مجله علمی شیلات ایران ۳۲(۵) ۱۱۳-۱۲۲ (DOI): 10.22092/ISFJ.2024.130838

CC BY

مقاله علمی – پژوهشی:

اثر پساب استخرهای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر عملکرد و غلظت عناصر غذایی در ذرت علوفه‌ای

بابک خیامباشی*[۱]، سید کمال‌الدین علامه[۲]، علی اصغر شهابی[۱]

*bkhayam@yahoo.com

۱- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۲- بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: آبان ۱۴۰۲

چکیده

در این پژوهش، تأثیر پساب خروجی از استخرهای پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر عملکرد، غلظت و میزان برداشت عناصر نیتروژن، فسفر و عناصر کم‌مصرف در ذرت علوفه‌ای در ایستگاه تحقیقات دامپروری و کشاورزی گلپایگان در استان اصفهان بررسی شد. تعداد ۴۵۰۰۰ عدد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزن ۲±۱۰ گرم به طور یکسان در ۹ استخر (۱/۳×۲/۲×۲۰ متر) رهاسازی و به مدت شش ماه پرورش داده شدند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار به اجرا در آمد. تیمارها شامل ۱) آبیاری با آب چاه بدون کود به عنوان شاهد، ۲) آبیاری با آب چاه همراه با مصرف کودهای شیمیایی اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم بر اساس آزمون خاک، ۳) آبیاری با آب خروجی از استخر پرورش ماهی بدون افزودن کود، ۴) آبیاری با آب خروجی از استخر پرورش ماهی همراه با مصرف کودهای شیمیایی و ۵) آبیاری با آب خروجی از استخر پرورش ماهی به همراه مصرف کودهای شیمیایی به میزان ۵۰ درصد بود. نتایج نشان داد که استفاده از پساب استخرهای ماهی باعث افزایش عملکرد ذرت و غلظت عناصر روی، مس، نیتروژن، فسفر، منگنز و آهن به طور معنی‌داری در اندام هوایی گیاه ذرت شده است ($p<۰/۰۵$). استفاده از پساب استخر و ۵۰ درصد کود شیمیایی موجب ۴۴ درصد افزایش عملکرد ذرت نسبت به شاهد شده است. علاوه‌براین، استفاده از آب استخر با کود شیمیایی سبب افزایش معنی‌دار جذب عناصر آهن، روی، مس و منگنز از خاک به‌وسیله گیاه ذرت نسبت به تیمار شاهد گردید ($p<۰/۰۵$). بیشترین عملکرد ذرت با مقدار ۷۳/۶۷ تن در هکتار با تفاوت معنی‌داری برای تیمار آبیاری با پساب استخرهای پرورش ماهی به اضافه کود شیمیایی در مقایسه با تیمار شاهد با ۴۴/۴ تن در هکتار مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). بیشترین و کمترین عملکرد ذرت به‌ترتیب در آبیاری با پساب استخرهای پرورش ماهی همراه با کود شیمیایی و تیمار شاهد به مقدار ۷۳/۷ و ۴۴/۴ تن در هکتار به‌دست آمد که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۵$). بنابراین، استفاده از پساب استخر پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نه‌تنها باعث افزایش عملکرد ذرت شده بلکه کارآیی کود مصرفی را نیز به طور معنی‌داری افزایش داده است.

لغات کلیدی: پساب، خاک، ذرت، عناصر غذایی، پرورش ماهی

*نویسنده مسئول

مقدمه

امروزه مدیریت و حفاظت آب نه‌تنها در کشورهای در حال توسعه بلکه در کشورهای توسعه یافته نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. با ادامه روند کنونی مصرف آب و محدودیت تأمین آب از منابع تجدیدپذیر، چالش مهمی برای برنامه‌های توسعه پایدار به منظور تأمین امنیت غذایی وجود خواهد داشت. در این خصوص تجارب کشورهای مختلف نشان داده است که آبزی‌پروری همراه با استفاده درست از منابع آبی می‌تواند به امنیت غذایی کشورها به‌خصوص کشورهای در حال توسعه کمک کند (Tahoori and Parvin, 2016; Allameh *et al.*, 2017). بنابراین، استفاده چند منظوره از منابع آبی از جمله چاه‌های آب کشاورزی برای پرورش ماهی و استفاده از آب خروجی استخرهای پرورش ماهی برای تولید محصولات کشاورزی، کمک به‌سزایی به حفظ منابع طبیعی و امنیت غذایی خواهد کرد (Sharifi-Moghadam and Bozorgnia, 2010; Abdolkhanian *et al.*, 2020). در حال حاضر نیز در بسیاری از مناطق کشور با احداث استخرهای ذخیره آب و با تولید ماهی از چاه‌های آب کشاورزی به شکل دو منظوره استفاده شده و بدین‌ترتیب، از مزایای غنی شدن آب به‌وسیله فضولات ماهی در کشاورزی بهره‌مند می‌شوند. بنابراین، لازم است که هر گونه توسعه در زمینه شیلات (و حتی سایر زمینه‌ها) و استفاده از آب چاه‌های کشاورزی به عنوان یکی از منابع قابل استفاده در تولید ماهی با مطالعه دقیق و توجه به حفظ محیط‌زیست و تولید غذای پایدار صورت گیرد (Allameh *et al.*, 2017). برنامه‌ریزی برای تولید محصول سالم و پایدار با حفظ محیط‌زیست، از مهم‌ترین مواردی است که باید به آن توجه نمود. در این میان، استفاده از پساب‌های غنی از املاح، ترکیبات و عناصری که بتوانند باعث حاصلخیزی خاک شده و به‌خوبی نیز مورد استفاده گیاه قرار گیرند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار خواهند بود. در تحقیق دیگری، تأثیر پساب خروجی استخرهای پرورش ماهی بر حاصلخیزی خاک مزارع و اثرات کمی و کیفی آن در رشد و عملکرد گونه‌های زراعی گندم، یونجه و سیب‌زمینی در منطقه کردستان بررسی شده است. نتایج نشان داده که مقادیر نیترات، آمونیاک، فسفات و سختی کل آب طی دوره پرورش ماهی روند صعودی نشان داده است (Yousefi, 2001). در نتایج بررسی دیگری گزارش شده که تیمار پساب استخرها و تیمار مخلوط آب رودخانه و پساب نسبت به تیمار آب رودخانه به طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد و وزن خشک بخش‌های هوایی و ریشه و مقدار جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاهان ریحان و خرفه شده است (Kaab Omeir *et al.*, 2020). در تحقیق دیگری، محققین پنج غلظت مختلف از کود شیمیایی را به همراه پساب استخر ماهی بر عملکرد علوفه تاج خروس و افزایش غلظت عناصر خاک بررسی کرده و اثر مثبت پساب استخرهای ماهی را تائید نمودند (Ojobor and Tobih, 2015). همچنین تأثیر بسیار خوبی از افزایش عملکرد لوبیای فرانسوی به سبب مصرف پساب استخرهای ماهی، گزارش شده است (Meso *et al.*, 2004). مطالعه دیگری نشان داد که آب خروجی از استخرهای پرورش ماهی حاوی مواد مغذی و عناصر، بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اثر می‌گذارد (Musa *et al.*, 2020). همچنین در گزارش دیگری، پساب استخرهای پرورش ماهی حاوی مواد مغذی و مواد آلی بوده که بر محیط‌زیست از جمله خاک و گیاه اثر می‌گذارد و بدین‌ترتیب، با تأثیری دو منظوره می‌تواند جبران کمبود آب را بنماید و کود آلی مورد نیاز گیاه را تأمین کند (Coldebella *et al.*, 2018). در تحقیق Motesharezadeh و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر استفاده از زئولیت و باکتری‌های نیتریفکاتور را بر کیفیت پساب پرورش ماهی کپور گزارش کردند که استفاده از این تیمار سبب افزایش وزن خشک یونجه، میزان نیتروژن جذب شده به‌وسیله گیاه و نیز بهبود کیفیت پساب خروجی شده است. از سوی دیگر، در راستای امنیت غذایی، خاک‌ها دارای ذخیره‌ای طبیعی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بوده، اما حجم زیادی از این عناصر به صورت غیر قابل استفاده برای گیاه هستند و نمی‌توانند تمامی نیازهای گیاه را مرتفع سازند. بنابراین، کودهای مختلف برای تأمین عناصر غذایی که مقدار آنها در خاک کافی نیست، تهیه شده‌اند. امروزه تأکید زیادی بر حفظ کیفی محیط‌زیست وجود دارد، زیرا برای کشت متراکم، به طور وسیعی از کودهای شیمیایی استفاده شده و این امر طی سالیان متمادی همراه با عامل

کمبود مواد آلی خاک‌ها، باعث کاهش پتانسیل تولید در اراضی کشاورزی گردیده است (Babaei, 2012). در مطالعه حاضر، در راستای استفاده دو منظوره از آب چاه کشاورزی، تأثیر پساب خروجی ۹ استخر پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر میزان عملکرد ذرت علوفه‌ای و غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف گیاه نیز بررسی شده است.

مواد و روش کار

این مطالعه در ایستگاه تحقیقات دامپروری و کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، واقع در شهرستان گلپایگان انجام شد. این ایستگاه تحقیقاتی با عرض جغرافیایی ۳۳/۴۸۰۳۱۴۸۰۱۴ شمالی و طول جغرافیایی ۵۰/۳۰۱۳۳ شرقی در سه کیلومتری شمال شهرستان گلپایگان و ۷ کیلومتری جنوب شرقی گلپایگان قرار دارد. شهرستان گلپایگان جزء فلات مرکزی ایران بوده و موقعیت اقلیمی آن از سویی، در انتهای کوهپایه‌های زاگرس و از سوی دیگر، تا ابتدای کویر مرکزی ادامه یافته است. دارای تابستان‌های معتدل و زمستان‌های سرد همراه با وزش باد است. متوسط بارندگی سالانه آن ۲۵۱ میلی‌متر است. متوسط دمای روزهای سرد زمستان ۷- و متوسط دمای روزهای گرم تابستان ۳۵ درجه سانتی‌گراد است. این ایستگاه دارای ۲ حلقه چاه با دبی ۳۰ لیتر در ثانیه است و علاوه بر فعالیت دامداری و کشاورزی، دارای یک مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با ۹ استخر سیمانی (در کنار هم) هر کدام به ابعاد ۱/۳×۲/۲×۲۰ متر است. شایان ذکر است، آب چاه به‌وسیله یک کانال توزیع آب به طور یکسان وارد ۹ استخر ماهی شده و سپس آب خروجی تمام استخرها وارد یک کانال خروجی شده که به زمین کشاورزی منتقل می‌شود. همچنین به‌طور یکسان در هر استخر تعداد ۵۰۰۰ ماهی و در مجموع، در این استخرها ۴۵۰۰۰ عدد بچه ماهی با میانگین وزنی ۱۰ گرم رهاسازی شده بود که به مدت ۶ ماه (از خرداد تا آبان ماه) پرورش یافتند. هم‌زمان با پرورش ماهی، ذرت علوفه‌ای رقم ۷۰۴ نیز از ابتدای تیرماه در کرت‌های آزمایشی به ابعاد ۳×۲۰ متر در مزرعه کشت و در مهرماه برداشت گردید. این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل: آبیاری با آب چاه و بدون مصرف کود (شاهد)، آبیاری با آب چاه به همراه مصرف کودهای شیمیایی، آبیاری با آب خروجی از استخر پرورش ماهی (پساب) و بدون مصرف کود، آبیاری با پساب به همراه مصرف کودهای شیمیایی و آبیاری با پساب به همراه مصرف کودهای شیمیایی به میزان ۵۰ درصد کمتر از میزان مذکور، بود. کودهای شیمیایی مورد استفاده شامل: اوره (۴۶ درصد نیتروژن)، سوپر فسفات تریپل (۴۵ درصد پنتا اکسید فسفر معادل ۱۹/۸ فسفر)، سولفات پتاسیم (۵۴ درصد اکسید پتاسیم معادل ۴۴/۸ درصد پتاسیم)، بود. مقادیر کود بر اساس توصیه موسسه تحقیقات خاک و آب معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره تقسیط شده در سه نوبت (یک نوبت هنگام کشت)، ۳۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و مقدار ۱۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی در زمان آماده‌سازی خاک برای تیمارهای دارای کود شیمیایی و نصف مقادیر فوق برای تیمار ۵۰ درصد بر اساس نقشه طرح مورد استفاده قرار گرفت (Malakuti and Gheibi, 2000; Gheibi *et al.* 2013). تعداد واحدهای آزمایشی ۱۵ عدد و سطح کشت هر واحد معادل ۶۰ متر مربع در نظر گرفته شد. روش آبیاری به صورت غرقابی و به طور یکسان برای همه واحدهای آزمایشی انجام گردید. جانمایی کرت‌های آزمایشی نیز به‌گونه‌ای بود که بر اساس نقشه طرح امکان آبیاری با آب چاه و نیز پساب استخرهای پرورش ماهی وجود داشت.

قبل از اجرای طرح و به منظور تعیین برخی از عوامل کیفی آب، از آب چاه نمونه‌برداری و به آزمایشگاه ارسال شد. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش نمونه‌برداری مرکب خاک قبل از کشت و در زمان برداشت از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مربوط به هر واحد آزمایشی صورت گرفت. در این نمونه‌ها پارامترهای بافت خاک به روش هیدرومتری، قابلیت هدایت الکتریکی و واکنش خاک در عصاره اشباع، میزان کل مواد خنثی شونده بر حسب کربنات کلسیم، کربن آلی به روش والکلی بلک، فسفر به روش اولسن، پتاسیم قابل جذب به روش عصاره گیری با استات آمونیم، مقادیر آهن، روی، مس و منگنز قابل جذب در محلول عصاره شده با DTPA و به‌وسیله دستگاه

جذب اتمی در تمامی نمونه‌ها و بر اساس دستورالعمل موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری گردید (Ahyaei and Behbahanizadeh, 1993). اندازه‌گیری عملکرد علوفه ذرت در واحدهای آزمایشی از طریق برداشت کل اندام هوایی ذرت از سطح ۵ متر مربع از هر کرت و توزین آن انجام شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آوون و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و مقدار رطوبت نمونه‌ها محاسبه شد. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز در اندام هوایی از روش هضم تر استفاده شد. همچنین میزان کل برداشت[1] عناصر غذایی از خاک به‌وسیله علوفه تولیدی بر حسب کیلوگرم بر هکتار با استفاده از رابطه ذیل محاسبه گردید (Walinga *et al*., 2013):

$$U = Y \times (\frac{D}{100}) \times (\frac{C}{100}) \times 1000$$

U: مقدار برداشت عنصر از خاک (کیلوگرم در هکتار)، Y: مقدار عملکرد (تن در هکتار)، D : مقدار ماده خشک (درصد)، C: غلظت عنصر (درصد)

برای تجزیه‌وتحلیل آماری نتایج از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴[2] و برای مقایسه میانگین‌ها از روش دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد.

نتایج

نتایج عوامل کیفی آب چاه محل انجام آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین جدول ۲ بیانگر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش قبل از کشت و در زمان برداشت است.

بر اساس نتایج جدول ۲، کلاس بافت خاک محل مورد آزمایش لومی تشخیص داده شد. قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در ابتدا و انتهای آزمایش به‌ترتیب معادل ۱/۸ و ۱/۹ دسی زیمنس بر متر اندازه‌گیری گردید. همچنین میزان کربن آلی نیز در این مقاطع زمانی برابر با ۰/۸ و ۰/۹ درصد بوده است.

خلاصه نتایج بررسی آماری عملکرد علوفه تر و غلظت عناصر در گیاه ذرت علوفه‌ای در جدول ۳ ارائه شده است. میانگین کل عملکرد، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز به‌ترتیب معادل ۵۷/۹۵ تن در هکتار، ۲/۱۴، ۰/۱۸۶، ۱/۹۵ درصد و ۱۱۴، ۵۰/۸۷، ۱۵/۶۰ و ۸۷/۸۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده است. نتایج نشان داد که تأثیر تیمارها در میزان عملکرد تر، غلظت عنصر روی و منگنز در اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. همچنین تغییرات غلظت آهن و مس در اندام هوایی نیز در اثر تیمارهای طرح در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است درحالی‌که تأثیر معنی‌داری برای غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم مشاهده نشد.

نتایج مربوط به مقایسه میانگین عملکرد ذرت علوفه‌ای در شکل ۱ و مقایسه تیمارها در خصوص غلظت عناصر آهن، مس، روی و منگنز در شکل ۲ نشان داده شده است. بر این اساس، به طور معنی‌داری بیشترین میانگین عملکرد ذرت معادل ۷۳/۶۷ تن در هکتار در تیمار پساب استخر پرورش ماهی همراه با کود شیمیایی بوده و کمترین مقدار معادل ۴۴/۴۰ تن در هکتار در تیمار شاهد مشاهده شده است. این نتیجه بیانگر ۶۶ درصد افزایش عملکرد و تأثیر قابل‌توجه مصرف پساب استخر پرورش ماهی همراه با کود شیمیایی است. همچنین در صورت مصرف کود، حدود ۴۱ درصد عملکرد افزایش می‌یابد. بدین‌ترتیب، استفاده از پساب استخر پرورش ماهی به‌تنهایی باعث ۱۲ درصد افزایش عملکرد علوفه نسبت به شاهد شده است. نبود اختلاف معنی‌دار بین پساب استخر همراه با ۵۰ درصد توصیه کامل کودی و تیمار آب چاه همراه با کود شیمیایی نشان می‌دهد که پساب استخر پرورش ماهی می‌تواند جایگزین ۵۰ درصد کود توصیه شده گردد. نتایج مربوط به مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح ۵ درصد برای غلظت عناصر کم‌مصرف در اندام هوایی گیاه ذرت علوفه‌ای در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که غلظت آهن در گیاه ذرت در تیمارهای شاهد و آبیاری با آب چاه همراه با مصرف کود با تیمار آبیاری با آب خروجی از استخر پرورش ماهی (پساب) و بدون مصرف کود، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشته و تنها در تیمار آبیاری با پساب استخر پرورش ماهی همراه با کود شیمیایی سبب افزایش معنی‌دار آن نسبت به شاهد در گیاه شده است ($p<0/05$).

[1] Uptake
[2] SAS software ver. 9.4

جدول ۱: میانگین خصوصیات شیمیایی آب چاه ایستگاه گلپایگان ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Table 1: Mean of Chemical characteristics of Golpayegan station well water in 2020-2021

EC (ds/m)	Sum of cations	Sum of anions	Ca + Mg	Na	SO_4^{2-}	Cl^-	$HCO3^-$	pH
				(meq/L)				
1.26	13.6	12.6	8.4	5.2	1.0	6.8	4.8	7.2

جدول ۲: میانگین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از کشت و پس از برداشت ذرت علوفه‌ای در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Table 2: Mean of physical and chemical characteristics of soil before planting and after harvesting of silage corn in 2020-2021

Sampling time	Depth(cm)	pH	EC (ds/m)	Soil texture			OC	CaCO3 eq	Total N	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
				Sand	Silt	Clay	%			(mg/kg)					
Before planting	0-30	7.3	1.8	26	39	35	0.8	31	0.08	13	220	5.9	0.8	1.1	9.4
Harvest		7.4	1.9	26	39	35	0.9	33	0.09	16	1235	6.1	0.9	1.2	10.4

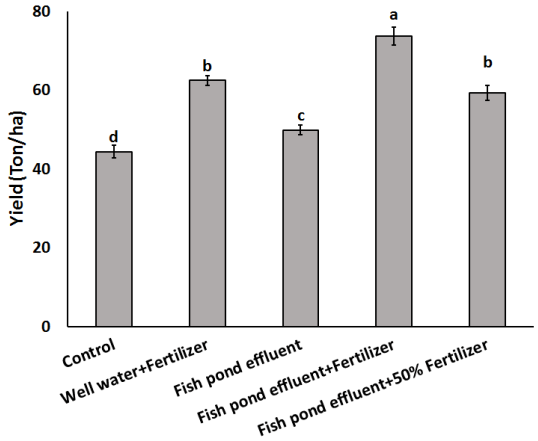
جدول ۳: خلاصه تجزیه واریانس مقادیر عملکرد و غلظت عناصر در اندام هوایی ذرت علوفه‌ای (میانگین مربعات)

Table 3: Summary of analysis variance for yield and element concentrations in the aerial parts of silage corn (mean square)

SOV	df	Fresh weight	N	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
Block	2	53.22^{**}	0.15^{*}	0.001^{ns}	0.04^{ns}	345.80	14.47^{ns}	2.60^{ns}	120.07^{ns}
Tritment	4	388.70^{**}	0.15^{ns}	0.002^{ns}	0.15^{ns}	547.83^{*}	304.77^{**}	38.57^{*}	482.43^{**}
error	8	3.22	0.03	0.001	0.18	146.13	27.97	6.02	32.48
CV		3.15	8/78	18.40	21.53	10.60	10.40	15.72	6.49

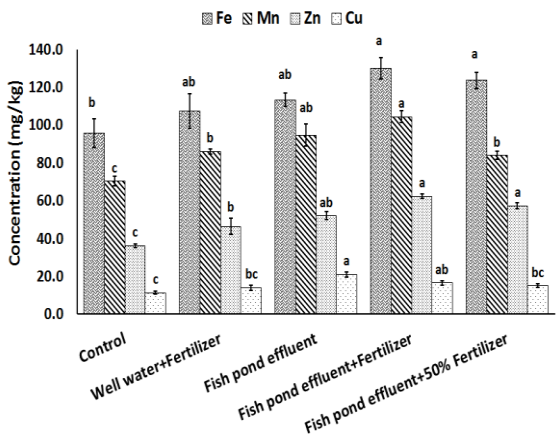
^{ns}: فاقد تفاوت معنی‌دار، *: تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد (p<۰/۰۵)، **: تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد (p<۰/۰۱)

Ns: non significsnt differences, *: significat differences (p<0.05), **: significant differences (p<0.01)



شکل ۱: مقایسه میانگین‌های عملکرد ذرت در سال ۱۴۰۰

Fig 1: Mean comparison for silage corn yield in 2021



شکل ۲: مقایسه میانگین‌های غلظت عناصر در اندام هوایی ذرت در سال ۱۴۰۰

Fig 2: Mean comparison for concentration of elements in arial part of silage corn in 2021

این امر نشان می‌دهد که استفاده از آب استخر پرورش ماهی با کود شیمیایی (به میزان ۲۷۰ یا ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار)، می‌تواند غلظت این عنصر را نسبت به شاهد در گیاه افزایش دهد. علاوه‌براین، کمترین میزان غلظت روی در گیاه ذرت مربوط به تیمار شاهد بوده و استفاده از کود شیمیایی سبب افزایش معنی‌دار آن در گیاه شده است ($p<۰/۰۵$). همچنین استفاده هم‌زمان از آب استخر پرورش ماهی همراه با کود شیمیایی سبب افزایش معنی‌دار غلظت این عنصر در گیاه شده است. در خصوص عنصر مس نیز بالاترین غلظت در تیمار پساب استخر پرورش ماهی و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد. مصرف کود شیمیایی همراه با پساب استخر پرورش ماهی تأثیری در غلظت عنصر مس نداشته درحالی‌که با کاهش میزان مصرف کود شیمیایی (از ۲۷۰ به ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار)، غلظت این عنصر به طور معنی‌داری کاهش یافته است. بررسی نتایج غلظت عنصر منگنز نیز بیانگر تأثیر تقریباً مشابه با عنصر روی است.

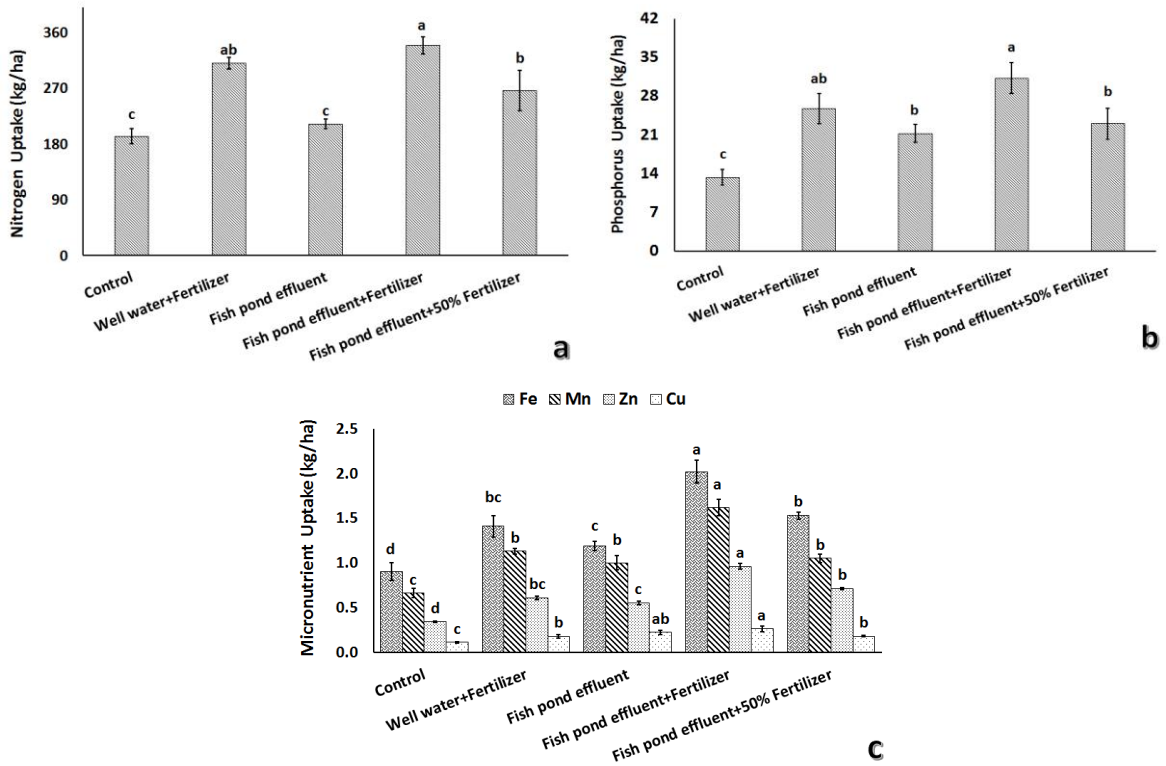
خلاصه نتایج آنالیز آماری و مقایسه میانگین مقادیر عناصر برداشت شده از خاک در ذرت (کیلوگرم بر هکتار) در جدول ۴ و شکل ۳ الف، ب و ج ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که تیمارها در مقدار برداشت نیتروژن و فسفر در سطح ۵ درصد تأثیر معنی‌دار داشته، ولی در میزان برداشت شده عناصر کم‌مصرف آهن، روی، مس و منگنز از خاک تأثیر بسیار معنی‌دار در سطح یک درصد داشته است. این نتایج نشان می‌دهد که میزان برداشت عناصر نیتروژن و فسفر از خاک بر خلاف نتایج مربوط به مقدار غلظت این عناصر در گیاه معنی‌دار شده‌اند که بیانگر تأثیر عملکرد در میزان برداشت این عناصر از خاک بوده است (جداول ۳ و ۴).

جدول ۴: خلاصه تجزیه واریانس مقادیر عناصر برداشت شده توسط اندام هوایی ذرت علوفه‌ای (میانگین مربعات)

Table 4: Analysis of the variance for elements uptake by aerial parts of silage corn (mean square)

SOV	df	N	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
Block	2	2208.69^{ns}	15.19^{ns}	2951.96^{ns}	0.13^{ns}	0.002^{ns}	0.002^{ns}	0.07^{ns}
Tretment	4	11696.91^{*}	129.32^{*}	10087.40^{ns}	0.52^{**}	0.16^{**}	0.01^{**}	0.36^{**}
error	8	565.3	16.02	3056.17	0.02	0.005	0.001	0.01
CV	-	9.08	17.46	23.20	9.69	11.36	16.92	8.21

نتایج مقایسه میانگین مقدار نیتروژن برداشت شده از خاک به‌وسیله اندام هوایی گیاه ذرت مشخص نمود که بیشترین میزان در تیمارهای آب چاه همراه با کود شیمیایی و تیمار پساب استخر پرورش ماهی همراه با کود بوده است (شکل ۳ الف). پس از آن بیشترین برداشت نیتروژن از خاک در تیمار پساب استخر پرورش ماهی همراه با ۵۰ درصد کود شیمیایی بوده که از نظر آماری با مقدار برداشت شده این عنصر در تیمار آب چاه همراه با کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری نداشته است. این نتیجه بیانگر این است که آب استخر پرورش ماهی در این خصوص می‌تواند معادل با ۵۰ درصد کود شیمیایی مصرفی مقدار نیتروژن مورد نیاز را فراهم نماید. در خصوص میزان برداشت فسفر از خاک به‌وسیله گیاه (شکل ۳ ب) نیز نتایج بیان می‌دارد که بیشترین مقدار در تیمار آب استخر پرورش ماهی همراه با کود بوده و کمترین میزان در تیمار شاهد مشاهده شده است. همچنین مقدار فسفر برداشت شده از خاک به‌وسیله ذرت در تیمار آب استخر پرورش ماهی همراه با کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد با میزان آب چاه و کود نداشته است. به عبارتی، پساب استخر پرورش ماهی تأثیری در میزان برداشت فسفر از خاک نشان نداده است. نتایج در خصوص عناصر آهن، روی، مس و منگنز (شکل ۳ ج) نیز نشان‌دهنده این است که در کلیه عناصر بیشترین مقدار برداشت شده عنصر به‌وسیله گیاه از خاک در تیمار آب استخر پرورش ماهی همراه با کود شیمیایی و کمترین مقدار برداشت عناصر از خاک در تیمار شاهد مشاهده شده است. میزان عناصر برداشت شده به‌وسیله گیاه از خاک در تیمار آب استخر پرورش ماهی و کود به طور معنی‌داری (سطح ۵ درصد)، بیش از آب چاه و کود بوده است.



شکل ۳: نتایج مقایسه میانگین مقدار نیتروژن (الف)، فسفر (ب)، آهن، منگنز، روی و مس (ج) برداشت شده توسط اندام هوایی ذرت علوفه‌ای در سال ۱۴۰۰

Figure 3: The mean comparison results of Nitrogen (a), Phosphorus (b), Iron, Manganese, Zinc and Copper (c) uptaked by the aerial parts of silage corn in 2021

بحث

نتایج تحقیق حاضر بیانگر تأثیر معنی‌دار آب خروجی از استخر پرورش ماهی بر میزان تولید و میزان عناصر غذایی در گیاه ذرت است. همچنین یکی از دلایل تأثیر بهتر مصرف توأم کود شیمیایی و پساب استخر ماهی ناشی از وجود عناصر غذایی در پساب است. به‌نظر می‌رسد، به دلیل تأثیر مثبت پسماند آلی ماهیان (فضولات و بقایای خوراک)، بر افزایش قابلیت جذب ترکیبات مورد نیاز گیاه چنین عملکردی مشاهده شده است. Kaab Omeir و همکاران (۲۰۲۰) اذعان داشتند که مقدار جذب نیتروژن در گیاهان ریحان و خرفه بر اثر آبیاری با پساب استخر پرورش ماهی به‌ترتیب ۴۰۷/۷ و ۴۸۲/۲ درصد افزایش یافته است. همچنین بخش خوراکی این سبزی‌ها (برگ و ساقه) نیز بدون افزودن کود اضافی به طور معنی‌داری افزایش عملکرد نشان داده است. محققین نیز تأثیر پساب استخرهای ماهی به همراه مصرف کود شیمیایی بر عملکرد گیاه تاج خروس را مثبت ارزیابی کردند (Ojobor and Tobih, 2015). همچنین گزارش شده است که آب خروجی استخرهای پرورش ماهی حاوی عناصر و مواد مغذی بوده است و باعث تغییر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود (Musa *et al.*, 2020). در خصوص تأثیر پساب خروجی استخرهای پرورش ماهی بر حاصلخیزی خاک مزارع و اثرات کمی و کیفی آن در رشد و عملکرد گونه‌های زراعی گندم، یونجه و سیب‌زمینی گزارش شده است که مقادیر نیترات، آمونیاک، فسفات و سختی کل آب طی دوره پرورش ماهی روند صعودی نشان داده به‌طوری‌که مقادیر آنها در آب چاه به‌ترتیب از ۲۰/۶، ۰/۰۶، ۰/۰۳ و ۲۴۸ میلی‌گرم در لیتر به‌ترتیب به ۴۶/۷، ۴۳/۲، ۰/۱ و ۲۷۳ میلی‌گرم در لیتر در آب خروجی استخر افزایش داشته است (Yousefi, 2001). همچنین درصد املاح و عناصر در خاک کرت‌های آبیاری

شده با پساب استخر طی دوره نیز روند افزایشی نشان دادند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در تحقیق حاضر، میزان شوری زمین به مقدار ۰/۱ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافته است. به‌نظر می‌رسد که در شرایط استفاده از پساب استخر پرورش ماهی بایستی شوری خاک را نیز پایش نموده و در صورت لزوم نسبت به آبشویی آن با توجه به نوع محصول اقدام نمود. Motesharezadeh و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش نمودند که با استفاده از زئولیت و باکتری‌های نیتریفکاتور، می‌توان کیفیت پساب پرورش ماهی را افزایش داد.

بر اساس نتایج مطالعه حاضر، پساب حاصل از استخر پرورش ماهی توانسته است، تقریباً غلظت عناصر میکرو در اندام هوایی گیاه ذرت را معادل استفاده از آب چاه و کود افزایش دهد. با توجه به افزایش عملکرد حاصل از آب استخر پرورش ماهی، عدم تفاوت بین این دو شرایط، بیانگر تأثیر بسیار زیاد آب استخر پرورش ماهی بر جذب این عناصر است. نتایج جذب این عناصر از خاک نشان می‌دهد که تیمار آبیاری با پساب استخر پرورش ماهی و تیمار آب چاه همراه با کود، اختلافی نداشتند. این امر مؤید این موضوع است که به‌خوبی می‌توان پساب استخر پرورش ماهی را جایگزین آب چاه همراه با کود شیمیایی نمود. جذب بیشتر عناصر میکرو از خاک به‌وسیله گیاه در تیمار آب استخر پرورش ماهی با کود نیز نشان‌دهنده بالاتر بودن راندمان مصرف کود شیمیایی همراه با پساب پرورش ماهی است. در مطالعه دیگری نیز بیان شده است که یکسان بودن میزان جذب عنصر فسفر از خاک در تیمار پساب استخر پرورش ماهی در مقایسه با مصرف کود شیمیایی می‌تواند امکان جایگزینی پساب را با کود فراهم می‌آورد (Graber and Junge, 2009). Coldebella و همکاران (۲۰۱۸) به‌خوبی در گزارش خود اشاره کرده‌اند، از آن‌جایی‌که پساب استخرهای پرورش ماهی حاوی مواد مغذی و مواد آلی هستند، باعث افزایش حاصلخیزی خاک و عملکرد گیاه خواهند شد و درنتیجه تأثیری دو منظوره دارند، کمبود آب را نیز جبران خواهد کرد و کود آلی مورد نیاز گیاه را تأمین می‌نماید. Ojobor و Tobih (۲۰۱۵) و Meso و همکاران (۲۰۰۴) نیز در گزارش‌های خود اظهار داشتند که استفاده همزمان از پساب پرورش ماهی و کود شیمیایی تأثیر مثبتی بر افزایش غلظت عناصر خاک و درنتیجه افزایش عملکرد گیاهان مورد مطالعه داشته است.

به‌هرحال، در آزمایش حاضر استفاده از پساب استخر ماهی توانسته است با ثابت نگه داشتن عملکرد ذرت، مصرف کود شیمیایی را به میزان ۵۰ درصد کاهش دهد. به عبارت دیگر، تأثیرات مثبت آب خروجی از استخر پرورش ماهی بر خاک باعث افزایش بازده کود شیمیایی مصرفی برای تولید ذرت شده است. در بخشی از نتایج تحقیق انجام شده سایر محققین بیان شده که با استفاده از پساب استخر پرورش ماهی در شرایط هیدروپونیک، گوجه‌فرنگی روزانه ۰/۵۲ گرم بر متر مربع نیتروژن جذب نموده است. از سوی دیگر، وجود نیتروژن در آب استخر پرورش ماهی همانند کود سرک نیتروژن عمل کرده است. همچنین ثابت نمودند که گیاه گوجه‌فرنگی در شرایط هیدروپونیک و آکوآپونیک به‌ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۰۷ گرم در متر مربع در هر روز فسفر از پساب استخر پرورش ماهی جذب نموده‌اند (Graber and Junge, 2009). بدین‌ترتیب، با توجه به مشابه بودن نتایج مطالعه حاضر و گزارش‌های مذکور، یافته‌های به‌دست آمده مورد تأیید قرار می‌گیرند.

در نهایت نتایج مربوط به غلظت عناصر و نیز میزان جذب عناصر از خاک به‌وسیله گیاه ذرت نشان می‌دهد که پساب استخر پرورش ماهی به‌خوبی می‌تواند جایگزین استفاده از آب چاه همراه با کود شیمیایی گردد. از سوی دیگر، مصرف کود شیمیایی همراه با آب استخر پرورش ماهی سبب افزایش کارآیی مصرف کود می‌گردد. این نکته بیانگر کاهش اتلاف کود و نیز افزایش تولید با هزینه کمتر است. بنابراین، می‌توان با استفاده دو منظوره ضمن تولید ماهی از پساب آن برای تولید محصولات کشاورزی با عملکرد بیشتر نیز بهره برد. استفاده از این آب نه‌تنها موجب افزایش حدود ۱۲ درصد عملکرد ذرت می‌شود بلکه موجب ایجاد منبع درآمد جدیدی برای کشاورزان خواهد بود. همچنین در صورت مصرف کود همراه با پساب استخر پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، حدود ۴۴ درصد عملکرد افزایش می‌یابد. بدین‌ترتیب، میزان تولید به ازاء هر واحد آب مصرفی به‌طور فزاینده‌ای افزایش می‌یابد. بنابراین، به کشاورزان پیشنهاد

می‌شود از استخرهای ذخیره آب برای پرورش ماهی نیز استفاده کنند و در صورت امکان ساختار استخر خود را متناسب با نوع ماهی پرورشی اصلاح یا تکمیل نمایند تا شرایط بهره‌برداری بهینه از منابع و امکانات خود را ایجاد نمایند. همچنین لازم است، وضعیت شوری و عناصر سنگین به صورت پیوسته در منابع آب و خاک و گیاه مورد پایش قرار گیرد.

منابع

Abdolkhanian, N., Elmizadeh, H., Dadolahi sohrab, A., Savari, A. and Fayazmohammadi, M., 2020. Spatial Analysis of Contamination in the Arvand River Using GIS. *Journal of Environmental Science and Technology*, 22:261-273. DOI:10.22034/JEST.2021.30534.3895

Ahyaei, M.A. and Behbahanizadeh, A.A., 1993. Soil chemical analysis methods. Leaflet No. 893. Soil and Water Research Institute.iran. 79 P [in Persian]

Allameh. S. K., Soofiani, N. and Nahavandi, R., 2017. Study of dietary digestible and metabolizable energy to protein ratio on growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 26(1):15-23. DOI:10.22092/ISFJ.2017.110327

Babaei, H., 2012. Evaluation of coldwater fish farms effluents effects on agriculture farms. Research Final Report, Iranian Fisheries Sciense Research Institute, Iran. 45 P. DOI:10.2307/R-1055040 [in Persian]

Coldebella, A., Gentelini, A.L., Piana, P.A., Coldebella, P.F., Boscolo, W.R. and Feiden, A., 2018. Effluents from fish farming ponds: A View from the perspective of its main components. *Sustainability*, 10(3):1-16. DOI:10.3390/su10010003

Gheibi, M. N., Asadi F. and Tehrani M.M., 2013. Guide to integrated management of soil fertility and corn nutrition. Soil and Water Research Institute - Karaj, Iran. 37 P. DOI:978-600-95168-0-3 [in Persian]

Graber, A. and Junge, R., 2009. Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination*, 246(1-3):147-156. DOI:10.1016/j.desal.2008.03.048

Kaab Omeir, M. Jafari A., Roosta H. and Shirmardi M., 2020. Effect of nutrition of fish farm effluent on basil and purslane production. *Horticultural Plants Nutrition*, 2(2):32-44 DOI:10.22070/hpn.2020.4898.1053 [in Persian]

Malakuti, M.J. and Gheibi, M.N., 2000. Determining the critical limit of effective nutrients in soil, plant and fruit (second edition). Publication of agricultural education, Iran. 92 P. [in Persian]

Meso, B.M., Wood, C.W., Karanja, N.K., Veverica, K.L., Wooner, P.L. and Kinyali, S.M., 2004. Effect of fish pond effluents irrigation on French beans in Central Kenya. Commun. *Soil Science and Plant Analysis*, 35(7-8):1021-1031. DOI:10.1081/CSS-120030578

Motesharezadeh, B., Arasteh, A., Pourbabaee, A.A. and Rafiee, Gh.R., 2015. The effect of zeolite and nitrifying bacteria on remediation of nitrogenous wastewater substances derived from carp breeding farm. *International Journal of Environmental Research*, 9(2):553-560.

Musa, J.J., Dada, P.O.O., Adewumi, J.K., Akpoebidimiyen, O.E., Musa, E.T., Otache, M.Y. and Yusuf, S., 2020. Fish pond effluent effect on physicochemical properties of soils in Southern Guinea Savanna, Nigeria. *Open Access Library Journal*, 7:1-16. DOI:10.4236/oalib.1105990

Ojobor, S.A. and Tobih, F.O., 2015. Effects of fish pond effluent and inorganic fertilizer on Amaranthus yield and soil chemical properties in Asaba, Delta State, Nigeria. *Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 4(1):237-244. DOI:10.15640/jaes.v4n1a29

Sharifi-Moghadam, M. and Bozorgnia, F., 2010. Systemic participatory management of sustainable agricultural development to protect and support the biodiversity of Zagros. Proceedings of the first national conference on threats and factors of biodiversity destruction in Central Zagros region. Isfahan, Iran, pp. 99-104. [in Persian]

Tahoori, P. and Parvin, M.R., 2016. Conservation and sustainable use of soil and Its Stand in International Environmental Law. *Journal of Environmental Science and Technology*, 18(2):145-161. DOI:10.2307/9108 [in Persian]

Walinga, I., Vanderlee, J., Houba, V.J., Vanvark, W. and Novozamsky, I., 2013. Plant analysis manual. Springer Science and Business Media, New York , USA. 257 P. DOI:10.1007/978-94-011-0203-2

Yousefi, B., 2001. Investigating the effect of the output water of dual-purpose pools on soil fertility and agricultural products (wheat, alfalfa, and potato) in Qorve region of Kurdistan. *Pajouhesh-VA-Sazandegi*, 14(3):46-53. [in Persian]

The impact of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) ponds effluent on yield and concentration of nutrition elements on silage corn

Khayambashi B.[1*]; Allameh S.K.[2]; Shahabi A.A.[1]

*bkhayam@yahoo.com

1- Soil and Water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultutre Research, Education and Extention Organization (AREEO), Isfahan, Iran
2- Animal Science Research Department, Isfahan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center; Agricultutre Research, Education and Extention Organization (AREEO), Isfahan, Iran

Abstract
In this study, the effect of the effluent from rainbow trout ponds was investigated on the yield, concentration and uptake of nitrogen, phosphorus and micronutrients on the silage corn in the Golpayegan research station for Husbandry and Agriculture in Isfahan. 45000 fish with an average weight of 10 ± 2 g were uniformly divided in 9 ponds (20 × 2.2 × 1.3 m) for six months. The research was conducted in a complete randomized block design with five treatments in triplicate. The treatments were included 1) irrigation with well water without any fertilizer as the control, 2) irrigation with well water and use of urea, triple superphosphate and potassium sulfate as the fertilizers, 3) irrigation with fish ponds effluents without any fertilizer, 4) irrigation with fish ponds effluents and use of the fertilizer, and 5) irrigation with fish ponds effluents with 50 percent of the fertilizer. Results showed that the use of fish ponds effluents significantly caused increasing in corn yield and concentration of zinc, cupper, nitrogen, phosphorus, manganese and iron (p<0.05). In addition, using fish ponds effluents with the 50% of chemical fertilizer led to increase corn yield by 44 percent compared to the control group (p<0.05). Moreover, the uptake of iron, zinc, copper and manganese by corn were increased significantly compared to the control group through use of fish ponds effluents water with fertilizer (p<0.05). The highest and lowest yield of corn was obtained in the irrigation with the effluent of fish ponds effluents coupled with chemical fertilizers and the control group, equal to 73.7 and 44.4 tons per hectare, respectively, which had significant difference with each other (p<0.05). Therefore, the use of fish farm effluents for production of corn not only increased the yield but also dramatically enhanced fertilizer utilization.

Keywords: Effluent, Soil, Corn, Nutrition elements, Fish culture

*Corresponding author