# تاثیر زئولیت و باکتری نیترات ساز بر برخی خصوصیات گیاه یونجه و تغییرات شیمیایی پساب پرورش ماهی کپور در شرایط گلخانهای

احمد آرسته ۱، بابک متشرع زاده ۲ ، احمدعلی پوربابایی ۳
دانشآموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران ، ۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۳-استادیار گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

## چکیده
محدویت منابع آب و ضرورت افزایش کارایی تولید، سبب شده که تولید محصولات از آبهای نامتعارف، مورد توجه قرار گیرد. این پژوهش با هدف بررسی تاثیر تیمارهای معدنی (فاکتور اول زئولیت در سه سطح: شاهد، ۵ و ۱۰ درصد وزنی) و زیستی (فاکتور دوم باکتری: در دو سطح بدون باکتری و باکتریهای نیتراتساز) بر تولید یونجه و برخی خصوصیات شیمیایی پساب حاصله در یک سامانه مدار بسته پرورش ماهی کپور در قالب یک طرح آزمایشی فاکتوریل اجرا گردید. نتایج نشان داد بیشترین وزن ماده تر یونجه با کاربرد تیمار ۱۰% زئولیت بدست آمد. همچنین کاربرد باکتری های نیترات ساز سبب افزایش ماده تر گیاه به میزان ۳۹ گرم گردید که نسبت به تیمار شاهد، دارای اختلاف معنی داری بود. با توجه به نتایج حاصله، کاربرد زئولیت و باکتری نیترات ساز به عنوان یک راهکار مناسب برای بهبود کیفیت پساب و استفاده از آن در تولید محصول اقتصادی، پیشنهاد میگردد.
واژه های کلیدی: گیاه پالایی، آلودگی نیترات، آلودگی خاک، پساب پرورش ماهی

## مقدمه
فعالیتهای تولید غذا، مانند هر فعالیت دیگر بشر به گونهای بر محیط زیست اثر میگذارند. صنعت آبزی پروری هم از این قاعده مستثنی نیست .پساب خروجی از سیستمهای آبزی پروری ممکن است باعث تغییراتی در بوم سامانهای دریافت کننده پساب شود (Ackefors and Enell, ۱۹۹۴). از مهمترین اثرات ورود پساب به رودخانه می توان به افزایش غلظت مواد جامد، مواد معلق و مواد آلی محلول، کاهش سطح اکسیژن محلول، پیدایش بوهای زننده در اثر اکسیداسیون غیرهوازی، مهاجرت یا مرگ و میر آبزیان، ورود مقادیر زیادی مواد مغذی مانند ترکیباته نیتروژنه و فسفاته و به دنبال آن اتریفیکاسیون، ممانعت از نفوذ نور خورشید جهت انجام عمل فتوسنتز و ورود عوامل بیماریزا به آب اشاره نمود (تقوی و همکاران، ۱۳۸۵). با توجه به روند رو به رشد تقاضای پرورش، منابع آب موجود کفایت نمینماید(Vannuccini, ۲۰۰۳). در دو دهه قبل بیشترین توجه به کنترل زیستی کیفی آب از طریق تبدیل آمونیاک به نیتریت و نیترات طی فرآیند باکتریایی اکسیداسیون آمونیاک بوده است، اما امروزه بیشترین توجه بر روی تجمع نیترات حاصل از این فرآیند در این سامانهها میباشد (Van Rijn, ۱۹۹۶). فناوری توام بکارگیری گیاه در سازگانهای پرورش متراکم آبزیان به شیوه چرخش مجدد آب، به منظور کاهش اینگونه مواد تجمع یافته در آبزی پروری- که به واسطه جذب این گونه مواد غذایی مانند نیترات، نیتریت، فسفات وغیره صورت می پذیرد- نیاز به بخش پرهزینه نیتریفیکاسیون را کاهش میدهد. این روش، در واقع پلی بین زنجیره غذایی مصرف کننده اولیه (آبزی) و مصرف کننده ثانویه (باکتریها) و گیاهان است. نقش گیاهان در این روش جذب نیتروژن دفعی آبزیان و سایر مواد غذایی زاید به عنوان ماده مغذی مورد نیازش میباشد. این شیوه برای کشورهای در حال توسعه که آب و کود زراعی از عوامل محدود کننده محسوب میشوند، پیشنهاد شده است (Quillere *et al*., ۱۹۹۳, ۱۹۹۵; Adler *et al*., ۲۰۰۳; Rafiee & Saad, ۲۰۰۵). یک سامانه پرورش متراکم توام آبزی و گیاه به منظور پالایش آب حوضچه آبزی طراحی شده است (Quillere *et al*.,۱۹۹۳). پژوهشگران یک سامانه آبکشتی سیبزمینی با بستر شن به مساحت ۵۵/۱ مترمربع را طراحی کردند (حجم کل آب سازگان برابر بود با ۷۵/۰ مترمکعب)، همچنین مشابه تحقیق سال ۱۹۷۸ لویس و همکارانش، از یک تصفیه کننده زیستی گردان (RBC) به همراه یک حوضچه رسوبگیر برای پرورش ماهی گربه ماهی(*I. Punctatus*) استفاده کردند که در نتیجه با طراحی این سازگان به تولید ۹/۸ تا ۹ کیلوگرم سیبزمینی به ازای هر بوته رسیدند (Sutton & Lewis, ۱۹۸۲). رفیعی و سعد (۲۰۰۶) طی پژوهشی اثر زئولیت را به عنوان بستر کشت بر روی رشد ماهی تیلاپیا و گیاه کاهو و بهبود کیفیت آب محیط پرورشی مورد بررسی قرار دادند تاثیر مثبت زئولیت را در کاهش غلظت نیترات در آب و بهبود رشد کاهو را گزارش دادند. با توجه به محدودیت منابع آبی کشور و ضرورت بهره برداری از منابع آبهای نامتعارف کشور از یک طرف و وجود فناوری گیاه پالایی و ایده تلفیق پرورش ماهی و تولید زیست توده گیاهی مفید از سوی دیگر، این تحقیق در شرایط گلخانهای طراحی و اجرا گردید.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه تغذیه گیاه گروه علوم و مهندسی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام گرفت. این پژوهش به صورت طرح آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اول زئولیت بود که در سه سطح شاهد، ۵ و ۱۰ درصد وزنی در نظر گرفته شد. فاکتور دوم نیز باکتری بود که در دو سطح بدون باکتری و حاوی باکتری‌های نیترات‌ساز در واحدهای آزمایشی اعمال گردید. واحدهای آزمایشی در این پژوهش شامل سه ظرف بود که در یکی از ظروف سه گلدان حاوی یک کیلو خاک جهت کشت گیاه یونجه، اعمال سطوح مختلف زئولیت و سطوح باکتری قرار داشت، ظرف دیگر حاوی قطعه‌ای پشم‌شیشه بود که برای ته‌نشینی آب زهکشی شده از ظرف حاوی گلدان بود و ظرف آخر حاوی ماهی کپور بود. خروجی آب اضافی از فضای گلخانه نیز توسط لوله های پلیکا به فضای بیرون آزمایشگاه میسر گردید. بچه ماهیان مورد نیاز این پژوهش از حوضچه تکثیر و پرورش مزرعه شخصی مهندس خسرونیا واقع در شهر بابل تامین شد. در این مدت بذر یونجه رقم همدانی در گلدان‌ها کشت شد تا در خاک استقرار یابد. آب حاوی مواد دفعی ماهی توسط واترپمپ چینی مدل Resun با قدرت ۴ وات و دبی ۳۵۰ لیتر در ساعت از تشت حاوی ماهی وارد قسمت دوم واحد آزمایشی گردید. قسمت دوم حاوی سه گلدان یک‌کیلویی بود که توسط یونولیت طوری کنار هم قرار گرفته بود تا آب جاری شده روی سطح آن به طور کامل درون گلدان‌ها ریخته شود و بیرون نریزد. درون هر گلدان تیمارهای زئولیت و باکتری اعمال گردید بدین‌صورت که سه سطح زئولیت (صفر، ۵درصد وزنی و ۱۰ درصد وزنی) و دو سطح باکتری (بدون باکتری و حاوی باکتری‌های نیترات‌ساز) در سه تکرار به هر گلدان حاوی خاک اضافه گردید. در طول مدت اجرای آزمایش، پیراسنجه‌های فیزیکو-شیمیایی دما ، پی- اچ آب(pH)، اکسیژن آب، قابلیت هدایت الکتریکی(EC)، آمونیاک، نیتریت، نیترات در طول دوره اندازه گیری شدند و باقی آزمایش‌ها بعد از این دوره ۶ هفته‌ای در آزمایشگاه‌های گروه خاکشناسی مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج برخی صفات آن در این مقاله ارائه می گردد. همچنین باکتریهای نیتروزوموناس و نیتروکوکوس در آزمایشگاه بیولوژی گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران کشت و تکثیر شد و باکتری نیتروباکتر از مرکز کلکسیون قارچها و باکتری‌های سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه و در آزمایشگاه بیولوژی گروه، تکثیر گردید(http://ptcc.irost.org). خاک مورد نظر برای این پژوهش از مزرعه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج تهیه گردید. کلاس بافتی این خاک با انتقال به آزمایشگاه لوم اندازه‌گیری شد که دارای ۴۵% شن، ۳۲% سیلت و ۲۳% رس بود. همچنین این خاک تحت کشت گیاه یونجه بود. این خاک با علم به اینکه در این آزمایش برای گردش آب در سیستم، نیاز به زهکشی وجود داشت، با مطالعه خصوصیات خاک‌های مختلف انتخاب گردید. برخی ویژگی‌های مهم فیزیکی و شیمیایی آن به روشهای استاندارد اندازه گیری (امامی، ۱۳۷۵) و نتایج آن در جدول یک گزارش شد. در نهایت تجزیه واریانس با نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین با روش LSD در سطح ۵درصد صورت گرفت.

## نتایج و بحث

در انتخاب خاک مورد نظر دقت شد تا خاک برخی از ویژگیهای مورد نظر ما در این تحقیق را دارا باشد؛ برای این منظور، ویژگی‌هایی نظیر بافت خاک در پروفیل‌های متعددی که نتایج آن از سال‌های قبل تهیه شده بود و در گروه علوم و مهندسی خاک وجود داشت بررسی گردید و بعد از انتخاب بهترین نقطه با استفاده از GPS به محل رفته و نمونهبرداری انجام گرفت (جدول ۱).

جدول ۱: نتایج برخی خصوصیات فیزیکو-شیمیایی خاک مورد استفاده در این تحقیق

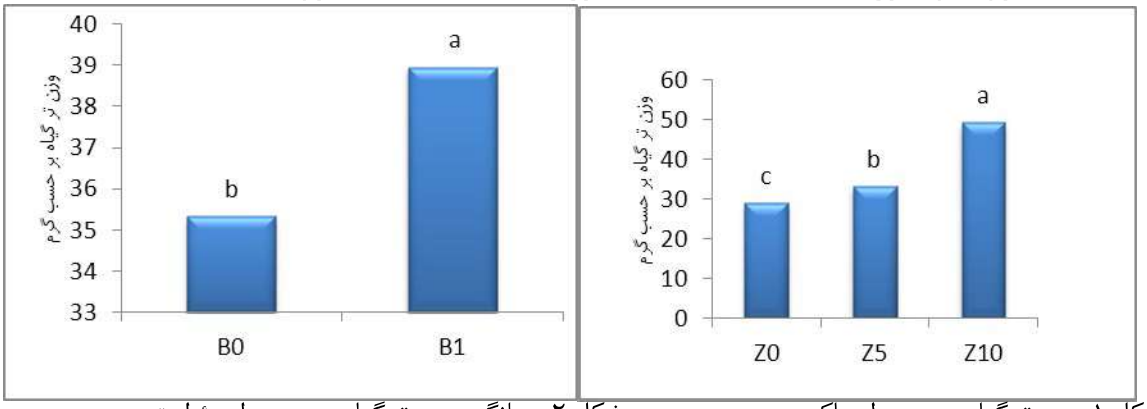
| پارامتر | مقدار | پارامتر | مقدار | پارامتر | مقدار |
|---|---|---|---|---|---|
| شن (%) | ۴۵ | pH | ۸.۴ | CEC(cmol/kg) | ۱۹.۱۱ |
| سیلت (%) | ۳۲ | EC(dS/m) | ۱.۱۵ | Mn (mg/kg) | ۱۳.۹ |
| رس (%) | ۲۳ | نیتروژن (%) | ۰.۰۹۵ | Zn (mg/kg) | ۳.۲۱ |
| کلاس بافت خاک | لوم | P (mg/kg) | ۴۳.۵ | Fe (mg/kg) | ۷.۴۲ |
| کربن الی (%) | ۰.۸۷ | K (mg/kg) | ۳۳۰ | Cu (mg/kg) | ۱.۲۲ |

**جدول ۲: میانگین وزن تر یونجه در سطوح مختلف زئولیت و باکتری (واحد: گرم)**

| زئولیت بکار رفته(%) | باکتری | |
|---|---|---|
| | بدون باکتری(**B.**) | حاوی باکتری($B_1$) |
| زئولیت صفر(**Z.**) | ۲۷.۹۸ | ۲۹.۷۸ |
| زئولیت ۵درصد($Z_5$) | ۳۱.۷۶ | ۳۴.۶۷ |

| | | |
|---|---|---|
| زئولیت ۱۰درصد($Z_{10}$) | ۴۶.۲۷ | ۵۲.۴۳ |

**زئولیت و باکتری= LSD۲.۳۱۵** **باکتری= LSD۱.۳۳۷** **زئولیت= LSD۱.۶۳۷**




شکل ۱: وزن تر گیاه در دو سطح باکتری  شکل ۲: میانگین وزن تر گیاه در سه سطح زئولیت

($Z_0$=بدون زئولیت؛ $Z_5$= زئولیت ۵درصد؛ $Z_{10}$= زئولیت ۱۰درصد ) ( $B_0$= بدون باکتری؛ $B_1$= حاوی باکتری)

طبق نتایج ارائه شده در جدول ۲ و نمودار ۱، سطوح مختلف زئولیت بر وزن تر گیاه اثر گذاشته و با افزایش مقدار زئولیت، سبب افزایش زیست توده تولیدی آن شده است به طوری‌که در سطح ۱۰% زئولیت بیشترین وزن گیاه حاصل شده است. تیمارهای حاوی باکتری و فاقد باکتری، با اینکه با آزمون LSD اختلاف خود را نشان دادند. کاربرد باکتری نیز تاثیر معنی داری بر وزن تر گیاه نشان داد (شکل ۲). رفیعی و سعد (۲۰۰۶) طی پژوهشی اثر زئولیت را به عنوان بستر کشت بر روی رشد ماهی تیلاپیا و گیاه کاهو و بهبود کیفیت آب محیط پرورشی مورد بررسی قرار دادند که در آن تیمار شاهد و تیمار حاوی زئولیت مقایسه گردید. این پژوهش نشان داد که مقدار محصول کاهو در تیمار حاوی زئولیت بطور معنی‌داری ($P< ۰/۰۵$) در مقایسه با شاهد بیشتر بود.

**مقادیر اندازه‌گیری شده دما، اکسیژن، pH و ECآب:** در جدول ۳ گزارشی از میانگین پیراسنجه‌هایی که در طول دوره آزمایش، از نمونه‌های تهیه شده‌ی ظرف‌های پروش ماهی اندازه‌گیری گردید آورده شده است.

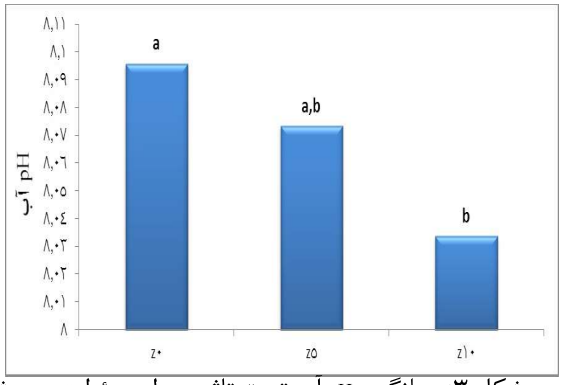
رفتار pH آب در این نوع سازگان، به دلیل واکنش‌هایی که در آن اتفاق می‌افتد روند نزولی دارد و کم‌کم اسیدی می‌شود (Seawright *et al.*, ۱۹۹۸; Rafiee & Saad, ۲۰۰۶). در حقیقت نیتریفیکاسیون در این نوع سامانه‌ها، باعث تولید یون پروتون می‌شود که pH را کاهش می‌دهد؛ اما در پژوهش حاضر، این پارامتر روند صعودی را در پیش گرفت و با اینکه گاهی کاهش و گاهی افزایش یافت ولی در کل روند افزایشی را از خود نشان داد به طوری که pH آب در انتهای آزمایش به حدود ۸.۴ رسید.. تقوائیان و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از فاضلاب در آبیاری و ثبت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش pH خاک را در اثر کاربرد فاضلاب گزارش نمودند اکسید شدن موادآلی، تشکیل مواد حدواسط اسیدی و گازهایی نظیر $H_2S$ عامل این کاهش بودند. کریمی نیز تاثیر کاربرد زئولیت و پوسته برنج را در تصفیه شیرابه ناشی از دفن زباله را مورد بررسی قرار داد که با اندازه‌گیری pH خاک، کاهش این پارامتر را گزارش داد.

**جدول ۳: پیراسنجه‌های آب (انحراف معیار± میانگین)**

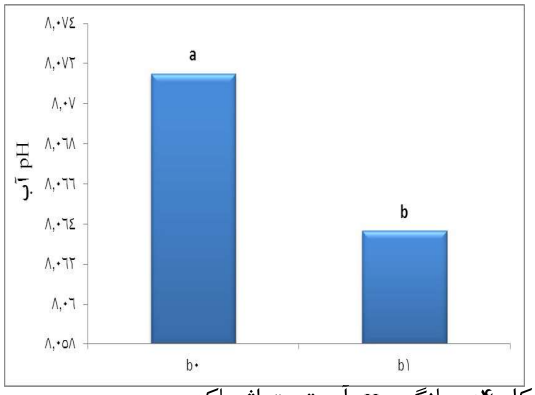
| تیمار | پیراسنجه‌ها | | | |
|---|---|---|---|---|
| | دما | اکسیژن(mg/l) | pH | EC($\mu$mohs/cm) |
| $Z_0B_0$ | ۱.۵ ۲۲.۵± | ۰.۲۲ ۸.۳۳± | ۰.۱۷ ۸.۱۰± | ۸۵.۳ ۱۲۶۲.۵± |
| $Z_0B_1$ | ۱.۵ ۲۲.۴± | ۰.۱۴ ۸.۳۸± | ۰.۱۷ ۸.۰۹± | ۹۱.۶ ۱۳۲۷.۲± |
| $Z_5B_0$ | ۱.۵ ۲۲.۴± | ۰.۱۸ ۸.۳۳± | ۰.۱۹ ۸.۱۰± | ۹۰.۵ ۱۲۹۴.۷± |
| $Z_5B_1$ | ۱.۵ ۲۲.۵± | ۰.۲۰ ۸.۴۰± | ۰.۱۹ ۸.۰۵± | ۷۸.۰ ۱۲۱۹.۰± |
| $Z_{10}B_0$ | ۲۲.۳±۱.۵ | ۰.۲۳ ۸.۳۲± | ۰.۱۹ ۸.۰۲± | ۱۱۵.۳ ۱۲۷۶.۶± |
| $Z_{10}B_1$ | ۱.۵ ۲۲.۵± | ۰.۱۹ ۸.۳۸± | ۰.۱۹ ۸.۰۵± | ۷۷.۶ ۱۲۸۷.۰± |

همانطور که شکل ۳ نشان می‌دهد، تحت اثر تیمار زئولیت بین سطح ۱۰% و شاهد اختلاف میانگین وجود دارد (شکل ۳). اثر باکتری نیز بر روی این پارامتر در دو سطح اختلاف از خود نشان داده است (شکل ۴). طبق شکلها، سطح حاوی زئولیت ۱۰% با شاهد اختلاف داشته که این میتواند بدلیل وجود سطح تبادلی بیشتر نسب به حالت ۵% و توانایی خنثیسازی بیشتر و کاهش کمتر pH بود. با افزایش زئولیت در این آزمایش، رشد گیاه افزایش یافت و این افزایش باعث بیشتر شدن جذب عناصر غذایی از بستر گیاه

گردید. افزایش جذب نسبت به حالت شاهد، باعث کاهش قابلیت هدایت الکتریکی آب شد بنابراین تیمارهای فاقد زئولیت بیشترین قابلیت هدایت الکتریکی آب را در انتهای آزمایش نشان دادند(جدول ۴ و شکلهای ۵ و ۶). دلیل تفاوت بین دو سطح زئولیتی ($Z_5$ و $Z_{10}$) تلفات ماهی بود که در تیمار $Z_5$ ماهی کمتری از بین رفت و این موضوع باعث شد که به دلیل تناسب بین غذای ماهی هر سیستم و وزن ماهی، غذادهی کمتر صورت گیرد و قابلیت هدایت الکتریکی کمتر گردد. در تیمارهای حاوی باکتری، با افزایش رشد گیاه مقدار جذب بیشتر گردید که این روند باعث کمتر شدن قابلیت هدایت الکتریکی نسبت به حالت بدون باکتری است. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد کاربرد زئولیت و باکتری بر شاخص های مورد نظر تاثیر مثبتی داشته بر این اساس، تداوم تحقیقات و توسعه این روش، پیشنهاد میگردد.




شکل ۳: میانگین pH آب تحت تاثیر سطوح زئولیتی
(Z.=بدون زئولیت؛ $Z_5$= زئولیت ۵درصد؛ $Z_{10}$= زئولیت ۱۰درصد )

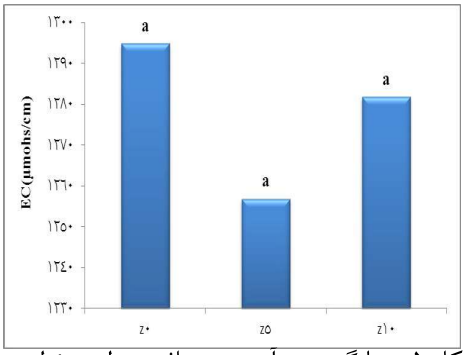



شکل ۴: میانگین pH آب تحت اثر باکتری
(B.= بدون باکتری؛ $B_1$= حاوی باکتری)

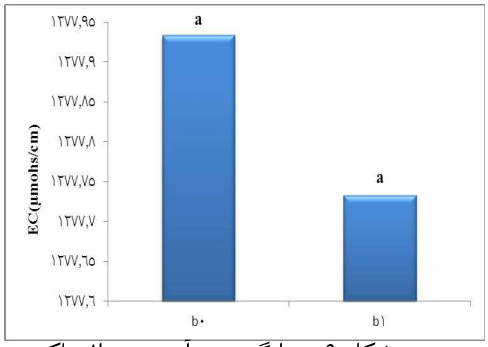
**آب تحت اثر سطوح مختلف زئولیت و باکتری EC جدول ۴- میانگین**

| | باکتری | |
|---|---|---|
| زئولیت بکار رفته(%) | بدون باکتری(B.) | حاوی باکتری($B_1$) |
| زئولیت صفر(Z.) | ۱۲۶۲.۵ | ۱۳۲۷.۲ |
| زئولیت ۵درصد($Z_5$) | ۱۲۹۴.۷ | ۱۲۱۹.۰ |
| زئولیت ۱۰درصد($Z_{10}$) | ۱۲۷۶.۶ | ۱۲۸۷.۰ |

LSDزئولیت= ۴۳.۸۱۷ LSDباکتری= ۳۵.۷۷۶ LSDباکتری و زئولیت= ۶۱.۹۶۷




شکل ۵: میانگین EC آب تحت تاثیر سطوح زئولیتی
(Z.=بدون زئولیت؛ $Z_5$= زئولیت ۵درصد؛ $Z_{10}$= زئولیت ۱۰درصد )




شکل ۶: میانگین EC آب تحت اثر باکتری
B.= بدون باکتری؛ $B_1$= حاوی باکتری)

## منابع

امامی، ع. ۱۳۷۵. روشهای تجزیه گیاه، نشریه شماره ۹۸۲. موسسه تحقیقات خاك و آب. تهران.

Ackefors, H, Enell, M. ۱۹۹۴.The release of nutrients and organic matter from aquaculture systems in Nordic countries. Journal of Applied Ichthyology, ۱۰ : ۲۲۵-۲۴۱.

Adler, P.R., Summerfelt, S.T., Glenn, D.M., Tekeda, F., ۲۰۰۳. Mechanistic approach to pHytoremediation of water, Ecol, Eng. ۲۰ : ۲۵۱-۲۶۴.
Rafiee, G.R., Saad, C.R., ۲۰۰۶. The Effect of Natural (Clinoptiolite) on Aquaponic Production of Red Tilapia (*Oreochromis sp.*) and Lettuce ((*Lactuca sativa var longifolia*), and Improvement of Water Quality. Journal of Agricultural Science and Technology, ۸ : ۳۱۳-۳۲۲.
Sutton, R.J., Lewis, W.M., ۱۹۸۲. Further observations on a fish production system that incorporated hydroponically grown plants. Prog. Fish Cult. ۴۴, ۵۵-۵۹.
Van Rijin, J., ۱۹۹۶. The potential for integrated biological treatment systems in recirculating fish culture, a review. Aquaculture ۱۳۹, ۱۸۱-۲۰۱.
Vannuccini, S., ۲۰۰۳. Overview of fish production, utilization consumption and trade based on ۲۰۰۱ data. FAO. Fish. Info. Data & Satats. Unit. Rome, Italy, ۱۸pp.

Effect of applying *Zeolite* and *Nitrobacteria* on some plant properties of Alfalfa and chemical changes of obtained Carp fish fields wastewater under greenhouse conditions

Ahmad Arasteh[۱], Babak Motesharezadeh[*۲] and Ahmad Ali Pourbabaee[۳]
Graduate Student, Department of Soil Science Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
Associate. Prof. Department of Soil Science Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
Assistant Prof. Department of Soil Science Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

**Abstract**

Water limitation and necessity of increase in production efficiency have led to consider producing crops from unconventional water. This research was carried out in factorial design with an objective to investigate the effect of mineral (first factor *Zeolite* at three levels: control, ۵ and ۱۰ % by weight) and biological (second factor *Nitrobacteria* at two levels of with bacteria and with no bacteria) treatments on Alfalfa production and some chemical properties of obtained Carp fish fields wastewater in a closed system. The results showed that the wet weight of *Alfalfa* was obtained by applying the treatment of ۱۰% *Zeolite*. Also *Nitrobacteria* application led to increase in plant wet weight by the value of ۳۹ gr which was significant compared to the control treatment. Considering to obtained results of this research, applying *Zeolite* and *Nitrobacteria* in producing economical crops is suggested as an appropriate approach to improve wastewater quality and use of it.