

## اثر کشت تلفیقی برنج و ماهی بر وضعیت دسترسی به عناصر غذایی خاک، جذب عناصر و عملکرد برنج در اراضی شالیزاری استان گیلان

مسعود ابراهیمی<sup>۱</sup>، علی محمدی ترکشوند\*<sup>۲</sup>، محمد معز اردلان<sup>۱</sup>

۱- گروه خاکشناسی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران، صندوق پستی: ۳۱۴۸۵-۳۱۳

۲- گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران صندوق پستی: ۷۷۵-۱۴۵۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۰ مرداد ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۱۹ فروردین ۱۳۹۴

### چکیده

به منظور بررسی اثر کشت تلفیقی برنج و ماهی بر عملکرد برنج و غلظت قابل جذب عناصر غذایی، آزمایشی در نه مزرعه در سال زراعی ۱۳۹۱ در شهرستان‌های آستانه اشرفیه، تالش و اسالم در استان گیلان انجام شد. بعد از آماده سازی زمین و انتقال نشاها به زمین و زمانی که ارتفاع آب به ۱۵ سانتی‌متر رسید اقدام به رها سازی بچه ماهی‌ها در مزرعه شد. کشت و کار مزارع توسط کشاورزان و تحت شرایط محلی انجام شد. در مزارع، یک کرت به ابعاد ۱۰۰ متر مربع به عنوان کرت شاهد در نظر گرفته شد (از ورود ماهی به کرت شاهد جلوگیری به عمل آمد). نمونه برداری در هنگام برداشت محصول برنج از خاک و گیاه انجام شد. وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. غلظت قابل جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و مقدار جذب آنها توسط گیاه اندازه‌گیری گردید. نتایج آزمون t نشان داد که افزایش معنی‌دار غلظت ازت، فسفر، پتاسیم قابل جذب خاک در شرایط پرورش توأم ماهی و برنج نسبت به شاهد در سطح ۵٪ خطا وجود داشت. عملکرد گیاه نسبت به شاهد افزایش نشان داد و مقدار جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط برنج در تیمارهای کشت توأم برنج و ماهی نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد.

**کلمات کلیدی:** کشت توأم ماهی و برنج، خصوصیات شیمیایی خاک، جذب عناصر غذایی، عملکرد برنج.

## مقدمه

افزایش روز افزون جمعیت و مسئله امنیت غذایی یکی از دغدغه‌های جهانی به شمار می‌رود. برنج و ماهی اجزای کلیدی امنیت جهانی غذا را تشکیل می‌دهند، به طوری که امروزه برنج غذای اصلی بیش از سه میلیارد نفر در جهان به خصوص در آسیا محسوب می‌شود (نورحسینی نیاکی و باقرزاده لاکانی، ۱۳۹۱). نوار شمالی ایران از مناطق تحت کشت برنج است که محدودیت‌هایی از لحاظ وسعت زمین‌های قابل کشت و منابع آبی در این مناطق وجود دارد. از طرفی، به دلیل خرده‌پا بودن مالکیت اکثر زمین‌های کشاورزی زیر کشت برنج در این مناطق، مقدار سود حاصله‌ای که از کشت برنج نصیب هر کشاورز می‌شود، اندک است (حسینی خشت مسجدی، ۱۳۸۷).

امروزه در کشاورزی پایدار و مدرن، سیستم باید بر مبنای یک استراتژی مدیریت منابع برای نیل به تولید محصولات پایدار و اقتصادی برنامه‌ریزی شود، ضمن اینکه حفاظت از منابع و تضمین کیفیت بالای محیط نیز وجود داشته باشد. سیستم تلفیقی برنج و ماهی یک روش کشاورزی اکولوژیکی مختلط است که این روش، کشت متراکم سنتی، کشاورزی اکولوژیکی و کشاورزی مدرن را با هم آمیخته است (Yang et al., 2006). این کشت نوعی از سیستم کشاورزی است که می‌تواند منجر به استفاده بهینه از شالیزار و منابع آبی گردد (سعیدزاده و همکاران، ۱۳۸۸). کپورماهیان رهاسازی شده در شالیزار از لارو حشرات، کرم ساقه‌خوار و برگ‌خوار تغذیه می‌کنند. این امر سبب رشد ماهیان و موجب کنترل بیولوژیک جمعیت آفات برنج می‌گردد. این مبارزه بیولوژیک سبب کاهش و یا توقف در مصرف سموم کشاورزی شده و در نتیجه از

آلودگی محیط زیست جلوگیری می‌نماید (نورحسینی نیاکی، ۱۳۹۰).

فضولات ماهی می‌تواند منبع کودی خوبی برای برنج محسوب شود و باعث حاصلخیزی خاک مزرعه (بخش زاد محمودی، ۱۳۷۶؛ Frei and Becker, 2005a) و سبب کاهش نیاز به مصرف کودهای شیمیایی شود (Frei and Saleh and Momennia, 2006؛ Becker, 2005b). Yang و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که در سیستم کشت تلفیقی برنج و ماهی، مصرف سموم دفع آفات و علف‌کش کم می‌شود. Kathiresan (۲۰۰۷) و Frei and Becker (۲۰۰۵a) گزارش کردند که پرورش ماهی در مزارع برنج باعث کنترل بیولوژیکی آفات و علف‌های هرز در نتیجه باعث کاهش مصرف سموم علف‌کش می‌شود. مدفوع خشک کپور علفخوار دارای ۱/۰۲ درصد ازت و ۰/۴۲۶ درصد فسفر می‌باشد. بنابراین مزارع تلفیقی برنج و ماهی حاصلخیزی بالاتری دارند. پرورش ماهی در سیستم بسته آب باعث تجمع مواد آلی زائد در محیط کشت می‌شود. این مواد متابولیک اگر به تغذیه گیاهان برسند، ارزش اقتصادی داشته و برای سیستم تولید ماهی نیز منفعت دارند (روستا، ۱۳۸۸). Hall و Holby (۱۹۹۱) در گزارشی بیان کردند میزان جذب فسفر توسط ماهی کمتر از ۱۵ تا ۴۰ درصد بوده و تقریباً ۷۰ تا ۸۰ درصد از فسفر به صورت مواد زائد دفع می‌شود و درون آب می‌ریزد. همچنین گزارشی دیگر از یافته‌ها نشان می‌دهند که میزان بازدهی نیتروژن مورد استفاده توسط ماهیان کمتر از ۱۰ تا ۵۰ درصد است و ۷۰ تا ۸۰ درصد منابع مواد معدنی که توسط مواد غذایی وارد آب می‌شود تبدیل به پسماند می‌شوند (Korm et al., 1995). سعیدزاده و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی‌های خود در دو

از شهرستان‌های تالش، آستانه اشرفیه و اسالم در نظر گرفته شدند.

بعد از انتخاب مزارع مورد نظر، اقدام به آماده‌سازی اولیه زمین شد. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و ماله به نحو مطلوب، قبل از کاشت صورت گرفت. سپس اقدام به کرت‌بندی مزرعه شد. ابعاد کرت‌ها در مزارع مختلف با توجه به وسعت مزارع متفاوت بود، اما در هر مزرعه یک کرت به ابعاد ۱۰۰ متر مربع (۱۰x۱۰m) ایجاد شد. این کرت به عنوان کرت شاهد در نظر گرفته شد که در طی کشت توأم ماهی و برنج در مزرعه از ورود ماهی به این کرت جلوگیری به عمل آمد. در بقیه کرت‌ها که به عنوان کرت تیمار بودند، کشت توأم ماهی و برنج انجام شد و ورود و خروج ماهی‌ها به صورت آزادانه انجام می‌شد. در ضمن یک پناهگاه (حوضچه) در پایین دست کرت به عمق ۱/۵-۱ متر و به مساحت ۱۰-۳ درصد وسعت مزرعه، بسته به برنامه‌ریزی رهاسازی بچه ماهی و برنامه تولید، جهت ورود ماهی‌ها در فصول خشک یا در حین عملیات سمپاشی و همچنین در هنگام برداشت محصول در مزرعه ایجاد شد. بعد از آماده‌سازی زمین، نشاها به مزرعه منتقل شدند. عملیات نشاکاری نیز در نیمه دوم اردیبهشت ماه آغاز شد. بعد از انجام نشاکاری و با توجه به شرایط مناسب برای رهاسازی کپور ماهیان به مزرعه اقدام شد. به ازاء هر هکتار، ۶۰۰-۵۰۰ بچه ماهی کپور علفخوار با وزن تقریبی ۶۰-۴۰ گرم رها گردید. بچه ماهی‌ها ابتدا در مخزن اصلی که به عنوان مأمن اصلی آنها به شمار می‌روند رها-سازی شدند، سپس ماهی‌ها از ورودی‌های اصلی و فرعی‌ای که در دیواره کرت ایجاد شده بود آزادانه وارد کرت‌های برنج شدند.

شرایط کاشت تکی برنج و کاشت تلفیقی با ماهی دریافتند که پرورش ماهی باعث افزایش عملکرد برنج نسبت به سیستم تک کشتی می‌شود. Gurung and Wagle (۲۰۰۲) گزارش نمودند که ماهی‌ها با هدایت مواد غذایی به سمت سیستم ریشه برنج موجب افزایش عملکرد به میزان ۹ درصد می‌گردد. نظر به این که اکثر تحقیقات در ایران به ترویج و پذیرش و اثرات اجتماعی این روش در بین کشاورزان معطوف هستند، لذا محققان به بررسی اثرات کشت توأم برنج و ماهی بر روی عوامل زراعی، صفات عملکردی برنج، انتخاب ارقام مناسب و مباحث مدیریتی این نوع کشت متمرکز شده‌اند و کمتر به بررسی خصوصیات خاک مخصوصاً وضعیت عناصر غذایی و حاصلخیزی آن در این نوع کشت پرداخته شده است. این تحقیق جهت بررسی اثر کشت تلفیقی برنج و ماهی بر خصوصیات خاک و عملکرد برنج طراحی شد و اهداف مورد بررسی در این پژوهش عبارتند از:

الف) بررسی غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و کلسیم به صورت قابل جذب در خاک در کشت تلفیقی برنج و ماهی در مقایسه با سیستم تک کشتی،

ب) بررسی کمیت جذب عناصر غذایی فسفر، کلسیم و نیتروژن از خاک توسط گیاه برنج در شالیزار،

ج) اثر کشت تلفیقی برنج و ماهی بر عملکرد گیاه برنج.

### مواد و روش‌ها

این مطالعه در بهار سال ۱۳۹۱ در استان گیلان در ۹ مزرعه انجام شد. مزارع انتخاب شده به صورت تصادفی و در شرایط مزرعه انتخاب شدند (کشت و کار توسط کشاورزان و طبق شرایط محلی هر منطقه انجام شد). مزارع به گونه‌ای انتخاب شدند که شرق و غرب استان گیلان را در برگیرد، به همین خاطر مزارع مورد آزمایش

ماهی و برنج و سیستم تک کشتی وجود نداشت. متوسط pH اندازه گیری شده در کشت توأم ماهی و برنج، ۷/۰۶ و در تک کشتی ۷/۰۴ بود که با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشتند. مزارع کشت توأم ماهی و برنج حاوی ۱/۳۱٪ کربن آلی در برابر ۱/۲۵٪ کربن آلی در مزارع تک کشتی بودند. هر چند که با افزایش ناچیز مقدار کربن آلی، با تأثیر مثبت در مزارع کشت توأم همراه بود، ولی اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

### اثر تیمارها بر غلظت ازت، فسفر و پتاسیم قابل جذب در خاک

جدول ۲ اثر کشت توأم برنج و ماهی و تک کشتی برنج بر غلظت قابل جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم را نشان می دهد. با توجه به نتایج به دست آمده، مقدار ازت کل خاک در کشت توأم برنج و ماهی با ۰/۱۱ درصد، افزایش معنی داری نسبت به کرت شاهد با میانگین ۰/۰۹ درصد داشت. افزایش در محتوای فسفر در کشت توأم برنج و ماهی (۳۱/۶۶ میلی گرم در کیلوگرم) نسبت به شاهد با میانگین ۲۸/۶۶ میلی گرم در کیلوگرم مشاهده گردید. محتوای پتاسیم با میانگین ۱۴۹/۵۵ میلی گرم در کیلوگرم در کرت تیمار نسبت به ۱۳۸/۰۷ میلی گرم در کیلوگرم در کرت شاهد با افزایش معنی دار همراه بود.

### اثر تیمارها بر عملکرد برنج

نتایج جدول ۳ نشان داد بین مزارع مورد مطالعه، اختلاف معنی داری در عملکرد دانه برنج در سطح احتمال یک درصد در مزارع کشت توأم ماهی و برنج (با میانگین عملکرد ۳/۰۹ تن در هکتار) نسبت به کشت-تکی (با میانگین ۲/۹۴ تن در هکتار) وجود داشت. وزن خشک نیز به طور معنی دار در کشت توأم برنج و ماهی بیشتر از کشت تنهای برنج بود.

نمونه برداری از خاک و گیاه تحت شرایط استاندارد (رطوبت در حد گاورو) در هنگام برداشت محصول برنج انجام شد. برای اندازه گیری عناصر فسفر و پتاسیم، خاک به روش Soltanpour (۱۹۸۵) با محلول AB-DTPA (آمونوم بی کربنات - DTPA)، عصاره گیری شد و در عصاره حاصله غلظت عناصر فسفر به روش اسپکتروفتومتری (Haynes and Swift, 1983) و پتاسیم به روش فلیم فتومتری اندازه گیری شد. ازت کل خاک به روش کجالدال (Goos, 1995) اندازه گیری شد.

نمونه برداری از گیاه برای اندازه گیری عناصر جذب شده توسط گیاه از مزرعه شاهد و تیمار هر کدام با سه تکرار و به صورت تصادفی و یک هفته قبل از برداشت انجام شد. برای این منظور پلات هایی به اندازه یک مترمربع در مزرعه مشخص شد و پس از اندازه گیری ارتفاع، اندام هوایی را جدا ساخته و عملکرد دانه محاسبه شد. سپس بعد از شستشو، کل نمونه برداشت شده از یک متر مربع را در آون با دمای ۶۵-۸۰ درجه سانتی گراد در مدت دو روز خشک گردید و وزن خشک اندام هوایی یک متر مربع محاسبه شد. به منظور تهیه عصاره گیاه، ۰/۳ گرم از نمونه خشک در مخلوط سه اسید (اسید سولفوریک، نیتریک و پرکلریک) هضم شد. در عصاره گیاه، غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندازه گیری شد. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار SPSS و جهت مقایسه میانگین ها از آزمون t مستقل استفاده شد.

### نتایج

#### اثر تیمارها بر pH، EC و مقدار کربن آلی خاک

نتایج جدول ۱ نشان داد که از لحاظ آماری در سطح خطای ۵ درصد، اختلاف معنی داری بین هدایت الکتریکی، pH خاک و کربن آلی مزارع کشت توأم

جدول ۱: اثر کشت توأم برنج و ماهی بر خصوصیات شیمیایی خاک در مقایسه با شاهد (تک کشتی برنج)

پ-value	t	انحراف معیار	میانگین	تعداد	گروه	خصوصیات شیمیایی
۰/۹۹۷	۰/۰۰۴ <sup>NS</sup>	۱۳۱/۲۹	۵۰۸/۱۴	۲۷	تک کشتی	EC (میکرو زیمنس بر متر)
		۷۶/۳۸	۵۰۸/۲۵	۲۷	کشت توأم	
۰/۶۸	۰/۴۱۲ <sup>NS</sup>	۰/۱۴	۷/۰۴	۲۷	تک کشتی	pH
		۰/۱۸	۷/۰۶	۲۷	کشت توأم	
۱/۴۰	۰/۱۶ <sup>NS</sup>	۰/۱۵	۱/۲۵	۲۷	تک کشتی	کربن آلی (درصد)
		۰/۱۴	۱/۳۱	۲۷	کشت توأم	

<sup>NS</sup> عدم معنی داری، \* معنی دار در سطح ۵ درصد و \*\* معنی دار در سطح یک درصد

جدول ۲: اثر کشت توأم برنج و ماهی بر عناصر غذایی خاک در مقایسه با شاهد (تک کشتی برنج)

پ-value	t	انحراف معیار	میانگین	تعداد	گروه	عناصر غذایی
۰/۰۰۰	۴/۱۰**	۰/۰۱	۰/۰۹	۲۷	تک کشتی	نیتروژن (درصد)
		۰/۰۲	۰/۱۱	۲۷	کشت توأم	
۰/۰۰۹	۲/۷۰**	۵/۲۰	۲۸/۶۶	۲۷	تک کشتی	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم)
		۳/۵۹	۳۱/۹۶	۲۷	کشت توأم	
۰/۰۰۹	۲/۷۱**	۱۳/۲۱	۱۳۸/۰۷	۲۷	تک کشتی	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم)
		۱۷/۵۵	۱۴۹/۵۵	۲۷	کشت توأم	

<sup>NS</sup> عدم معنی داری، \* معنی دار در سطح ۵ درصد و \*\* معنی دار در سطح یک درصد

جدول ۳: اثر کشت توأم برنج و ماهی بر عملکرد گیاه در مقایسه با شاهد (تک کشتی برنج)

پ-value	t	انحراف معیار	میانگین	تعداد	گروه	اجزای عملکرد
۰/۶۳	۰/۴۸ <sup>NS</sup>	۵/۸۴	۱۳۱/۹۴	۲۷	تک کشتی	ارتفاع گیاه (سانتی متر)
		۶/۳۱	۱۳۲/۷۴	۲۷	کشت توأم	
۰/۰۱۳	۲/۵۸*	۱۱۴/۵۴	۱۳۴۲/۶۲	۲۷	تک کشتی	وزن خشک اندام هوایی (گرم در متر مربع)
		۱۰۲/۰۸	۱۸۱۴/۹۲	۲۷	کشت توأم	
۰/۰۰۴	۳/۰۳**	۰/۱۹	۲/۹۸	۲۷	تک کشتی	عملکرد دانه (تن در هکتار)
		۰/۱۸	۳/۰۹	۲۷	کشت توأم	

<sup>NS</sup> عدم معنی داری، \* معنی دار در سطح پنج درصد و \*\* معنی دار در سطح یک درصد

جذب شده در تیمارها (کشت توأم) با ۱۱/۰۷ گرم در متر مربع نسبت به کرت شاهد با میانگین ۹/۶۱ گرم در متر مربع با افزایش همراه بود. افزایش در مقدار فسفر جذب شده با میانگین ۷/۶۸ گرم در متر مربع در نمونه

### اثر تیمارها بر جذب ازت، فسفر و پتاسیم توسط گیاه برنج

جدول ۴ اثر تیمارها بر جذب ازت، فسفر و پتاسیم توسط گیاه برنج را نشان می دهد. میانگین مقدار ازت

طور معنی‌دار نسبت به کرت شاهد (۱۱/۰۷ گرم در متر مربع) افزایش یافت.

تیمار نسبت به نمونه شاهد با میانگین ۶/۳۵ گرم در متر مربع در نتایج مشاهده گردید. مقدار جذب پتاسیم توسط گیاه (۱۳/۳۱ گرم در متر مربع) در کرت تیمار به

جدول ۴: اثر کشت توأم برنج و ماهی بر جذب عناصر غذایی در مقایسه با شاهد (تک کشتی برنج)

عناصر	گروه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	t	p-value
نیترژن (گرم در متر مربع)	تک کشتی	۲۷	۹/۶۱	۱/۱۹	۳/۶۹ **	۰.۰۰۰
	کشت توأم	۲۷	۱۱/۰۷	۱/۴۹		
فسفر (گرم در متر مربع)	تک کشتی	۲۷	۶/۳۵	۱/۴	۴/۲۰ **	۰.۰۰۰
	کشت توأم	۲۷	۶/۶۸	۰/۷۸		
پتاسیم (گرم در متر مربع)	تک کشتی	۲۷	۱۱/۰۷	۱/۵۲	۱/۱۴ **	۰.۰۰۰
	کشت توأم	۲۷	۱۳/۰۳	۱/۴۳		

عدم معنی‌داری، \* معنی‌دار در سطح پنج درصد و \*\* معنی‌دار در سطح یک درصد

## بحث

Bhagat و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که کشت تلفیقی برنج و ماهی باعث افزایش حاصلخیزی و کاهش تلفات نیترژن می‌شود که با یافته‌های این تحقیق مطابقت داشت. به علت تغذیه گیاهان در سیستم تک کشتی برنج به تدریج غلظت عناصر غذایی قابل جذب در محیط کاسته می‌شود، این در حالی است که در سیستم کشت تلفیقی برنج با ماهی، نیترژن و دیگر عناصر غذایی گیاه به طور مداوم در اثر شکستن فضولات ماهی در محیط رشد گیاه آزاد شده و باعث افزایش غلظت عناصر ازت، فسفر در محیط می‌شود.

با توجه به نتایج، شرایط محیطی و مدیریتی یکسان اعمال شده بر مزارع کشت توأم ماهی و برنج و کشت تکی برنج، افزایش در محتوای ازت، فسفر و پتاسیم را می‌توان به فعالیت‌های ماهی طی مرحله رشد در مزارع برنج نسبت داد. تغذیه ماهی از منابع گوناگون موجود در مزرعه، حرکت و فعالیت‌های فیزیکی (که باعث برهم خوردن گل و لای می‌شود) و دفع فضولات باعث

طبق نتایج، کشت توأم برنج و ماهی سبب افزایش غلظت قابل جذب نیترژن، فسفر و پتاسیم در مقایسه با سیستم تک کشتی برنج شد. مدفوع خشک کپور علفخوار دارای ۱/۰۲ درصد ازت و ۰/۴۲ درصد فسفر می‌باشد. بنابراین مزارع تلفیقی ماهی و برنج از نظر ازت و فسفر در سطح بالاتری نسبت به مزارع تک کشتی می‌باشند (روستا، ۱۳۸۸). Yang و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که در سیستم تلفیقی برنج و ماهی، ماهی‌ها در شالیزار از منابع غذایی گوناگونی بهره‌مند هستند و مواد دفعی و فضولات آنها مستقیماً آب و خاک زراعی را غنی نموده باعث حاصلخیزی خاک مزارع برنج می‌شوند که این نتایج با نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر مطابقت دارد. Hall و Holby (۱۹۹۲) بیان کردند میزان جذب فسفر توسط ماهی کمتر از ۱۵-۴۰ درصد بوده و تقریباً ۷۰-۸۰ درصد از فسفر به صورت مواد زائد دفع می‌شود و درون آب می‌ریزد.

افزایش در فراهمی عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم (که هر یک نقش و وظایف متعددی در فرآیندهای متابولسمی گیاه دارند) در اکوسیستم شالیزار باعث ارتقاء و بهبود جذب این عناصر توسط گیاه برنج گردید. بهبود در وضعیت جذب عناصر غذایی، شرایط را برای انجام هرچه بهتر واکنش‌های فیزیولوژیکی و سنتزی گیاه فراهم می‌کند. شرایط تغذیه‌ای بهتر و سلامت گیاه در مزارع کشت توأم ماهی و برنج باعث افزایش معنی‌دار عملکرد خشک و عملکرد دانه در واحد سطح گردید.

### سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم که از زحمات تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

### منابع

- بخش‌زاد محمودی، ا.، ۱۳۷۶. کشت توأم ماهی و برنج. پایان نامه کارشناسی ارشد شیلات، گروه شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان. ۱۲۶ صفحه.
- حسینی خشت مسجدی، س.ح.، ۱۳۸۷. پروژه کشت توأم ماهی و برنج در شالیزار. مجله کشت دام و صنعت، ۱۰۷، ۱۸-۱۹.
- روستا، ح.ر.، ۱۳۸۸. آکواپونیک: کشت و پرورش توأم ماهی و گیاه در سیستم مدار بسته با بازچرخانی آب. انتشارات پلک، تهران، ۱۷۱ صفحه.
- سعید زاده، ف.، گروسی، ش. و نقی‌زاده، ر.، ۱۳۸۸. ارزیابی تأثیر پرورش توأم ماهی و برنج بر روی عملکرد عملکرد پنج ژنوتیپ برنج، پژوهش در علوم زراعی، ۲(۶)، ۵۵-۶۶.
- نورحسینی نیاکی، س.ع.، باقرزاده لاکانی، ف.، ۱۳۹۱. اکولوژی کشت توأم برنج و ماهی. انتشارات حق شناس، چاپ اول، ۱۰۴ صفحه.
- Bhagat, R.M., Bhuiyan, S.I., Moody, K., 1996. Water, tillage and weed interactions lowland

افزایش در محتوای عناصر غذایی و حاصلخیزی سیستم شالیزار شده است.

عملکرد دانه برنج و وزن خشک به طور معنی‌دار در کشت توأم برنج و ماهی بیشتر از کشت تنهای برنج بود. Chowdhury و همکاران (۲۰۰۱) و Raman و همکاران (۲۰۰۰)، در نتایج مشابه گزارش کردند که عملکرد برنج در شرایط کشت توأم برنج با ماهی افزایش می‌یابد. این افزایش در عملکرد را می‌توان به افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش تلفات نیتروژن، اکسیژن‌دهی خاک به علت حرکت و جنب و جوش ماهی در آب و همچنین کاهش رقبای برنج و توزیع و هدایت مواد غذایی و عناصر قابل استفاده به گیاه برنج در شرایط کشت توأم ماهی و برنج نسبت داد (Gurung and Wagle, 2002).

طبق نتایج جدول ۲، رهاسازی ماهی‌ها در مزارع برنج و تغذیه ماهی‌ها در مزارع باعث بهبود فراهمی نیتروژن، فسفات و پتاسیم در خاک شد که این می‌تواند منجر به افزایش جذب عناصر توسط برنج گردد. اعتقاد بر این است که ماهی‌ها باعث توزیع بهتر و در نتیجه استفاده مؤثرتر گیاهان برنج تحت کشت توأم، از مواد مغذی گردیده و سبب افزایش در محتوای ازت، فسفر و پتاسیم جذب شده در گیاهان می‌گردد (Noorhosseini-Niyaki and Bagherzadeh-Lakani, 2013).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کشت توأم برنج و ماهی بر pH و شوری خاک (قابلیت هدایت الکتریکی) اثر معنی‌دار نداشت، اما باعث افزایش معنی‌دار غلظت عناصر غذایی نظیر ازت، فسفر و پتاسیم در خاک شد.

14. Kathiresan, R.M., 2007. Integration of elements of a farming system for sustainable weed and pest management in the tropics. *Crop Protection*, 26, 424-429.
15. Krom, M.D., Ellner, S., van Rijn, J., Neori, A., 1995. Nitrogen and phosphorous cycling and transformations in a prototype 'non-polluting' integrated mariculture system, Eilat, Israel. *Marine Ecology Progress Series*, 118 (1-3), 25-36.
16. Noorhosseini-Niyaki, S.A., Bagherzadeh-Lakani, F., 2013. Ecological and Biological Effects of Fish Farming in Rice Fields. *Persian Gulf Crop Protection*, 2(2), 1-7.
17. Raman, S., Sarker, P.K., Ahmad, S.U., Rafiquzzaman, M., Ferdous, S.M., 2000. Study on the suitability of cultur of exotic fish species in the costal paddy field of Bangladesh under mono and mixed culture system. *Journal of Biology Science*, 3(4), 610-612.
18. Salehi, H., Momennia, M., 2006. The benefits of fish and rice integrated culture in Iran. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 15(3), 97-108.
19. Soltanpour, P.N., 1985. Use of ammonium bicarbonate DTPA soil test to evaluate elemental availability and toxicity. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 16(3), 323-338.
20. Yang, Y.Z., Zhang, H.C., Hu, X.J. Dai, Q.G., Zhang, Y.J., 2006. Characteristics of growth and yield Formation of Rice in Rice-Fish Farming system. *Agriculture Science China*, 5(2), 103-110.
- tropical rice: A review. *Journal of Agriculture and Water Management*, 31, 165-184.
7. Chowdhury, M.T.H., Dewan, S., Wahab, M.A., Thilsted, S.H., 2001. Culture of *AmblypHaryngodon mola* in rice field alone and combination with *Barbodes gonionotus* and *Cyprinus carpio*. *Bangladesh Journal of Fishery*, 5, 115-122
8. Frei, M., Becker, K., 2005a. Integrated rice-fish production and methane emission under greenhouse conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 107, 51-56.
9. Frei, M., Becker, K., 2005b. Integrated rice-fish culture: Coupled production saves resources. *Natural Resource Research*, 29, 135-143.
10. Goos, R.G., 1995. A Laboratory exercise to demonstrate nitrogen mineralization and immobilization. *Journal of Natural Resource and Life Science Education*, 24, 68-70.
11. Gurung, T.B., Wagle, S.K., 2002. Revisiting underlying ecological principles of Rice-Fish integrated farming for environmental, Economical and Social benefits. Nepal Agriculture Research Council (NARC). Fisheries Research Station, Pokhara Lake Side, Baidam, Nepal *Journal of Nature*, 3, 1-12.
12. Haynes, R.J., Swift, R.S., 1983. An evaluation of the use of DTPA and EDTA as extractants for micronutrients in moderately acid soil. *Plant and Soil*, 74, 111-122.
13. Holby, O., Hall, P.O.J., 1991. Chemical fluxes and mass balances in a marine cage farm. II. Phosphorous. *Marine Ecology Progress Series*, 70, 263-272.