود. علاف نویریان و خوش‌خلق (۱۳۹۴) در زمینه فرمولاسیون جیره مناسب میگو رودخانه‌ای شرق به این نتیجه رسیدند که این گونه، از منابع گیاهی و غلات به خوبی استفاده می‌کند و از رشد و بقای خوبی برخوردار است. مطالعات مذکور با نتایج پژوهش حاضر در کشت توام برنج و میگو همخوانی دارد و دلیل آن مصرف و قابلیت هضم این گونه، از منابع گیاهی موجود در مزارع برنج است. در کشت توام برنج و میگوی درشت جثه رزنبرگی، افزایش قابل توجهی در محصول نهایی برنج در تیمارهای مختلف مورد آزمایش مشاهده نشد (Mirhaj et al., 2013)، در حالی که در مطالعه حاضر افزایش معنی‌داری در پرورش کشت ترکیبی برنج با میگوی رودخانه‌ای شرق دیده شد. دلیل این امر قابلیت سازگاری بالای میگوی رودخانه‌ای شرق نسبت به گونه درشت جثه رزنبرگی است.

Roy و همکاران (۱۹۹۱) دو آزمایش جداگانه کشت تلفیقی برنج- ماهی و کشت ترکیبی میگو- سبزیجات (مانند نخود فرنگی و کدو) انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که در پرورش ترکیبی میگو و سبزیجات ضمن افزایش تولید سبزیجات بدون به کارگیری کود شیمیایی، رشد و بقای میگو نیز افزایش داشت، در حالی که درکشت تلفیقی برنج و ماهی رشد ماهی چندان قابل توجه نبود (Roy et al., 1991). دلیل این امر قابلیت بالای پرورش میگوی آب شیرین نسبت به ماهی است. به طورکلی نتایج فوق با مطالعات حاضر همخوانی دارد. با وجود شرایط مناسب برای کشت توام میگو و برنج در کشور ایران، به دلیل عدم

آگاهی شالیکاران از سودآوری حاصل از میگو به عنوان یک محصول جانبی، حتی در مقیاس‌های کوچک توسعه نیافته است، در حالی که در کشور بنگلادش و تایلند به عنوان یک الگوی پرورش تلفیقی در سه دهه اخیر توسعه چشم‌گیری مشاهده شده است (Mirhaj etal., 2013).

Mirhaj و همکاران (۲۰۱۳) در پرورش توام میگوی آب شیرین با برنج ضمن افزایش تولید برنج، به این نتیجه رسیدند که عوامل رشد و تغذیه‌ای میگو مانند افزایش وزن، نرخ ویژه رشد روزانه، راندمان غذایی و درصد بقا در تیمار میگو و برنج نیز به طور چشم‌گیری افزایش یافت که نتایج آزمایش فوق با پژوهش حاضر مطابقت دارد.

Wang و همکاران (۲۰۰۶) اثرات درجه حرارت را بر عوامل رشد و تغذیه میگوی رودخانه‌ای شرق جوان بررسی کردند. نتایج این پژوهشگران بیانگر این موضوع بود که با بالا رفتن درجه حرارت آب، رشد، کارایی غذا و درصد بقا به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. در این پژوهش، با توجه به افزایش روند درجه حرارت در طول ماه‌های تیر و مرداد رشد و بقای میگوی رودخانه‌ای شرق افزایش یافت که با نتایج فوق کاملا همخوانی دارد. سایر پژوهشگران نیز گزارش‌های مشابهی را در ارتباط با دمای مطلوب و اثرات مثبت آن بر عوامل رشد و تغذیه‌ای و عدم استرس بر میگوی رودخانه‌ای شرق متذکر شدند (علاف نویریان و خوش‌خلق، ۱۳۹۴).

علاف نویریان و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی اثرات سطوح مختلف چربی بر عوامل رشد و ترکیبات لاشه میگوی رودخانه‌ای شرق در مرحله جوانی، به این نتیجه دست یافتند که با افزایش چربی جیره به میزان ۹ درصد ارزش چربی تولیدی، ضریب رشد ویژه، فاکتور وضعیت، ضریب بازدهی پروتئین بهبود یافت. در ضمن در همین مطالعه ترکیبات بیوشیمیایی مانند پروتئین افزایش و رطوبت کاهش یافت (علاف نویریان و همکاران، ۱۳۹۳) که نشان دهنده کیفیت و مطلوب بودن عضله میگو است. در پژوهش حاضر، در هفته‌های آخر ماه‌های پرورشی میگو و برنج، ترکیبات عضله به طور قابل توجهی بهبود یافت که نتایج حاضر با نتایج فوق مشابهت دارد.

در گزارش‌های بسیاری، بررسی رشد و بقای میگوی رودخانه‌ای شرق در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی با استفاده از غذای کنسانتره، اگرچه میزان روند رشد به نسبت افزایش را نشان داد (علاف نویریان و همکاران، ۱۳۹۳؛

اتفاق دوست و همکاران، ۱۳۹۵)، اما در مطالعه حاضر، طی کشت توام میگو و برنج بدون به کارگیری غذای کنسانتره، میگوها از روند رشد به مراتب بالاتری برخوردار بودند که با نتایج مذکور سایر پژوهشگران تا حدودی مغایرت دارد. Yao و همکاران (۲۰۰۷) وزن نمونه‌های جمع‌آوری شده میگوی رودخانه‌ای شرق از دریاچه Bai Yangdian برای مطالعه ترکیبات، بیوهمولنف این میگو را ۸ گرم گزارش کردند که با وزن نهایی میگوهای جمع‌آوری شده در پژوهش حاضر در انتهای دوره همخوانی دارد. علت این امر وجود شرایط بهینه طبیعی در کشت توام میگو و برنج است (جدول ۵).

با وجود پیشرفت‌های چشم‌گیری که در دهه‌های گذشته در زمینه کشت ترکیبی برنج و آبزیان در کشورهای آسیای جنوب شرقی (هند، بنگلادش، تایلند و اندونزی) به وجود آمد (Guttman and Gregory, 2002)، توسعه این صنعت در کشور ایران بسیار ضعیف و کند پیشروی می‌کند. به علاوه، مطالعات صورت گرفته نشان داد که کشت توام کپورماهی و برنج در ایران در دو دهه گذشته و توسعه آن در کشور و به ویژه استان فارس موفقیت‌آمیز نبوده است. علت این امر فقدان دسترسی به اعتبارات، مشکلات مربوط به تامین بچه‌ماهی، عدم تمایل کشاورزان به ریسک کردن و در ضمن طولانی مدت بودن دوره پرورشی کپورماهیان نسبت به طول دوره پرورش کشت برنج است. به طوری که پس از برداشت محصول برنج حوضچه‌های پرورش ماهی فاقد ارتفاع لازم برای رشد و بقای ماهی است (کرمی و همکاران، ۱۳۸۵).

جدول ۵: مقایسه رشد میگوی رودخانه‌ای شرق در کشت توام با برنج با سایر سیستم‌های مطالعاتی

گونه مورد آزمایش	طول دوره آزمایش	نوع جیره	وزن اولیه (گرم)	وزن نهایی (گرم)	درصد بقاء	منبع
Macrobrachium nipponense	۱۲ هفته	–	۰/۹۰	۷/۹	۹۳	مطالعه حاضر
Macrobrachium nipponense	۸ هفته	کنسانتره	۰/۹۶	۴/۲	۸۵	علاف نویریان و همکاران (۱۳۹۳)
Macrobrachium nipponense	۸ هفته	کنسانتره	۱/۴	۲/۶	۷۷/۶۰	اتفاق دوست و همکاران (۱۳۹۵)
Macrobrachium nipponense	جمع‌آوری از محیط‌های طبیعی	–	–	۸	–	Yao و همکاران (۲۰۰۷)

اثر میگو بر صفات ریختی و عملکردی برنج

از پرورش آبزیان در شالیزارها به عنوان روشی مکمل و فراگیر در راستای مدیریت بهینه این اراضی نام می‌برند. چرخه عناصر غذایی شالیزارها در اثر تغذیه آبزیان و رسوب فضولات آن‌ها روی خاک سبب افزایش جذب عناصری چون فسفر و نیتروژن توسط گیاه برنج می‌شود. سیستم پرورش توام آبزیان و برنج از نیاز کشاورزان به استفاده از کودهای شیمیایی تا حد زیادی می‌کاهد (Nayudamma, 2003). پرورش آبزیان در شالیزارها در بسیاری از شرایط می‌تواند بر عملکرد برنج به میزان ۱۵-۴ درصد بیافزاید و این عمل از طریق بهبود رشد گیاه، آغاز گلدهی در ارتفاع بالاتر، پانیکول بلندتر، پنجه‌های بیشتر و قوی‌تر، دانه‌های بلندتر و درصد پوکی کمتر ایجاد می‌شود (Li, 1986). شالیزارهای غرقابی حاوی بسیاری از مواد غذایی مورد نیاز آبزیان هستند که از این مزیت می‌توان برای پرورش همزمان آبزیان و برنج بهره گرفت (Bocek, 2010). آبزیان از لاروهای مگس‌ها و پشه‌ها، حلزون‌های آبزی و سایر حشرات مضر در شالیزارها تغذیه می‌کنند، بنابراین آفاتی چون کرم ساقه‌خوار زرد، شته‌ها و ملخ قهوه‌ای از جمله موجوداتی هستند که توسط ماهیانی چون کپور معمولی، کپور کاراس و تیلاپیا خورده می‌شوند (Nayudamma, 2003; Bocek, 2009; Bocek, 2010). هزینه پرورش آبزیان در شالیزارها بسیار کم است، به علاوه، عدم به کارگیری کودها و سموم شیمیایی به کاهش هزینه‌ها نیز منتج می‌شود. مرکز پژوهش‌های بین المللی مدیریت منابع آبزیان (ICLARM) در بنگلادش با بررسی ۲۵۶ مزرعه برنج، به افزایش عملکرد محصول و کاهش سرایت آفات و علف‌های هرز اذعان کردند (Nayudamma, 2003). Ahmad و Garnett (۲۰۱۱) نشان دادند که کشت توام برنج و ماهی در بنگلادش اقتصادی‌تر از تک‌کشتی است.

مطالعاتی که تاکنون بر روی میگوی رودخانه‌ای شرق صورت گرفته است، بیشتر جنبه تغذیه‌ای و زیست‌شناختی داشته است، از این رو، در مطالعه حاضر طرح کشت توام میگو با برنج برای اولین بار در ایران انجام شد. البته این نوع کشت در کشورهایی مانند بنگلادش و تایلند قبلا صورت گرفته بود (Mirhaj et al., 2013). گزارش‌های مختلفی در بنگلادش نشان داده است که پرورش میگوی آب شور در مزارع برنج اثرات منفی زیست‌محیطی و اکولوژیکی دارد، در حالی که کشت میگوی آب

شیرین و برنج منافع مختلف اقتصادی-اجتماعی و محیط‌زیستی را فراهم می‌کند (Ahmad and Garnett, 2011).

همان گونه که نتایج پژوهش حاضر نشان داد، کشت توام برنج و میگو اثرات قابل توجهی روی صفات ریختی و عملکردی گیاه برنج رقم هاشمی داشت. به نحوی که میزان کلروفیل کل برگ، ارتفاع بوته، تعداد پنجه و تعداد پنجه بارور در هر خوشه، طول و عرض برگ پرچم، طول خوشه، عملکرد دانه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه، تعداد دانه پر در هر خوشه و میزان زیست‌توده گیاهان برنج کشت شده تحت تیمار توام برنج و میگو در مقایسه با تیمار کود شیمیایی و برنج به طور معنی‌داری بیشتر بود. این نتایج موید یافته‌های پژوهشگران دیگر (کرمی و همکاران، ۱۳۸۵؛ نورحسینی نیاکی و باقرزاده، ۱۳۹۱؛ Nayudamma, 2003؛ Bocek, 2009؛ Mirhaj et al., 2013) در مورد تاثیر مثبت کشت توام آبزیان از جمله میگو و برنج، به علاوه تاثیرات مثبت زیست محیطی با کاهش استفاده از سموم و کودهای شیمیایی است (Bocek, 2010).

بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر می‌توان گفت که اجرای عملی این طرح در سطح گسترده‌تر، دلایل متعددی برای توجیه اقتصادی آن و افزایش درآمد شالیکاران در راستای توسعه پایدار کشاورزی و جلوگیری از مهاجرت قشر کشاورز به شهر دارد. با توجه به شرایط اقلیمی استان‌های مختلف کشور ایران، کمبود منابع آب شیرین و امکان کشت برنج کم‌شور و لب‌شور در استان‌های مرکزی و جنوبی کشور، گونه میگوی رودخانه‌ای شرق، بهترین گزینه در توسعه کشت توام برنج و آبزیان است. از طرفی سود به دست آمده از میگو به عنوان یک محصول ضمنی در واحد سطح به مراتب بالاتر از درآمد حاصل از خود برنج است. به طور کلی از نتایج این مطالعه می‌توان چنین استنباط کرد که اضافه کردن میگوی بومی منطقه به مزارع برنج در پرورش توام برنج و میگو، علاوه بر کاهش هزینه‌های جانبی برای تامین کود شیمیایی و تهیه غذای کنسانتره برای پرورش میگو، منجر به ارتقای کیفی خاک و محصول مزارع شالیزار می‌شود و از طرفی از آلایندگی شالیزارها و اکوسیستم‌های مرتبط با آن‌ها نیز به جهت کاهش استفاده از سموم و کودهای شیمیایی، کاسته می‌شود.

تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی به دلیل حمایت مالی از این پروژه و هنرستان

کشاورزی جنت رشت به جهت در اختیار قراردادن زمین شالیزار و تامین میگوهای رودخانه‌ای شرق و دانشگاه گیلان به جهت امکانات آزمایشگاهی کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

اتفاق دوست م.، علاف نویریان ح. و فلاحتکار ب. ۱۳۹۵. اثرسطوح مختلف پروتئین و چربی جیره بر شاخص‌های رشد، بازماندگی و ترکیب شیمیایی بدن میگوی رودخانه‌ای شرق (*Macrobrachium nipponense*). فصلنامه محیط زیست جانوری، ۸(۱): ۱۸۶-۱۷۵.

رضوی شیرازی ح. ۱۳۸۶. تکنولوژی فرآورده‌های دریایی، اصول نگهداری و عمل‌آوری. سالنامه آمار شیلات ایران، جلد اول. انتشارات پارس نگار. ۱۱۸ص.

شکری واحد ح. ۱۳۹۵. ارزیابی پاسخ گیاه برنج نسبت به عناصر غذایی در مدیریت تغذیه خاص مکان. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، گزارش نهایی، شماره ثبت ۵۰۲۴۸. ۷۴ص.

صدرالدینی ع.ا. و سلحشور دلیوند ف. ۱۳۹۱. تنش شوری و رژیم آبی بر عملکرد برنج و کارایی مصرف آب در خاک‌های ترک‌دار شالیزاری. مجله تحقیقات غلات، ۲(۳): ۲۰۸-۱۹۳.

علاف نویریان ح. و خوش‌خلق م.ر. ۱۳۹۴. تاثیرات سطوح مختلف چربی جیره در شاخص‌های رشد و ترکیبات بیوشیمیایی بدن میگوی رودخانه‌ای شرق (*Macrobrachium nipponense*). نشریه شیلات، ۶۸(۱): ۱۱۵-۱۰۵.

علاف نویریان ح. و محمدی م. ۱۳۸۷. بررسی اثرات سطوح مختلف پروتئین بر شاخص‌های رشد میگوی آب شیرین رودخانه‌ای شرق در مرحله جوانی (*Macrobrachium nipponense*). مجله علوم و فنون دریایی، ۷(۱و۲): ۱۲۰-۱۱۲.

علاف نویریان ح.، خوش‌خلق م.ر. و موسی‌پور شاجانی م. ۱۳۹۳. اثر سطوح مختلف چربی بر عوامل رشد و ترکیبات لاشه میگوی رودخانه‌ای شرق در مرحله جوانی. فصلنامه علمی پژوهشی محیط زیست جانوری، ۶(۲): ۱۰۴-۹۷.

کرمی ع.ا.، رضائی مقدم ک.، احمدوند م. و لاری م.ب. ۱۳۸۵. پذیرش کشت توام برنج و ماهی در استان فارس. مجله علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، ۲(۲): ۴۴-۳۱.

گرگین س. و علیمحمدی ا. ۱۳۸۳. نخستین گزارش از وجود میگوی آب شیرین (*Macrobrachium nipponense*) در ایران و مقایسه مورفولوژیک آن با گونه روزنبرگی. مجله پژوهش و سازندگی، ۶۵: ۵۹-۵۷.

نورحسینی نیاکی س.ع. و باقرزاده ف. ۱۳۹۱. اکولوژی کشت توام برنج و ماهی. انتشارات حق‌شناس. ۱۰۴ص.

A.O.A.C 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analysis Chemists. Washington DC. 672P.

Ahmad N. and Garnett S.T. 2011. Integrated rice-fish farming in Bangladesh: Meeting the challenges of food security. Journal of Food Security, 3(1): 81–92.

Allan G.L. and Maguire G.B. 1992. Effects of stocking density on production of *Penaeus monodon* Fabricius in model farming ponds. Aquaculture, 107(1): 49–66.

Bocek A. 2009. Water harvesting and aquaculture for rural development. Retrieved April 24, 2013, International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, Auburn University, USA, from http://sfaas.auburn.edu/international-ork/publications.

Bocek A. 2010. Introduction to fish culture in rice paddies. Retrieved April 24, 2013, International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, Auburn University, USA, from http://sfaas.auburn.edu/international-ork/publications.

Brennan D., Preston N., Cayton H. and Be T.T. 2002. An evaluation of rice-shrimp farming systems in the Mekong Delta. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 10P.

De Grave S. and Ghane A. 2006. The establishment of the oriental river prawn, *Macrobrachium nipponense* (de Haan, 1849) in Anzali Lagoon, Iran. Aquatic Invasions, 1(4): 204–208.

Li K. 1986. A review of rice-fish culture in China. Freshwater Fisheries Research Centre, Chinese Academy of Fisheries Sciences, China, from http://www.fao.org/docrep/field/003/ac221e/ac221e00.htm.

FAO. 2009. Fishstat Plus (v.232). Retrieved March 2, 2009 from http://www.fao.org/home/en.

Guttman H. and Gregory R. 2002. Developing appropriate interventions for rice-fish cultures. P: 15–27. In: Edwards P., Little D.C. and Demaine H. (Eds.). Rural Aquaculture. CABI Publishing, UK.

Jayasinghe P.S. Jayasinghe J.M.P.K. and Galappaththi C.P. 2010. Influence of different processing methods on quality and shelf life of dried shrimp. Sri Lanka Journal of Aquatic Sciences, 11: 85–91.

Mirhaj M., Boit A., Razzak M.A. and Wahab M.A. 2013. Yield performance comparison between cultures of rice cum prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and rice cum fish (*Cyprinus carpio*, *Oreochromis niloticus*) in North-Eastern Bangladesh. Aquaculture, 392: 26–33.

Nayudamma G. 2003. Rice-fish Culture. International Development Research Center (IDRC), Canada. 186P.

New M.B. 1990. Freshwater prawn culture: A review. Journal of Aquaculture Research, 88: 99–143.

New M.B. 2005. Freshwater prawn farming: Global status, recent research and a glance at the future. Journal of Aquaculture Research, 36(3): 210–230.

Ronyai A., Peteri A. and Radics F. 1990. Cross breeding of starlet and Lena river sturgeon. Aquaculture Hungrica (Szarwas), 6: 13–18.

Roy B., Das D.N. and Mukhopadhyay P.K. 1991. Rice-fish/prawn vegetable integrated farming–viable proposition in deepwater rice ecosystem. In Proceedings of the National Symposium on New Horizons in Freshwater Aquaculture, Central Institute of Freshwater Aquaculture, India. P: 24–25.

Salman S.D., Page T.J., Naser M.D. and Yasser A.A.G. 2006. The invasion of *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) (Caridea: Palaemonidae) into the southern Iraqi marshes. Aquatic Invasions, 1(3): 109–115.

Sen D.P. 2005. Advances in Fish Processing Technology. Allied Publishers, India. 848P.

Wang W.N., Wang A.L., Liu Y., Xiu J., Liu Z.B. and Sun R.Y. 2006. Effects of temperature on growth, adenosine phosphates, ATPase and cellular defense response of juvenile shrimp (*Macrobrachium nipponense*). Aquaculture, 256: 624–630.

Yao C.L., Wang A.L., Wang Z.Y., Wang W.N. and Sun R.Y. 2007. Purification and partial characterization of Cu, Zn superoxide dismutase from haemolymph of Oriental river prawn *Macrobrachium nipponense*. Aquaculture, 270(1): 559–565.

Aquatic Physiology and Biotechnology
Vol. 5, No. 4, Winter 2018

Interactive effects of combined cropping of rice and shrimp (*Macrobrachium nipponense*)

Abolfazl Bayrami[1], Hamid Allaf Novirian[2], Mansour Afshar Mohammadian[3]*, Ehsan Asadi Sharif[4], Farshid Ghorbani[5], Faeze Samie Amlashi[6], Sara Esmaeili[7], Zahra Almasi[7]

Received: February 2017 Accepted: April 2017

Abstract

The cultivation of rice and shrimp globally has expanded significantly due to its economic efficiency. The purpose of this study was to investigate the effect of shrimp and rice combined cultivation on shrimp quality after salting and during its storage and rice crop. Therefore, shrimp biochemical compounds after salting were analyzed every two weeks, from week 0 to12. In addition, shrimp growth indices were calculated during raring period every two weeks (for 12 weeks) and rice morphological and performance indices were evaluated at the end of 12th week. The results of the evaluation showed that in general, all of the evaluated indices of the shrimps such as specific growth rate, conversion factor efficiency and survival percentage and also the chemical composition of shrimp bodies such as protein, crude fat and moisture content in shrimps obtained from combined cultivation with rice were favorable. In addition, rice and shrimp cultivation had significant effects on all morphological traits and rice yield, such as total leaf chlorophyll content, plant height, tiller number, tillers in each cluster, flag leaf length and width, spike length, grain yield, number of grains per spike, 1000 grain weight, number of filled grains per cluster and the amount of biomass of rice plants grown under combined treatment of rice and shrimp compared to chemical fertilizer treatment.

Key words: Macrobrachium nipponense, *Salting, Fertilizer, Rice*.

1- Assistant Professor in Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Mohaghegh Ardebili, Ardebil, Iran.
2- Assistant Professor in Department of Fisheries, Faculty of Natural Recourses, University of Guilan, Sowme'eh Sara, Iran.
3- Associate Professor in Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
4- M.Sc. Student, Department of Fisheries, Faculty of Natural Recourses, University of Guilan, Sowme'eh Sara, Iran.
5- Ph.D. Student, Department of Fisheries, Faculty of Natural Recourses, University of Natural Recourses of Gorgan, Gorgan, Iran.
6- M.Sc. Student, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.
7- M.Sc. Student, Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
*Corresponding Author: afshar@guilan.ac.ir