**وزارت جهاد کشاورزی**
**سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی**
**موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور – مرکز تحقیقات ملی آبزیان آبهای شور**

**عنوان :**

# پرورش تیلاپیا در سیستم آکواپونیک

**مجری :**
**فرهاد رجبی پور**

**شماره ثبت**

**٤٧٤٧٤**

**وزارت جهاد کشاورزی**
**سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی**
**موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور- مرکز تحقیقات ملی آبزیان آبهای شور**

---

**عنوان پروژه : پرورش تیلاپیا در سیستم آکواپونیک**
**شماره مصوب پروژه : ٩١١٤٠-١٢-١٢-٤**
**نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارندگان : فرهاد رجبی پور**
**نام و نام خانوادگی مجری مسئول ( اختصاص به پروژه ها و طرحهای ملی و مشترک دارد ) :**
**نام و نام خانوادگی مجری / مجریان : فرهاد رجبی پور**
**نام و نام خانوادگی همکار(ان) : عباس متین فر،نسرین مشائی، حبیب سرسنگی، محمد محمدی، جلیل معاضدی، محمدرضا مجرک، عبدالمجید آقایی**
**نام و نام خانوادگی مشاور(ان) :**
**نام و نام خانوادگی ناظر(ان) : سید ضیاءالدین متقی نیا**
**محل اجرا : استان یزد**
**تاریخ شروع : ۹۳/۲/۲۸**
**مدت اجرا : ۷ ماه**
**ناشر : موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور**
**تاریخ انتشار : سال۱۳۹۵**
**حق چاپ برای مؤلف محفوظ است . نقل مطالب ، تصاویر ، جداول ، منحنی ها و نمودارها با ذکر مأخذ بلامانع است .**

**«سوابق طرح یا پروژه و مجری مسئول / مجری»**

**پروژه : پرورش تیلاپیا در سیستم آکواپونیک**

**کد مصوب : ۹۱۱۴۰-۱۲-۱۲-۴**

**شماره ثبت (فروست) : ۴۷۴۷۴ تاریخ : ۹۴/۵/۱۴**

**با مسئولیت اجرایی جناب آقای فرهاد رجبی پوردارای مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد در رشته فیزیولوژی جانوری می‌باشد.**

**پروژه توسط داوران منتخب بخش اصلاح نژاد و تکثیر و پرورش آبزیان در تاریخ ۹۳/۱۲/۳ مورد ارزیابی و رتبه عالی تأیید گردید.**

**در زمان اجرای پروژه، مجری در :**

**ستاد □ پژوهشکده □ مرکز ■ ایستگاه □**

**با سمت معاون تحقیقاتی در مرکز تحقیقات ملی آبزیان آبهای شورمشغول بوده است.**

| عنوان | «فهرست مندرجات » | صفحه |
|---|---|---|


چکیده ..... ۱
۱- مقدمه ..... ۲
۲- مواد و روشها ..... ۱۲
۳- نتایج ..... ۱۵
۴- بحث و نتیجه گیری ..... ۱۹
پیشنهادها ..... ۲۸
منابع ..... ۲۹
چکیده انگلیسی ..... ۳۳

## چکیده

محدودیت ذخایر آب در ایران، کشورمان را به یکی از ده کشور منطقه بحران آب تبدیل کرده است. تیلاپیا ماهی تجاری باارزشی است که توسعه پرورش آن باتوجه به رشد سریع، مقاومت دربرابر شرایط مختلف زیست محیطی و بیماری ها، قابلیت پرورش در سیستم های مختلف، تراکم پذیری، هزینه های کم تولید و بازار پسندی طی سال‌های اخیر در جهان قابل توجه بوده است. بعلاوه یکی از مهمترین نیازهای توسعه کشاورزی وجود اراضی و خاک مناسب است که در ایران بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک یکی از عوامل محدودکننده توسعه کشاورزی محسوب می شود. ازسوی دیگر توسعه کشاورزی ارگانیک به منظور حفظ خاک و افزایش امنیت عذایی، در دستور کار برنامه های جهانی توسعه کشاورزی قرار دارد. سیستم آکواپونیک عبارت از ادغام سیستم هیدروپونیک با آبزی پروری در یک سیستم بازگردش است. این روش، فناوری جدیدی است که سابقه اجراء آن در جهان به دهه های اخیر مربوط می شود. بسته بودن و قابلیت کنترل کامل شرایط، دربردارنده ملاحظات زیست محیطی کاربرد تیلاپیا در این سیستم پرورشی است. درمطالعه حاضر، تولید توأم ماهی تیلاپیا با محصولات گیاهی در سیستم آکواپونیک در دو دوره در سال های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ بررسی شد. پرورش ماهیان تیلاپیا با تراکم ذخیره سازی ۴۰ قطعه برمترمکعب و زن اولیه ۶.۲ و ۵.۹ گرم، در یک دوره نه ماهه پرورش و وزن نهایی ۶۵۸ و ۵۹۶ گرم با بازماندگی ۹۸ و ۱۰۰ و و ضریب تبدیل غذایی ۱.۴ و ۱.۶، صورت گرفت. جهت کشت گیاهان از سه روش بستر کشت، صفحات شناور و نوترینت فیلم استفاده شد. تولید ماهانه نعناع، ریحان، کاهو، خیار، گوجه فرنگی و فلفل قلمی بترتیب ۱.۱۴، ۰.۸-۰.۵، ۱.۳۲، ۴-۲.۷، ۳.۴-۲.۰۳ و ۱.۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود.


کلمات کلیدی: آکواپونیک، تیلاپیا، گلخانه، محصولات گیاهی، ایران

## ۱- مقدمه

ایران یکی از معدود کشورهای جهان است که در طول سال واجد تنوع وسیع آب و هوایی با فصول مختلف است. بااین وجود پهنه وسیعی از این کشور دارای شرایط بیابانی و نیمه بیابانی است (بدیعی، ۱۳۴۷). محدودیت ذخایر آب در ایران، کشورمان را به یکی از ده کشور منطقه بحران آب تبدیل کرده است. بعلاوه بخش های زیادی از کشور دارای زمین های شور و لم یزرع است (خالدی، ۱۳۸۴).

میانگین سالانه بارندگی ایران حدود ۴۰۰ میلیارد مترمکعب برآورد شده که ۳۱۰ میلیارد مترمکعب در مناطق کوهستانی و ۹۰ میلیارد مترمکعب در دشت‌ها می‌بارد. از مقدار فوق حدود ۲۹۴ میلیارد مترمکعب بصورت تبخیر ازدسترس خارج می شود و از ۱۱۶ میلیارد مترمکعب باقیمانده حدود ۹۳ میلیارد مترمکعب از طریق منابع سطحی و زیرزمینی بهره برداری می شود و بقیه صرف تغذیه سفره های آب زیرزمینی می شود. حدود ۸۶ میلیارد مترمکعب جهت مصارف کشاورزی و نزدیک به ۷ میلیارد مترمکعب به مصارف شرب و صنعت اختصاص می‌یابد. به‌رغم محدودیت منابع آب و توزیع نامناسب زمانی و مکانی آن در کشور، استفاده از این منابع باارزش و غیرقابل جایگزین، کارآیی مطلوبی نداشته و راندمان آن بسیار پایین است (سامانی، ۱۳۸۴).

کارآیی مصرف آب به مقدار محصولی گفته می شود که از هرواحد حجم آب بدست می آید اما بهره وری آب حتی از این مفهوم نیز فراتر رفته و علاوه بر مقدار تولید، مقدار درآمد حاصل از هر واحد آب را نیز مورد ارزیابی قرار می دهد. باتوجه به شرایط خاص اقلیمی کشور ایران و پایین بودن امکان افزایش منابع جدید آب مورداستفاده دربخش کشاورزی و ضرورت افزایش تولیدات کشاورزی ازمنابع آب محدود، استفاده از روشهای علمی و فنی مناسب جهت افزایش کارآیی مصرف آب کشاورزی از ضروریات بخش کشاورزی است.

از حدود ۳۷ میلیون هکتار از اراضی مستعد کشاورزی، بدلیل محدودیت منابع ۸.۱ میلیون هکتار بصورت فاریاب کشت می شود و از طرف دیگر از ۹۲ میلیارد مترمکعب آب استحصال شده از منابع سطحی و زیرزمینی حدود ۸۴ میلیارد مترمکعب آن (۹۳ درصد) به بخش کشاورزی اختصاص می یابد.

میزان کنونی تولیدات کشاورزی فاریاب در سطح کشور بالغ بر ۶۷ میلیون تن می باشد و با عنایت به این که از کل منابع آب قابل استفاده کشور حدود ۸۴ میلیارد مترمکعب در بخش کشاورزی مصرف می شود، بنابراین با صرف نظر از ترکیب محصولات زراعی و تفاوت اقلیم در مناطق مختلف کشور، متوسط کارآیی مصرف آب اراضی فاریاب کشور درحال حاضر حدود ۰.۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب مصرفی برآورد می گردد. به عبارت دیگر در کشور برای تولید هر ۱ کیلوگرم محصول حدود ۱.۲۵ مترمکعب آب مصرف می شود و این درحالی است که برای تأمین غذای جمعیت کشور باید تا سال ۱۴۰۰ مقدار کارآیی مصرف آب به ۱.۶ کیلوگرم بر مترمکعب یعنی به بیش از دو برابر مقدار فعلی افزایش یابد.

اگر با این دیدگاه یعنی نقش مصرف هر واحد آب در تولید ملی نگاه شود، کارآیی مصرف آب و بهره وری از آن در ایران امکان افزایش به مراتب بیشتری از شرایط فعلی دارد. رقابت شدید میان بخش های صنعت، شهری و

کشاورزی و شرایط خشکی در کشور از نظر مصرف آب ایجاب می کند که از هر واحد آب مصرفی تولید بیشتری بدست آید (انتصاری و همکاران، ۱۳۸۶).

باتوجه به محدودیت ذخایر آبزیان، از سال های قبل صنایع شیلاتی جهان در جهت توسعه آبزی پروری تمرکز یافته است. استفاده ازمنابع آب های داخلی و زیرزمینی برای آبزی‌پروری نیز سال‌هاست که درجهان رواج دارد. در ایران، آبزی‌پروری در آب های داخلی جزء سیاست‌های توسعه‌ای شیلات بوده وعلیرغم تأخیر این فعالیت‌ها نسبت به اغلب کشورهای پیشرفته و درحال توسعه، خوشبختانه با سرعت مناسبی درحال پیگیری و پیشرفت است. وجود منابع عظیم آب های داخلی و زیرزمینی و منابع آب لب شور بویژه در مناطق مرکزی کشور، پتانسیل مناسبی برای توسعه شیلاتی در این مناطق فراهم آورده است.

در گزارش گروه توسعه کشاورزی دفتر مطالعات زیربنایی مرکز پژوهش های مجلس، راهکارهای بهبود همزمان پیشرفت و عدالت در توسعه کشاورزی ایران به شرح ذیل بیان شده اند:

(۱) بخش کشاورزی از مهمترین بخش هایی است که می تواند کارکرد بسیار مهمی را در توأم سازی پیشرفت و عدالت داشته باشد چراکه از یک سو کشاورزی فعالیت اقتصادی اغلب افراد در روستاها و روستا-شهرها به عنوان مناطق محروم تر است و ازسوی دیگر بخش کشاورزی پتانسیل قابل توجهی در رشد اقتصادی کشور داراست. گزارشات فائو نشان دهنده آن است که ایران از نظر ارزش تولیدات در زمینه محصولات کشاورزی در زمره ۲۰ کشور برتر دنیا قرارداشته است. این در شرایطی است که عملکرد در واحد سطح ایران بسیار کمتر از میزان این شاخص در کشورهای درحال توسعه می باشد. (۲) بخش کشاورزی و نیروی کارآن اکنون به گونه ای مدیریت شده که فرصت شغلی و معیشت پایدار چندانی برای بسیاری از کشاورزان و روستاییان کشور فراهم نشده و این بخش به میزان لازم و متناسب با قابلیت های خود به رشد و شکوفایی نرسیده است. (۳) سالانه ۲۰ هزار هکتار از اراضی خوب کشور تغییر کاربری می دهند. (۴) ۹۴٪ از دانش آموختگان کشاورزی و منابع طبیعی به فعالیت های غیرمرتبط پیوسته اند. (۵) تا سال ۱۴۱۰ درحدود ۷۸٪ جمعیت ایران شهرنشین خواهند شد (کلانتری و همکاران، ۱۳۹۱). (۶) کشاورزی ازنظر توان بالقوه اشتغالزایی در کشور اثر بخشی دارد (اسفندیاری و ترحمی، ۱۳۸۸). (۷) در ایران کشاورزی از نظر درآمدزایی رتبه ۱۹ را دارد. (۸) در اسلام اولویت بین بخشهای اقتصادی با کشاورزی است. (۹) رشد اقتصادی نه تنها منجربه بهبود درآمد در نواحی روستایی نشده بلکه با افزایش ضریب جینی (متغیر توزیع درآمد) بدتر شده است. (۱۰) رشد و توسعه کشور تاکنون عدالت محور و حامی فقر نبوده است. (۱۱) نظام بهره برداری خرد و دهقانی بخش اعظم واحد های بهره برداری کشور را تشکیل می دهد. (۱۲) دروزارت جهادبه واحدهای بهره برداری خانوادگی بعنوان عناصر منفعل نگریسته می شود که باید با اعطاء مشوق به سمت تولید برود. یعنی هدف تأمین معیشت خانوارهای خرد نیست بلکه تحقق اهداف در تولید میزان خاص محصول است. (ورمزیاری و همکاران، ۱۳۹۲).

## ۱-۱-کشاورزی ارگانیک

خاک یکی از ثروت های ملی و سرمایه ارزشمندی است که در اقتصاد نقش اساسی دارد. اقتصاد کشاورزی درحال حاضر به کمیت و کیفیت خاک های کشاورزی وابسته است. اهمیت و ارزش زمین ها و خاک کشاورزی در کنار مسائل مربوط به افزایش جمعیت، کمبود مواد غذایی، چالش های مرتبط با توسعه روستایی و ضعف اقتصاد روستایی در کشور، کاستی های کشاورزی مکانیزه و نیاز به افزایش کمی و کیفی تولیدات کشاورزی، نمود بیشتر پیدا می کند.

خاک ایران به‌علت استفاده بیش از اندازه از کودهای شیمیایی و از بین بردن جانداران داخل خاک با فرسایش شتابان روبه‌رو شده است به‌طوری‌که میزان فرسایش هر هکتار خاک ۲۰ تن اعلام شده و سالانه ۲۵۰ تا ۳۵۰ میلیون تن خاک قابل کشاورزی در کشور بدلیل استفاده از کودهای شیمیایی از بین می‌رود.

یکی از مهمترین نیازهای توسعه کشاورزی دسترسی به اراضی و وجود خاک مناسب کشاورزی است. تاریخچه کشاورزی جهان نشان می دهد که بدون منظور کردن نمک آب و خاک و احداث رهکش ها، کشاورزی بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک پایدار نیست. زمین های شور حدود ۱۳٪ اراضی قابل کشت جهان را تشکیل می دهند که ایران یکی از دارندگان پهنه های وسیع آنها است. حدود ۱۰٪ خاک های ایران با سطحی حدود ۱۸ میلیون هکتار را خاک های شور تشکیل می دهد که ۷ میلیون هکتار آن در مناطق مرکزی کشور در باتلاق های شور کویر لوت و کویر نمک قرار دارند (برزگر، ۱۳۷۹).

طبق گزارش دفتر مطالعات زیربنایی مرکز پژوهش های مجلس، دست کم ۳۳ درصد افزایش تولید مواد غذایی در ۳ دهه گذشته در جهان مرهون مصرف کودهای شیمیایی بوده است. مجموع نیاز کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم ۴ میلیون تن برآورد شده که بترتیب شامل ۲/۹، ۰/۷ و ۰/۴ میلیون تن کودهای نیتروژنه، فسفاتی و پتاسیمی است که ارقام قابل توجهی می باشند. براساس آمارهای موجود در بیش از ۶۰٪ اراضی کشاورزی کشور میزان کربن آلی خاک کمتر از ۱ درصد است درحالیکه حد مطلوب کربن آلی خاک برای دستیابی به تولید پایدار باید ۳-۲ درصد باشد. نیاز بخش کشاورزی ایران به کودهای شیمیایی عمدتاً از طریق واردات تأمین می شود.

پیش بینی شده که تا سال ۲۰۳۰ میلادی حدود ۲۵٪ از کشاورزی جهان تحت پوشش نظام کشاورزی ارگانیک قرار خواهد گرفت. در چند ساله اخیر کشور ایران نیز بعنوان یکی از ظرفیت های قابل حصول تولید محصولات ارگانیک پا به این عرصه گذاشته و تولید محصولات سالم و در مرحله بعد ارگانیک را پیگیری می کند. وجود اقلیم های مختلف از یک سو و تنوع ذخایر ژنتیکی ازسوی دیگر فرصتی مناسب برای گسترش سطح زیرکشت و افزایش تولید محصولات ارگانیک در ایران است. براساس اعلام رسمی موسسه FiBL در سال ۲۰۰۷ میلادی حدود ۱۵ هزار هکتار و براساس آخرین اطلاعات حدود ۱۲ هزار هکتار از اراضی تحت پوشش کشت ارگانیک در ایران ثبت شده اند.

باقیمانده سموم و کودهای شیمیایی کشاورزی غیرارگانیک آثار و تبعات ناگواری برای سلامت جامعه به همراه دارد. بروز نقص های مادرزادی، تولد نوزادان با وزن کم، سقط جنین، بلوغ زودرس یا دیررس، کاهش باروری یا ناباروری،اختلال در سیکل ماهانه زنان، یائسگی پیش رس، تغییر در سرعت متابولیسم، اختلال در سیستم غدد داخلی، ضعف عضلانی، کاهش حافظه، آسیب به سیستم عصبی و مغز، کاهش کارآیی سیستم ایمنی بدن و سرطانزایی را می توان ازجمله آثار منفی استفاده از این گونه مواد شیمایی دانست.

بررسی ها نشان داده که برای رسیدن به وضعیت مطلوب تأمین مواد غذایی لازم در کشور باید ۳۰۰ تا ۴۰۰ هزار هکتار زمین کشاورزی را زیرکشت محصولات ارگانیک برد و در برنامه پنجم توسعه نیز پیش بینی شده که ۲۵٪ یعنی معادل چهار میلیون هکتار از اراضی زراعی و باغی تحت پوشش تولید محصولات ارگانیک قرار گیرند.

(دفتر مطالعات زیربنایی مرکز پژوهش های مجلس، دنیای اقتصاد، ۱۳۹۱/۱۲/۱۷، ش. ۲۸۷۶، ص. ۳).

در دنیا هرساله به رغم مصرف سموم و مواد شیمیایی در کشاورزی نه تنها خسارت‌ها کمتر نشده بلکه سطوح آلودگی افزایش یافته و فرایند تولید با مشکل روبرو شده است. در سال ۱۹۹۸حدود ۳۶۵ میلیون تن کود شیمیایی در جهان در سطحی معادل ۱/۴ میلیارد هکتار (حدود دو برابر مساحت قاره اقیانوسیه) مورد استفاده قرار گرفته است درحالیکه این رقم در سال ۱۹۶۱ معادل ۱۰۰ ملیون تن بوده و در ۵۰ سال اخیر با رشد بی سابقه‌ای روبرو شده است. هر ساله نیز انواع جدیدتر کودهای شیمیایی با فرمولاسیون‌ها و درصد متفاوت عناصر غذایی معرفی می‌شوند.

استفاده از ریزجانداران خاکزی به منظور افزایش رشد و تولید گیاهان نیز از اوایل قرن بیستم میلادی ابتدا در آمریکا و روسیه و سپس در کشورهای دیگر آغاز شد ولی بدلیل اثرات سریع و آنی کودهای شیمیایی، سهولت در کاربرد و قیمت ارزان آنها، کودهای بیولوژیک مورد استقبال قرار نگرفتند و برای مدت زیادی به بوته فراموشی سپرده شدند. در سی سال اخیر به دلیل آشکار شدن اثرات سوء مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و قیمت رو به تزاید آنها مجدداً استفاده از کودهای بیولوژیک در کشاورزی مطرح شده است.

کشاورزی ارگانیک در ساده ترین تعریف عنوان «کشاورزی بدون افزودن مواد شیمیایی مصنوعی» تعریف شده و براساس آن مزرعه به عنوان یک موجود زنده درنظر گرفته می‌شود. کشاورزی ارگانیک یک سامانه مدیریت تولیدی جامع نگر است که موجب بهبود سلامت کشت بوم از طریق حفظ و تقویت تنوع زیستی، چرخه‌های زیستی و فعالیت زیستی خاک می‌شود. در کشاورزی ارگانیک مواد مشتق از ریزموجودات، گیاهان و جانوران، اساس برنامه باروری خاک را تشکیل می‌دهد. بر این اساس استفاده از کودهای بیولوژیک می تواند به عنوان یکی از روش‌های مؤثر در افزایش عملکرد گیاه در اختیار زارعین قرار گیرد.

امروزه تولید و مصرف محصولات ارگانیک طرفداران بسیاری را در سراسر جهان پیدا کرده است چراکه مصرف کنندگان از اهمیت مصرف این محصولات آگاهی یافته اند.

کشاورزی ارگانیک بر پایه اصول خاصی بنا نهاده شده که آشنایی با این اصول جهت درک بهتر کشاورزی ارگانیک ضروری است. این اصول اساس رشد و توسعه کشاورزی ارگانیک را ایجاد کرده است و زمینه بهبود و ارتقاء جهانی کشاورزی را باعث می شوند.

بدلیل نیاز روزانه مردم به تغذیه، کشاورزی از مهمترین و بیشترین فعالیت های بشر از ابتدا تا به حال و در آینده خواهد بود. تاریخ، ارزش های اجتماعی و فرهنگی کشاورزی را احاطه کرده است. رعایت اصول در روش های کشاورزی به داشتن احساس مسئولیت گسترده در حمایت از خاک، آب، گیاهان و حیوانات و دستورالعمل‌های تولید و فراوری و توزیع غذا و سایر کالاها بستگی دارد و اعتقاد به اینکه زندگی‌های انسانی وابستگی شدیدی به پویایی باغات و مزارع دارند و میراثی ارزشمند برای نسل های آینده هستند.

اصول کشاورزی ارگانیک برای کلیه حرکات ارگانیک در جهان و در تمام جهات سودمند هستند و سبب توسعه، پیشرفت و هدایت کلیه برنامه‌ها و استانداردها شده، همچنین طرحی از هماهنگی را در عرصه جهان به معرض نمایش گذاشتند. این اصول عبارتند از: اصل سلامت، اصل اکولوژی، اصل انصاف و عدالت، اصل مراقبت. این اصول تماما سودمند بوده و با اصول اخلاقی و روح عمل آمیخته هستند. (اخوان، ۱۳۹۱).

امنیت غذایی یکی از مهمترین دغدغه های کنونی برنامه ریزان و متولیان بهداشت تغذیه است. بویژه درشرایط کنونی که تولید محصولات گلخانه ای بسرعت درحال افزایش می باشند. ازسوی دیگر گزارشات فراوانی درمورد مسمومیت های تغذیه ای ناشی از باقی ماندن سموم و مواد شیمیایی در محصولات غذایی، و بدنبال آن ناهنجاری هاو بیماری ها در انسان وجود دارد.

بدین ترتیب، کاربرد و توسعه تولید در سیستم آکواپونیک که اساس آن حفظ آب در سیستم، عدم نیاز به خاک، عدم استفاده از کودها و سموم، و تولید توأم ماهی و محصولات گیاهی ارگانیک می باشد پاسخ مناسبی برای نیاز کنونی بخش کشاورزی است.

## ۲-۱- پرورش تیلاپیا

باتوجه به محدودیت ذخایر طبیعی آبزیان، از سالهای قبل صنایع شیلاتی جهان درجهت توسعه آبزی پروری تمرکزیافته اند.تیلاپیا ماهی تجاری باارزشی است که توسعه پرورش آن درسالهای اخیردرجهان قابل توجه است. برای انتخاب گزینه ای برای آبزی پروری موفق، گونه ای که تحمل طیف وسیع آب وهوایی را دارا باشد می تواند نقش بسزایی در تولید ایفاء کند. یکی از مهمترین ویژگی های ماهیان تیلاپیا تحمل محدوده نسبتاً وسیع عوامل زیست محیطی است. تیلاپیاها نسبت به بیشتر ماهیان پرورشی آب شیرین، دربرابر شوری بالا، درجه حرارت بالای آب، اکسیژن محلول پایین و غلظت‌های بالای آمونیاک، قدرت تحمل بیشتری دارند.

مهمترین شاخصه های پرورشی این ماهیان رشد سریع، مقاومت بالا در برابر طیف وسیعی از شرایط زیست محیطی مانند دما، دوره نوری، سرعت جریان، ذرات معلق، شوری، اکسیژن محلول، pH، مقاومت نسبت به

بیماری ها و استرس، تحمل بالا نسبت به کیفیت پایین آب و آمونیاک زیاد، قدرت تولیدمثل زیاد و دوره کوتاه تولیدمثلی در اسارت، باروری و هماوری زیاد، تغذیه از مواد غذایی کم ارزش، دسترسی آسان به منابع غذایی و امکان استفاده از غذای مصنوعی پس از جذب کیسه زرده است. این ماهی از بازار مصرف بسیار خوبی در کشورهای صنعتی بویژه امریکا و ژاپن بهره‌مند بوده و بسیاری از کشورها از جمله کشورهای آسیایی پرورش آن را با هدف صادرات انجام می‌دهند (El-Sayed, 2006; Pompa & Masser, 1999).

تاکنون بیش از یکصد کشور جهان (ازجمله اغلب کشورهای همسایه ایران) اقدام به پرورش تیلاپیا نموده اند. آسیا به عنوان بزرگترین تولید کننده تیلاپیا در جهان ٪۸۰ تولید جهانی را در سال ۲۰۱۰ بخود اختصاص داده است (FAO, 2010). حدود ٪۹۵.۵ از تولید این ماهی در ۲۱کشور آسیایی در آب شیرین صورت می گیرد. چین بزرگترین تولیدکننده تیلاپیا در جهان بوده و ٪۵۰ از کل تولید در این کشور حاصل می شود. پس از چین کشورهای مصر، فیلیپین، اندونزی و تایلند نیز جزء تولیدکنندگان بزرگ تیلاپیا بوده و اکثر تولیدات خود را به امریکا و ژاپن صادر می‌کنند. پرورش تیلاپیا درکشورهای عربستان، فلسطین اشغالی، اردن، سوریه، هند، بنگلادش و ویتنام نیز درحال توسعه می باشد. در فلسطین اشغالی پس از دهه ۶۰ بدنبال تحقیقات دانشمندان بویژه دورگ گیری ماهیان تیلاپیا و ایجاد جمعیت‌های ٪۱۰۰ نر، تیلاپیا یکی از گونه‌های اصلی پرورشی در این کشور است. برخلاف آسیا، در آفریقا تولید تیلاپیا بیشتر در محیط‌های آب لب‌شور صورت می گیرد (El-Sayed, 2006). پرورش تیلاپیا در جهان پس از کپورها در درجه دوم اهمیت قرار دارد (Watanabe *et al*., 2002). براساس آمار فائو، تولید سالیانه تیلاپیا به بیش از ۳ میلیون تن در سال ۲۰۱۰ بالغ شده است.

امروزه تکنیک‌ها و سیستم‌های موثر و پیشرفته‌ای جهت تکثیر و پرورش کنترل شده این ماهی، مانند صید دوره ای، کشت تک جنسی (monosex)، کشت در قفس (cage)، کشت متراکم، کنترل بیولوژیک و عقیم سازی، با هدف افزایش تولید و همچنین کاهش مخاطرات زیست محیطی ناشی از توسعه پرورش آن ابداع شده و مورد استفاده می‌باشد (Fortes, 2005).

## ۳-۱- سیستم های پرورش

گزینش سیستم های مناسب پرورش باید در هر منطقه بر اساس سه عامل تعیین کننده زمین، آب و انرژی مورد ارزیابی قرار گیرد. باتوجه به خصوصیات ویژه ماهی تیلاپیا ازجمله قدرت سازگاری و مقاومت زیاد، پرورش آن در سیستم‌های مختلف مانند استخرهای خاکی، حوضچه‌های بتنی (Rakocy & Mc Ginty, 1989)، کانال های آبرسان و حتی مراکز تصفیه فاضلاب توسعه یافته است. عمده ترین سیستم های معمول پرورش تیلاپیا عبارتند از: الف) پرورش در استخرهای خاکی : پرورش تیلاپیا در استخرهای خاکی روشی عمومی و متداول در پرورش تیلاپیا است. ب) پرورش در قفس و پن : باتوجه به حساسیت های زیست محیطی نسبت به ذخیره سازی مخلوط دوجنس، با درنظر گرفتن تمهیدات لازم این سیستم می تواند در بسیاری از مناطق دارای منابع عمومی آب در

کشور توسعه یابد. ج) پرورش در تانک ها و کانال های جریـان دار (http://www.aquaticcommunity.com/tilapia ; El-Sayed, 2006).

در نوآوری ها و روش های نوین پرورش تیلاپیا که در سال های اخیر مطرح شده اند، کاربرد گسترده تولید تیلاپیا در سیستم های آکواپونیک بویژه در مناطق خشک که دارای مشخصه کمبود آب شیرین و نرخ بالای تبخیر آب می باشند بسیار مطلوب بوده است (EL-Sayed, 2006).

## ۴-۱- پرورش متراکم

در مدیریت پرورش متراکم تیلاپیا لازم است تولیدکنندگان این موارد را در برنامه ریزی های مدیریت تولید مدنظر قراردهند: اطمینان از دستیابی ساده و همیشگی به منابع تخم، دردسترس بودن هزینه های لازم برای ساخت و حفاظت و اجراء سیستم، دردسترس بودن تکنولوژی، ابزارهای کنترلی و پرسنل با تجربه، آگاهی از اثرات زیست محیطی پرورش متراکم و ایجاد شرایط مطمئن مؤثر برای کاهش اثرات نامطلوب (El-Sayed, 2002).

پرورش تیلاپیا بطور گسترده پاسخگوی سیستم های نیمه متراکم در استخرهای خاکی بوده است. توسعه پرورش تیلاپیا در سراسر جهان به همراه کمبود آب شیرین جهت مصارف کشاورزی و شهری، بتدریج پرورش تیلاپیا را از روش های قدیمی نیمه متراکم به سوی سیستم های متراکم سوق داده است. تیلاپیاها نامزدهای ایده آلی برای پرورش متراکم می باشند که دلیل آن توانایی ماهیان تیلاپیا برای تحمل تراکم بالا و شرایط زیست محیطی متغیر، همراه با مقاومت بالای آنها در برابر استرس و بیماری است (Muir *et al*., 2000).

کشت متراکم تیلاپیا توسعه جهانی یافته است. پرورش متراکم تجاری در استخرها، تانک ها، آبراهه ها (raceway)، قفس (cage)، سیستم های بازگردشی و آکواپونیک صورت می گیرد. کیفیت آب شامل اکسیژن محلول، دما، شوری، آمونیاک، یا $NH_3$، pH، متابولیت های جامد حل شده و غیره، تغذیه و مواد غذایی و تراکم ذخیره سازی مهمترین عوامل تعیین کننده موفقیت یا عدم توفیق در پرورش متراکم تیلاپیا محسوب می شوند (EL-Sayed, 2006).

## ۵-۱- آکواپونیک

در مناطقی که توان کمتری برای تولید در مزارع دارند، تولید محصولات گیـاهی در سیسـتم هـای هیـدروپونیک صورت می گیرد. در این سیستم ها تولید گیاهان بدون کاربرد خاک و از طریق آبیاری با تأمین نوترینت هایی که گیاهان نیاز دارند، انجام می شود (El-Sayed, 2006). دریک سیستم هایدروپونیک محلول غذایی نهایی بـا مخلـوط کردن محلول کافی کودهای ذخیره در یک تانک بزرگ مخزن تنظیم می شـود تـا غلظـت مـورد نظـر از عناصـر غذایی مختلف بدست آید. محلول های ذخیره را می توان بصورت دستی به تانک اضافه کرد. محلول غـذایی در تانک مخزن باید پیوسته بصورت مکانیکی یا با هوادهی هم زده شود (عبدالکریم زاده، ۱۳۸۵).

سیستم آکواپونیک عبارت از ادغام سیستم هیدروپونیک با آبزی پروری در یک سیستم باز گردش است که فضولات و متابولیت های تولید شده توسط ماهیان پرورشی را از طریق نیتراسیون و جذب آنها توسط گیاهان خارج می کند. باکتری های موجود در ذرات غذایی و مرتبط با ریشه های گیاهی، نقش مهمی در انتقال نوترینتها ایفاء می کنند. بنابراین همزمان با جریان پساب آبزی پروری از سیستم هیدرو پونیک/آبزی پروری، گیاهان به عنوان یک فیلتر بیولوژیک با خروج فضولات ماهیان کیفیت آب محیط پرورش را بهبود می بخشند.

مهمترین عوامل توسعه و افزایش توجه به روش تولید آکواپونیک آن است که : آکواپونیک راه حلی برای افزایش تولید غذا و کاهش استفاده از زمین های زراعی است، اجراء این سیستم با هرنوع شرایط اقلیمی و در هر مکانی امکان پذیر است، کاربرد این روش در هر شرایط سبب افزایش تولید می شود، در سیستم آکواپونیک فضولات پرورش ماهی از محیط حذف می شود، ماهی کود لازم برای تولید گیاه را تولید می کند، و در سیستم بازگردش آب ذخیره شده و بدنبال آن اتلاف انرژی کاهش می یابد.

کاربرد این سیستم بویژه در کشورهای درحال توسعه با اقلیم های خشک که منابع محدود دارند و آب شیرین در آنها کمیاب بوده و جمعیت نیز رو به افزایش است بسیار مناسب است (El-Sayed, 2006; Karlsdottir, 2012).

### ۶-۱- پیشینه

تیلاپیای نیل *Oreochromis niloticus* یکی از اولین گونه‌های ماهیان پرورشی محسوب می شود. تیلاپیا در دهه ۱۹۴۰ میلادی برای نخستین بار در حوزه کارائیب معرفی گردید و متعاقباً به بیشتر نواحی آمریکای لاتین و ایالات متحده آمریکا راه یافت. تا سال ۲۰۰۲ بالغ بر یک صد کشور جهان از جمله اغلب کشورهای همسایه ایران اقدام به پرورش تیلاپیا نموده اند. در سال ۲۰۰۲، حدود ٪۷۹ تولید جهانی تیلاپیا مربوط به قاره آسیا بوده است (El-Sayed, 2006). تکثیر وپرورش تیلاپیا در ایران سابقه ندارد و از سال ۱۳۸۷ تاکنون درقالب طرح و پروژه‌های تحقیقاتی در مرکز تحقیقات ملی آبزیان آبهای شور دنبال می‌شود اما اهمیت این ماهی از گذشته مدنظر متخصصین علوم شیلاتی کشور بوده است (فریدپاک، ۱۳۶۳ و ۱۳۶۵).

در استان یزد فعالیت شیلاتی از سال ۱۳۶۸ آغاز شده است. باتوجه به محدودیت آب شیرین در استان و گسترش آب‌های زیرزمینی لب‌شور، اساس فعالیت‌های آبزی‌پروری مبتنی‌بر احداث استخرهای خاکی، استفاده‌از آب‌های شور زیرزمینی، و بکارگیری حجم وسیع آب در استخرهای خاکی به جای تعویض مداوم استخرهای بتنی بوده است (مدیریت شیلات استان یزد، ۱۳۷۷). شهرستان بافق در ۱۲۰ کیلومتری جنوب شرق شهرستان یزد در حاشیه قطعات کویری واقعی درانجیر و بهاباد ناحیه یزد قرار گرفته (کردوانی، ۱۳۸۶) و یکی از خشک ترین مناطق استان یزد می باشد. آب مورد مصرف در کشاورزی، شرب و صنعت در این منطقه آب های زیرزمینی است (مهندسین مشاور عمران کویر، ۱۳۷۶). فعالیت های آبزی‌پروری در شهرستان‌های استان یزد در آب‌های لب‌شور یا شیرین، و در استخرهای خاکی یا دومنظوره کشاورزی صورت می گیرد. بیش از یک دهه است که

آبزی‌پروری در استخرهای خاکی آب‌های لب‌شور زیرزمینی بافق با وسعت بیش از ۷۰ هکتار، در حاشیه شمالی رودخانه فصلی «شور» و ۲۰ کیلومتری شمال جاده بافق-یزد، در منطقه ای کویری به بهره برداری رسیده است. منبع زیرزمینی آب مورد استفاده در آبزی پروری در منطقه بافق و نبودن منابع آبی دائمی نظیر دریاچه یا رودخانه در منطقه، سبب شده مرکز تحقیقات ملی آبزیان واقع در بافق به عنوان سایت قرنطینه نگهداری گونه های غیربومی به‌شمار رود.

شایان ذکر است که بخش عمده فعالیت‌های آبزی‌پروری استان بویژه درآب های لب‌شور، تقریباً تنها به تولید ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در نیمه دوم سال محدود می‌شود. به همین دلیل از سال های گذشته تاکنون مطالعات متعددی در مورد معرفی گونه گرمابی مناسب با هدف توجیه اقتصادی کافی طرح‌های آبزی‌پروری در منطقه صورت گرفته‌است. دراین مورد می‌توان به مطالعات انجام شده درمورد پرورش کفال ماهیان (رنجبر، ۱۳۶۹)، میگوی آب شیرین *Macrobrachium rossenbergii* (فتاحی، ۱۳۸۰؛ نفیسی ۱۳۸۵) و میگوی سفید غربی *Litopenaeus vannamei* (مشائی، ۱۳۸۶)، و نیز بررسی‌های فیزیولوژیک ماهیان خاویاری (رجبی‌پور، ۱۳۸۵؛ Hedayati *et al*., 2008) و تولید غذای زنده (رجبی پور، ۱۳۸۷) در آب‌های لب‌شور زیرزمینی اشاره نمود.

پیگیری اجراء طرح تحقیقاتی تیلاپیا که از سال‌ها قبل در دستورکار مؤسسه تحقیقات شیلات ایران قرار داشت و تدارکات و مطالعات مقدماتی آن از سال‌های گذشته در ایستگاه بافق پیگیری می‌شد، منجربه ورود این ماهی در اواخر پاییز ۱۳۸۷ به مرکز تحقیقات ملی آبزیان آب های شور گردید. مطالعات تیلاپیا در این مرکز درقالب طرح «بررسی امکان معرفی تیلاپیا به صنعت تکثیروپرورش آب‌های داخلی مناطق مرکزی ایران» که مشتمل بر پروژه‌های مختلف است صورت گرفته و منجر به دستاوردهای چشمگیر و باارزشی شده است.

## ۷-۱- تاریخچه تحقیق

در ایستگاه آزمایشات کشاورزی دانشگاه ویرجین آیلند در ایالات متحده آمریکا تاریخچه طولانی تحقیقات آکواپونیک وجود دارد که در زمینه تولید تیلاپیا بیش از سه دهه قدمت دارد (Rakocy & Allison, 1981). نخستین دوره آموزشی پرورش تیلاپیا در سیستم آکواپونیک پس از حدود ۱۹ سال پژوهش در دانشگاه ویرجین آیلند، در سال ۱۹۹۹ برگزار شد و همزمان پژوهش ها ادامه یافت. این کنفرانس سالانه برگزار می شود و تاکنون فراگیران بیش از ۵۳ کشور جهان از جمله بسیاری از کشورهای آسیایی در آن آموزش دیده اند (Rakocy *et al*., 2011). تولید تیلاپیا در سیستم های آکواپونیک در نواحی دیگر جهان نیز گزارش شده است.

فناوری آکواپونیک اکنون در آسیا استفاده می شود و در بسیاری از مناطق امریکا، استرالیا، آمریکای مرکزی و کانادا تجربه شده است. همچنین در اروپا بسرعت درحال توسعه بوده و باهدف تولید محلی و روستایی توصیه می شود و در خانه ها قابلیت اجراء دارد. همکاری نزدیک بین ایالات متحده، کانادا و کشورهای اروپایی باهدف تقویت و ادامه اجراء سیستم آکواپونیک در کشورهای شمالی کره زمین وجود دارد (Karlsdottir, 2012).

تولید آبزیان گرمابی ازنظر تولید غذا براساس رشد سریع، هزینه کم تولید و خطر پذیری نسبتاً کم اهمیت دارد. این موارد اساس تولید ماهیان پرورشی بوده و بسرعت در آسیا گسترش یافته است. در اروپا نیاز شدیدی به افزایش تولید ماهیان گرمابی وجود دارد و ازآنجاکه سیستم های تلفیقی آبزی پروری هنوز عمومیت نیافته، باید گونه هایی از ماهیان که رشد سریع داشته و به سرعت به اندازه بازاری می رسند و نیاز غذایی آنها کم است درنظر گرفته شوند. درعین حال استفاده از انرژی های زمین گرمایی (ژئوترمال) برای پرورش آبزیان گرمابی چشم انداز جدیدی برای پرورش آبزیان گشوده است (Karlsdottir, 2012).

انجام تحقیقات گسترده و همچنین توسعه روزافزون پرورش ماهی تیلاپیا حاکی از توفیق متخصصان آبزی‌پروری در بهره‌برداری از آن به عنوان یک گونه مناسب پرورشی بویژه در کشورهای درحال توسعه و کم درآمد جهان است. نتایج پژوهش های انجام شده در قالب طرح و پروژه های تحقیقاتی در مرکز تحقیقات ملی آبزیان آبهای شور در سال های اخیر نیز منجربه حصول بیوتکنیک جنبه های مختلف تکثیر و پرورش تیلاپیا شده است (بیطرف، ۱۳۹۱؛ رجبی پور، ۱۳۹۱؛ سرسنگی، ۱۳۹۱؛ محمدی، ۱۳۹۱؛ مشائی، ۱۳۹۱).

تولید تیلاپیا در سیستم آکواپونیک در ایران سابقه ندارد و برای نخستین بار صورت می گیرد. با اجراء این تحقیق و حصول نتایج مطمئن می‌توان با ارائه الگوها و سیستم‌های مناسب پرورش، تولید کنترل شده تیلاپیا را گسترش داد و ازاین طریق ضمن استفاده بهینه از منابع آب، به افزایش بهره وری کشاورزی و ایجاد اشتغال و عمران مناطق کویری کمک شایانی نمود. همچنین بدلیل اهمیت سلامت و بهداشت مواد غذایی و محصولات کشاورزی و شیلاتی، تولید محصولات ارگانیک در سیستم آکواپونیک می تواند روش مناسبی برای دستیابی به این هدف باشد.

## ۲- مواد و روش ها

در این مطالعه پرورش توأم گیاهان و ماهی تیلاپیا در یک سیستم آکواپونیک طی دو دوره در سال های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ (دوره های اول و دوم) صورت گرفت. کلیه مراحل اجراء این پروژه در کارگاه پژوهشی شماره ۴ مرکز تحقیقات ملی آبزیان آبهای شور –واقع در حومه شهرستان بافق استان یزد- انجام شد.

### ۲-۱- سیستم تولید

در دوره اول به منظور آماده سازی شرایط پرورش تیلاپیا در سیستم آکواپونیک، در یک فضای گلخانه ای به وسعت ۱۰۰ مترمربع، تعداد ۲ تانک گرد ۳ مترمکعبی با حجم مفید آبگیری ۲ مترمکعب قرار داده شد. ۱۲ محیط کشت گیاه مکعب مستطیل شکل با حجم تقریبی دویست لیتر (۴۷*۱۶*۲۶۰ سانتیمتر) در بالای تانک های پرورش ماهی جهت پذیرش آب از تانک ها قرار گرفت. نسبت فضای کشت گیاه به آبزی پروری ۱ به ۱ بود. منبع تأمین آب، آب شرب با شوری ۰.۱ppt بود که جهت کلرزدایی به مدت ۲۴ ساعت در تانک های آرامش ذخیره شد. آب شیرین توسط یک پمپ ۱۰۵ واتی با توان یک چهارم اسب بخار (Grundfos 180) از تانک های پرورش ماهی به ظروف کشت گیاهی هدایت شد. این ظروف با شیب مختصری مستقر شدند و در کف آنها منافذی برای هدایت آب اضافی به تانک ماهیان بصورت ثقلی فراهم گردید. آب خروجی بصورت ثقلی به حوضچه های پرورش منتقل شد و آب به میزان حدود ۰.۰۱ درصد در روز جایگزین گردید. برروی محیط های کشت گیاهان نوار آب برای آبیاری قطره ای بطور مساوی مهیا شد. جهت تأمین گردش آب، انتهای هر نوار در تانک ماهی قرار گرفت و به منظور برقراری جریان بسته آب، لوله و اتصالات پیش بینی گردید. برای تأمین اکسیژن، از سنگ هوای ۱۴ لیتر بردقیقه استفاده شد. به منظور برقراری تعادل و ثبات در محیط، سیستم یک هفته در همین شرایط فعال گردید (Rakocy *et al*., 2004; Rakocy *et al*., 1997).

بدلیل اهمیت حفظ کیفیت آب، هر دوهفته یکبار عوامل آب شامل دما، شوری، اکسیژن محلول و pH با استفاده از سیستم های سنجش WTW ویژه این عوامل ثبت گردید. همچنین آمونیوم، نیتریت و نیترات توسط کیت های سنجش به کمک اسپکتروفتومتر WTW (S12) و آلکالینیتی توسط کیت سنجش $CaCO_3$ اندازه گیری شدند.

در دوره دوم سیستم تصفیه ذرات معلق آب به مجموعه افزوده شد. برای این منظور آب خروجی تانک های پرورش ماهی وارد یک تانک پلی اتیلن ۳۰۰ لیتری واجد مدیا از جنس توری پلی اتیلنی و قطعات یونولیتی گردید. آب این تانک به مجموعه ظروف پرورش گیاهان پمپ می شد با احتساب مجموع ظروف کشت مکعب مستطیلی ۲۰۰ لیتری و سیستم نوترینت فیلم، نسبت فضای کشت گیاه به آبزی پروری بصورت ۱ به ۱ حفظ شد. برای راه اندازی سیستم فیلم نوترینت، از لوله های PVC به قطر ۱۱۰ میلیمتر استفاده شد. در بدنه این لوله ها سوراخ های دایره ای شکل به منظور استقرار لیوان های یک بار مصرف جهت کشت گیاهان ایجاد گردید. جریان آب در این لوله ها به نحوی تنظیم شد که ارتفاع آب در لوله ها در اوایل دوره کشت گیاهان و قبل از

ایجاد ریشه تا حدود لبه منافذ، و پس از آن در ارتفاع حدود ۵ سانتیمتر بود. دیگر ویژگی های سیستم تولید مشابه دوره اول در نظر گرفته شد.

برای جلوگیری از کاهش دمای آب در فصل سرد از یک دستگاه هیتر گلخانه ای در فضای کارگاه استفاده شد. دمای هوای کارگاه توسط دماسنج حداقل-حداکثر ثبت گردید. برای کنترل pH آب، محلول KOH بکار رفت.

## ۲-۲- پرورش ماهی

برای ذخیره سازی ماهیان، از بچه ماهیانی که در کارگاه تکثیر مرکز تحقیقات ملی آبزیان آبهای شور تکثیر و تک جنس سازی شده بودند استفاده شد.

در دوره اول، ذخیره سازی ماهیان تیلاپیا در ۲۴ مهرماه انجام گرفت. ماهیان تیلاپیای قرمز و سیاه در دو تانک مجزا که ویژگی های آن در بالا ذکر شده ذخیره شدند. ذخیره سازی در آغاز به نسبت ۳۳٪ تراکم با ۳۰ قطعه ماهی درهرتانک و ذخیره سازی های بعدی به فواصل چند روز تا رسیدن به تراکم ۱۵ قطعه بر مترمکعب انجام شد. دوره پرورش تا ۱۸ اسفند ۹۲ ادامه یافت.

ذخیره سازی ماهیان در دوره دوم، در شهریورماه ۱۳۹۲ صورت گرفت. در این دوره در هریک از دو تانک پرورش ماهی، ماهیان تیلاپیای سیاه با تراکم ۴۰ قطعه بر مترمکعب -هرتانک ۱۰۰ قطعه- ذخیره سازی شدند. دوره پرورش تا نیمه اردیبهشت ۱۳۹۳ ادامه یافت.

ماهیان پرورشی بااستفاده از غذای پلیت واجد ۳۵٪ پروتیئن تاحد سیری سه نوبت در روز تغذیه شدند و وزن غذای مصرفی ثبت گردید. شایان ذکر است آب تانک های پرورش ماهی بدلیل استفاده از کوکوپیت در بستر کشت گیاهان تغییر رنگ داد و تیرگی آب کنترل فعالیت ها و رفتار ماهیان را تاحدودی محدود می نمود.

زیست سنجی ماهیان در ابتدا و انتهای دوره پرورش صورت گرفت و ماهیان پرورش یافته شمارش شدند. اندازه طول کل هر ماهی برحسب سانتیمتر و وزن بدن برحسب گرم توسط ترازوی دیجیتال AND با دقت ۰.۱g اندازه گیری شد. همچنین وزن کل ماهیان پرورشی هر تانک با ترازوی دیجیتال اندازه گیری شد.

ضریب تبدیل غذایی باتوجه به وزن غذای مصرفی و افزایش وزن ماهیان پرورشی در طول دوره محاسبه گردید (Guillaume *et al.*, 1999).

## ۲-۳- کشت گیاهان

در سیستم آکواپونیک کشت گیاهان به سه روش نوترینت فیلم، ورقه های شناور و بسترهای رشد اجراء می شود (Karlsdottir, 2012). در مطالعه حاضر، در دوره اول سیستم های ورقه های شناور و بسترهای رشد مهیا و در دوره دوم روش نوترینت فیلم نیز علاوه بر دو روش دیگر تجربه گردید.

بستر کشت گیاهان شامل مخلوط ۸۰٪ کوکوپیت و ۲۰٪ پرلیت بود. در کشت شناور جهت حفظ تعادل گیاهان از قطعات یونولیت به ضخامت ۳ سانتیمتر استفاده شد. این ورقه ها بر روی وان های حاوی آب قرار گرفتند. هیچ نوع کوددهی یا سم پاشی در طی دوره تولید صورت نگرفت. (Rakocy *et al*., 2004; Rakocy *et al*., 1997). درمحیط های کشت گیاهی از بذر ریحان (و ریحان بنفش)، کاهو، خیار، گوجه فرنگی، فلفل قلمی و کدو حلوایی استفاده شد. کشت گیاهان تا اواخر زمستان ۹۱ ادامه یافت.

در دوره دوم علاوه بر دو روش فوق، کشت گیاهان بر روی فیلم نوترینت نبز صورت گرفت. در این روش بستر کشت لایه نازک آب بازگشتی از تانک های پرورش ماهی واجد مواد مغذی است که در لوله های PVC جریان دارد (Karlsdottir, 2012). در این دوره ریحان (و ریحان بنفش)، نعناع، کلم سنگ، خیار، گوجه فرنگی، فلفل قلمی، فلفل دلمه ای، بادمجان، بامیه، هندوانه، برنج کشت شدند. کشت گیاهان تا نیمه اردیبهشت ۹۳ ادامه یافت.

جهت کشت روی صفحات شناور و فیلم نوترینت، بذر گیاهان در داخل لیوان یک بار مصرف که در ته آن سوراخی تعبیه شده و حاوی اندکی کوکوپیت بود کشت شدند. لیوان های حاوی محیط کشت در سوراخ های دایره ای شکلی که روی قطعات یونولیت یا لوله های PVC ایجاد شده بود قرار گرفت.

تراکم بوته های کشت شده در واحد سطح برای هرنوع گیاه ثبت شد. باتوجه به تفاوت های بین زمان گلدهی و رسیدگی محصول در بین گیاهان مختلف مورد بررسی در شرایط ثابت کارگاه، دوره کشت و محصول دهی آنها و دوره برداشت در طول مدت اجراء طرح متفاوت بود. برداشت محصولات گیاهی هربار پس از رسیدگی محصول انجام گرفت و مقدار آن با ترازوی دیجیتال AND با دقت ۰.۱g اندازه گیری شد.

## ۳- نتایج

حداقل دمای هوای کارگاه در طول دوره پرورش در دی ماه ثبت شد. درطی دوره اول بررسی، دمای آب تانکهای پرورش ماهی درمحدوده ۲۶°C-۱۷، اکسیژن محلول درمحدوده ۷.۶۱mg/lit-۶.۸۷ و pH درمحدوده ۷.۶۵-۷.۲۲ تغییر کرد. بالاترین مقادیر ثبت شده یون آمونیوم، نیتریت و نیترات بترتیب ۰.۸۹، ۰.۹۷ و ۹ میلیگرم برلیتر بود (جدول ۱).

**جدول ۱. محدوده تغییرات دوهفتگی دمای هوا و برخی عوامل آب در تانک های پرورش ماهی، نیمه دوم سال ۱۳۹۱**

| | حداقل دمای هوا (°C) | حداکثر دمای هوا (°C) | دمای آب (°C) | pH | اکسیژن محلول (mg/lit) | NH4+ (mg/lit) | NO2 (mg/lit) | NO3 (mg/lit) | آلکالینیتی (mg/lit) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نیمه اول مهر | ۱۶ | ۳۶-۳۷ | ۲۴ | ۷.۱۲-۷.۳۸ | ۶.۴ | ۰.۰۶ | ۰.۱۲ | ۷ | |
| نیمه دوم مهر | ۱۶-۱۷ | ۳۷ | ۲۵-۲۶ | ۷.۴۲-۷.۵ | ۶.۳۸ | ۰.۰۵ | ۰.۱۲ | ۷-۷.۲ | ۱۲۰ |
| نیمه اول آبان | ۱۶-۱۷ | ۳۶-۳۷ | ۲۵ | ۷.۲۲-۷.۴۱ | ۶.۹۴ | ۰.۱۴-۰.۴ | ۰.۱۳-۰.۱۵ | ۶.۲-۶.۴ | |
| نیمه دوم آبان | ۱۵-۱۸ | ۳۱-۳۵ | ۲۵ | ۷.۳۱-۷.۵۱ | ۶.۸۳ | ۰.۲۲-۰.۳۶ | ۰.۱۳ | ۵.۷-۷.۴ | ۱۲۰ |
| نیمه اول آذر | ۱۵ | ۲۶-۲۷ | ۲۰-۲۱ | ۷.۵۵-۷.۶۱ | ۷.۴۱ | ۰.۴۶-۰.۷۳ | ۰.۱۶-۰.۴ | ۶.۱-۶.۹ | ۱۲۰ |
| نیمه دوم آذر | ۱۲-۱۵ | ۲۶-۲۷ | ۲۰-۲۱ | ۷.۵۴-۷.۶۱ | ۷.۶۱ | ۰.۲۹-۰.۸۹ | ۰.۵۳-۰.۶۳ | ۵.۲-۵.۸ | ۱۲۰ |
| نیمه اول دی | ۱۱ | ۲۵ | ۲۰ | ۷.۵۵ | ۷.۸۱ | ۰.۳۱ | ۰.۷۵ | ۷.۱ | ۱۴۰ |
| نیمه دوم دی | ۹-۱۲ | ۲۴-۲۶ | ۱۷-۱۷.۵ | ۷.۴۳-۷.۶۱ | ۷.۴۲ | ۰.۲۲-۰.۳ | ۰.۱۹-۰.۳۶ | ۵.۸-۷.۶ | ۱۰۰ |
| نیمه اول بهمن | ۱۴ | ۲۵ | ۱۹ | ۷.۳۵-۷.۳۶ | ۷.۲۱ | ۰.۲۹-۰.۵۷ | ۰.۱۳-۰.۲۷ | ۵.۸ | ۱۲۰ |
| نیمه دوم بهمن | ۱۴ | ۲۶-۲۸ | ۲۰ | ۷.۳۷-۷.۴۶ | ۶.۹۱ | ۰.۳-۰.۳۴ | ۰.۱۴-۰.۱۷ | ۵.۸-۵.۶ | ۶۰ |
| نیمه اول اسفند | ۱۷ | ۳۶ | ۲۱-۲۲ | ۷.۳۶-۷.۵ | ۶.۸۷ | ۰.۳-۰.۳۷ | ۰.۱۴-۰.۱۷ | | |
| نیمه دوم اسفند | | | ۲۵ | ۷.۵۹ | ۶.۱۴ | ۰.۳۴ | ۰.۱۵ | ۴.۹ | |

در دوره دوم باتوجه به تجهیز کارگاه به هیتر گلخانه ای و راه اندازی تانک تصفیه آب در مجموعه آکواپونیک، کمینه و بیشینه دمای هوا بترتیب درمحدوده ۲۱-۱۵ و ۳۵-۲۴ درجه سانتیگراد تغییر کرد که کمترین مقادیر در دی ماه ثبت شد. دمای آب درمحدوده ۲۶-۲۴ درجه سانتیگراد و pH درمحدوده ۷.۶۵-۷.۲۲ حفظ شد.

در دوره اول بررسی، میانگین وزن ماهیان تیلاپیای سیاه و قرمز ذخیره سازی شده دو تانک در ابتدای دوره پرورش بترتیب ۵.۳±۶۶.۱ و ۳.۹±۴۸.۲ گرم بدست آمد. در پایان دوره پرورش که حدود ۵ ماه به طول انجامید بازماندگی ماهیان تیلاپیای سیاه و قرمز بترتیب ۹۵ و ۹۰ درصد بود. در زمان برداشت میانگین وزن ماهیان تیلاپیای سیاه و قرمز صید شده بترتیب ۲۶.۲±۳۰۱.۵ و ۲۲.۶± ۲۶۰.۹ بود. مقدار تولید در واحد حجم ماهیان تیلاپیای سیاه و قرمز بترتیب ۵.۶ و ۴.۷ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد.

در دومین دوره بررسی، میانگین وزن ماهیان تیلاپیای سیاه ذخیره سازی شده در دو تانک در ابتدای دوره پرورش بترتیب ۵.۸±۶.۲ و ۴.۶±۵.۹ گرم بدست آمد. در پایان دوره پرورش که حدود ۹ ماه طول کشید بازماندگی برابر با ۹۸ و ۱۰۰ درصد بود. در زمان برداشت در انتهای دوره پرورش، ماهیان هریک از دوتانک از نظر اندازه به دو دسته کاملاً مجزا قابل دسته بندی بودند. در یک تانک میانگین وزن ماهیان این دو دسته ۲۵۲.۰۸±۶۵۸.۰۳ گرم (درمحدوده ۴۶۷.۵-۹۲۰.۴ گرم، شامل ۶۶ درصد ماهیان پرورشی) و ۵.۳۲±۳۱.۲۴

(درمحدوده ۳۶-۲۰ گرم، شامل ۳۴ درصد ماهیان پرورشی) بود. در تانک دیگر میانگین وزن یک دسته از ماهیان ۱۷۰.۱۱±۵۹۶.۱۵ گرم (درمحدوده ۳۶-۲۴.۲ گرم، شامل ۸۶ درصد ماهیان پرورشی) و دسته دیگر ۳.۴۵±۳۱.۲۶ گرم (درمحدوده ۹۱۰.۷-۴۱۶.۴ گرم، شامل ۱۴ درصد ماهیان پرورشی) بود. ضریب تبدیل غذایی ۱.۴ و ۱.۶، و مقدار تولیددرواحد حجم ماهیان پرورشی بترتیب ۱۷.۲ و ۱۸.۹۶ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد.

در دوره اول، از دو روش کشت به کار رفته شامل صفحات شناور و بسترهای رشد، نتایج حاصل از کشت برروی صفحات شناور مطلوب نبود و نتایج کشت برروی بستر کوکوپیت ارائه می گردد (با اصلاح و تکمیل سیستم در دوره دوم بررسی،نتایج مطلوبی ازکشت روی صفحات شناور حاصل شدکه نتایج آن ارائه شده است).

باتوجه به تعداد بوته های کشت شده در این دوره و سطح زیرکشت هر محصول گیاهی، تراکم بوته های گیاهان در هر مترمربع برای کاهو، خیار، گوجه فرنگی، فلفل قلمی و کدو حلوایی بترتیب ۱۰، ۸، ۳.۲، ۸.۵ و ۱ بوته بود. ریحان و نعناع بصورت متراکم کشت شدند.

کشت ریحان، کاهو، خیار، گوجه فرنگی و فلفل قلمی دردوره اول منجربه تولید محصول شد (جدول ۲). بوته های کدو حلوایی به رغم رشد قابل توجه و گلدهی فراوان، تعداد معدودی کدوی قابل برداشت به وزن مجموع ۱۸۳۶ گرم تولید کردند. گل های کدو حلوایی چند روز پس ازشکوفایی یا مدت کوتاهی پس از رشد کدوها تا وزن ۱۰۰-۵۰ گرم می افتادند.

**جدول ۲. نتایج حاصل از کشت محصولات گلخانه ای در شرایط آکواپونیک، ۱۳۹۱**

| | | کاهو | خیار | ریحان | فلفل قلمی | گوجه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | زمان کشت | ۱۳.۷.۹۱ | ۱۵.۷.۹۱ | ۱۳.۷.۹۱ | ۱۸.۹۱ | ۷.۱۰.۹۱ |
| | تراکم | ۱۰ | ۸ | متراکم | ۸.۳ | ۳.۲ |
| | فاصله اولین برداشت از زمان کشت (روز) | ۴۰ | ۵۶ | ۲۹ | ۵۵ | ۶۰ |
| | دوره برداشت (ماه) | ۳.۵ | ۳ | ۳ | ۳ | ۱ |
| میزان برداشت (گرم) | نیمه اول آبان | | | ۱۲۹ | | |
| | نیمه دوم آبان | ۴۱۲ | | ۹۲ | | |
| | نیمه اول آذر | ۲۰۰ | ۳۶۹ | ۳۲۵ | | |
| | نیمه دوم آذر | ۲۰۰ | ۹۱۶۰ | ۶۲۰ | | |
| | نیمه اول دی | ۴۱۵۰ | ۷۱۹۳ | | ۱۴ | |
| | نیمه دوم دی | ۴۱۶۰ | ۱۶۸۶ | | ۷۰.۵ | |
| | نیمه اول بهمن | ۴۶۰ | ۷۸۷ | ۱۳۸۰ | ۳۱ | |
| | نیمه دوم بهمن | ۲۰۰۰ | ۱۰۰۵ | ۱۱۵۰ | ۶۵ | |
| | نیمه اول اسفند | | | | ۱۵ | ۱۹۵۸ |
| | نیمه دوم اسفند | | | | ۵۴ | ۳۱۰۷ |
| | مجموع | ۱۱۵۸۲ | ۲۰۲۰۰ | ۳۶۹۶ | ۲۴۹.۵ | ۵۰۶۵ |
| | تولیددرواحدسطح (گرم) | ۴۶۳۳ | ۸۰۸۰ | ۱۴۷۸ | ۴۱۶ | ۲۰۲۶ |

باتوجه به تعداد بوته های کشت شده و سطح زیرکشت هر محصول گیاهی، تراکم بوته های گیاهان در هر مترمربع برای خیار، گوجه فرنگی، فلفل قلمی و بادمجان بترتیب ۱۰، ۷، ۴ و ۱۰ بوته بود. کشت ریحان و نعناع بصورت متراکم صورت گرفت.

در بین گیاهان کشت شده در دوره دوم مطالعه گوجه فرنگی، خیار، ریحان، نعناع، فلفل قلمی و بادمجان محصول قابل توجهی تولید کردند (جدول ۳).

**جدول ۳. نتایج حاصل از کشت محصولات گلخانه ای در شرایط آکواپونیک، ۱۳۹۲**

| | | گوجه | خیار | ریحان | فلفل قلمی | نعناع | بادمجان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | زمان کشت | ۲۰.۷.۹۲ | ۱۲.۷.۹۲ | ۱۲.۸.۹۲ | ۲۰.۷.۹۲ | ۱۲.۸.۹۲ | ۱۲.۶.۹۲ |
| | تراکم | ۷ | ۱۰ | متراکم | ۴ | متراکم | ۱۰ |
| | مدت اولین برداشت | ۷۴ | ۵۰ | ۳۵ | | ۳۵ | |
| | دوره برداشت (ماه) | ۳.۵ | ۴ | ۵ | ۵ | ۴.۵ | ۲ |
| میزان برداشت (گرم) | نیمه اول آذر | | ۴۳۵۰ | | | | |
| | نیمه دوم آذر | | ۹۷۰۰ | ۴۵۰ | ۳۰۰ | ۴۰۰ | |
| | نیمه اول دی | | ۳۲۱۰ | ۴۹۰ | ۲۱۰ | ۴۵۰ | |
| | نیمه دوم دی | | ۵۸۰۰ | ۵۹۵ | ۲۲۰ | ۵۲۰ | |
| | نیمه اول بهمن | ۱۶۷۰ | ۲۰۵۰ | ۵۶۵ | ۲۶۰ | ۵۹۰ | |
| | نیمه دوم بهمن | ۵۱۰ | ۲۱۱۰ | ۵۸۰ | ۳۰۰ | ۱۰۹ | |
| | نیمه اول اسفند | ۳۲۰۰ | ۱۰۶۷۰ | ۵۹۰ | ۲۶۰ | ۶۹۵ | |
| | نیمه دوم اسفند | ۱۱۵۰ | ۱۹۳۰ | ۶۰۰ | ۲۳۰ | ۲۲۰۰ | ۵۵ |
| | نیمه اول فروردین | ۳۴۰۰ | | ۵۸۲ | ۳۹۰ | ۴۳۰۰ | ۹۵۰ |
| | نیمه دوم فروردین | ۹۱۰۰ | | ۴۹۰ | ۲۷۵ | ۹۶۰ | |
| | نیمه اول اردیبهشت | ۱۳۸۳۰ | | ۱۰۰ | ۳۱۵ | | ۱۰۰۵ |
| | مجموع | ۳۲۸۶۰ | ۳۹۸۲۰ | ۵۰۲۴ | ۲۷۶۰ | ۱۰۲۲۴ | ۲۰۱۰ |
| | تولیددرواحدسطح (گرم) | ۱۱۹۴۹ | ۱۵۹۲۸ | ۴۰۱۹ | ۵۵۲۰ | ۵۱۱۲ | ۲۰۱۰ |

کشت کلم سنگ بر روی بستر کوکوپیت تنها منجر به تولید برگ های اولیه بدون محصول خاصی گردید درحالیکه برروی ورقه های شناور تعداد معدودی محصول کلم سنگ تولید شد. بوته های بامیه در کشت های مختلف گلدهی کردند و برروی فیلم نوترینت محصول بامیه تولید شد که کیفیت مناسبی نداشت. بوته های هندوانه برروی صفحات شناور تا مرحله گلدهی رسید اما منجربه تولید میوه نشد. نشاهای برنج در هرسه محیط

کشت تا حدود ۱۰ سانتیمتر رشد کردند اما بتدریج زرد و پژمرده شدند. بوته های فلفل دلمه ای تنها برروی صفحات شناور تنها تعداد معدودی فلفل تولید کردند.

باتوجه به این که کشت گیاهان به روش های مختلف در سیستم آکواپونیک صورت گرفت، در جدول ۴ روشی که منجربه نتیجه مطلوب تر برای هریک از گیاهان کشت شده گردید، مشخص شده است.

**جدول ۴. روش های بکار رفته برای کشت گیاهان در سیستم آکواپونیک**

**منجربه تولید مطلوب (✹) یا نامطلوب (*) محصول**

| روش کشت | ریحان | نعناع | کاهو | کلم سنگ | گوجه | خیار | فلفل قلمی | فلفل دلمه ای | بادمجان | بامیه | کدو حلوایی | هندوانه | برنج |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بستر کشت | * | * | ✹ | * | ✹ | ✹ | ✹ | * | * | * | ✹ | * | * |
| صفحات شناور | ✹ | ✹ | * | ✹ | ✹ | * | ✹ | ✹ | ✹ | * | * | * | * |
| فیلم نوترینت | ✹ | ✹ | * | * | * | * | * | * | ✹ | ✹ | * | * | * |

## ۴-بحث و نتیجه گیری

محدودیت ذخایر طبیعی آبزیان و عدم دسترسی مناسب به این ذخایر در بسیاری از نقاط جهان، دلیل عمده تأکید بر توسعه آبزی پروری و بهینه سازی روش ها و فناوری های مرتبط با این مقوله می باشد. آبزی پروری یکی از مهمترین و اقتصادی ترین روش های تولید پروتیین برای رفع نیازهای تغذیه ای جوامع انسانی است.

در سال‌های اخیر توسعه آبزی‌پروری در آب های داخلی کشور مورد توجه قرار گرفته است. یکی از مهمترین ویژگی های تیلاپیا به عنوان آبزی ارزشمند شیلاتی، امکان پرورش و تولید آن در سیستم های مختلف است.

تیلاپیا از گذشته در سیستم های دور از دریا مانند استخر خاکی، تانک های بتونی و حتی آبراهه ها تولید شده اما محدودیت ذخایر منابع آب شیرین در رقابت برای مصارف کشاورزی، صنعتی و شرب خصوصاً در مناطق خشک، افزایش قیمت زمین، تغییرات آب و هوایی که بر مدیریت تولید ماهی مؤثر است و ملاحظات زیست محیطی، سبب شده استفاده از سیستم های بازگردش برای پرورش تیلاپیا بطور جدی مورد استفاده قرار گیرد (El-Sayed, 2006).

سیستم های پرورش بسته یا بازگردشی با حداقل تخلیه پساب و استفاده مجدد از آب مناسب ترین راه بهره وری بهینه از آب می باشند. برای حفظ کیفیت آب پرورش ماهی در این سیستم ها فرآیندهای خروج فضولات جامد و متابولیت ها (مانند دی اکسید کربن، آمونیاک و نیتریت)، استریلیزه کردن و هوادهی پیش بینی می شود. در این مجموعه تانک های حذف جامدات، فیلترهای مکانیکی یا بیولوژیک برای حذف ترکیبات نیتروژنی، نور فرابنفش برای استریل کردن، و کمپرسور هواده منابع اکسیژن وجود دارند ( Losordo *et al*., 1999; Muir *et al*., 2000). پرورش تیلاپیا نیز در سیستم های گردشی غیرتلفیقی در سراسر دنیا گسترش یافته مخصوصاً در مناطقی که با کمبود آب شیرین یا شرایط سخت آب و هوایی مواجه هستند (Muir *et al*., 2000). باید توجه داشت که سیستم های گردشی پرهزینه و از نظر فنی پیچیده هستند و برنامه ریزی اجراء آنها بویژه در کشورهای درحال توسعه باید با تحلیل سود و هزینه صورت گیرد (El-Sayed, 2006).

بدین ترتیب گرایش به استفاده ازسیستمهای آکواپونیک که نسبت به سیستمهای بازگردش معمول پرورش تیلاپیا عمدتاً بدلیل سادگی سیستم، هزینه های کم و تنوع محصولات مزیت دارند، افزایش یافته است. تولید در سیستم آکواپونیک پیشنهاد مناسبی برای مناطق خشک و دارای زمین های زراعی محدود است (Rakocy *et al*., 2011).

عمده ترین فواید سیستم های آکواپونیک عبارتند از اینکه : فضولات یک سیستم به عنوان مواد ورودی یا سوخت برای دیگر سیستم های بیولوژیک استفاده می شوند، تلفیق پرورش ماهیان و گیاهان، تنوع آنها را افزایش داده و ثبات و پایداری سیستم را بهبود می بخشد، کاهش حجم پساب تخلیه شده در محیط سبب کاهش اثرات منفی زیست محیطی از طریق تصفیه آب و انتقال نوترینت ها از آب قبل از خروج از سیستم می گردد، تعویض آب به حداقل رسیده و هزینه های اجرایی کاهش می یابد، ورود محصولات آلی به بازار باعث افزایش درآمد پرورش دهندگان شده و از اقتصاد محلی حمایت می کند، تولید دو یا چند محصول غذایی از یک واحد تولیدی

امکان پذیر می شود، در نواحی خشک که آب کمیاب است، آکواپونیک یک تکنولوژی مناسب است که تولید مواد غذایی را با استفاده مجدد از آب امکان پذیر می سازد، سیستم ساده و کم هزینه بوده و پذیرش آن ساده است. بنابراین آکواپونیک یک تکنولوژی تولید مواد غذایی پایدار است.

ازسوی دیگر کارآیی مصرف آب در بخش کشاورزی پایین و حدود ۳۷-۳۰ درصد است. طبق گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس، بازده تولیدخام و خشک محصولات کشاورزی ایران به ازاء هر مترمکعب آب تخصیص یافته فقط ۰.۵ کیلوگرم است (سامانی، ۱۳۸۴).

در سال های اخیر تولید محصولات کشاورزی در شرایط گلخانه ای در کشور مورد توجه قرار گرفته که عمدتاً به دلیل محدودیت منابع آب، لزوم افزایش بهره وری در منابع آب کشاورزی، افزایش تولید درواحد سطح و امکان دسترسی به برخی محصولات درسراسر سال است. بعلاوه تفاوت قابل توجه میزان تولید درواحدسطح محصولات گلخانه ای مختلف در مقایسه با فضای باز، توجه برنامه ریزی ها، مدیریت های کشاورزی و تولیدکنندگان را به این روش معطوف کرده است. بررسی ها نشان داده که در ایران در شرایط کشت گلخانه ای محصول خیار ۲۹۰-۱۲۰ تن، گوجه فرنگی ۴۰۰-۳۰۰ تن و فلفل ۳۰۰-۲۳۰ تن برهکتار برداشت می شوند درحالیکه فقط ۱۵-۱۰ هزار مترمکعب آب در هکتار برای تولید این محصولات در گلخانه ها مصرف می شود. در فضای باز و مزرعه برای تولید محصولات مذکور حداقل ۱۸ هزار متر مکعب آب مورد نیاز است و تولید نیز به ۲۵ تن برهکتار نمی رسد.

در جدول ۵ میزان تولیددرواحد سطح برخی محصولات گیاهی در شرایط کشت در خاک و کشت بدون استفاده از خاک در سیستم هیدروپونیک مقایسه شده اند.

در یک سیستم آکواپونیک می توان در سطحی به وسعت ۰.۰۵ هکتار، ۵ تن تیلاپیا و ۱۳-۵ تن سبزیجات برگی تولید کرد (Rakocy *et al.*, 2011). باتوجه به سیاست های بخش کشاورزی کشور وگسترش کشت های گلخانه ای و به منظور تحقق اهداف پیش بینی شده برای توسعه این صنعت نوپا، نیازمند افزایش کارایی مصرف آب در گلخانه ها می باشیم. نتایج بررسی های انجام شده حاکی از آن است که شاخص کارایی مصرف آب تولیدات گلخانه ای کشور در مقایسه با کشورهای پیشرو در این صنعت نظیر هلند و حتی کشورهای درحال رشد منطقه مانند ترکیه و مصر پایین بوده و رضایت بخش نیست (دهقانی سانیج و همکاران، ۱۳۸۶). این موارد شواهدی بر اهمیت کاربرد سیستم آکواپونیک با هدف بهره برداری بهینه از آب، عدم نیاز به خاک کشاورزی، تولید توأم همراه با با افزایش تولید در واحد سطح آبزیان پرورشی و محصولات گلخانه ای ارگانیک هستند.

**جدول ۵. مقایسه تولید درواحد سطح برخی محصولات گیاهی در شرایط کشت در خاک و کشت هیدروپونیک (Pantanella & Colla, 2013)**

| محصول | کشت در خاک (تن/هکتار) | کشت بدون خاک (تن/هکتار) |
|---|---|---|
| سویا | ۰.۷ | ۱.۸ |
| لوبیا | ۱۲.۵ | ۵۲.۵ |
| نخود | ۲.۵ | ۲۲.۵ |
| گندم | ۰.۷ | ۴.۶ |
| برنج | ۰ | ۵.۷ |
| جو دو سر | ۱.۱ | ۲.۸ |
| چغندر | ۱۰ | ۳۰ |
| سیب زمینی | ۲۰ | ۱۷۵ |
| کلم | ۱۴.۷ | ۲۰.۳ |
| کاهو | ۱۰.۲ | ۲۳.۷ |
| گوجه فرنگی | ۱۲.۵-۲۵ | ۱۵۰-۷۵۰ |
| خیار | ۷.۹ | ۳۱.۶ |

هرچند در سال های اخیر ضرورت استفاده بهینه از آب و محدودیت زمین های و خاک کشاورزی سبب توجه به فناوری کشاورزی با سیستم هایدروپونیک شده است اما مزایای تولید در سیستم های آکواپونیک نسبت به هیدروپونیک بسیار قابل توجه است. مهمترین مزایای سیستم های آکواپونیک نسبت به هیدروپونیک عبارتند از اینکه هیچ نوع کود نیتروژنی در این سیستم ها استفاده نمی شود، آب کاملاً بازگردش می شود، پساب وجود ندارد و درنتیجه آلودگی آب مطرح نیست، خطر بیماری ماهی از طریق ورود از آب وجود ندارد، محصولات تولید شده ارگانیک هستند، گیاهان از سلامت بیشتر برخوردارند، و تراکم نوترنیت ها حدود ۱۰ برابر کمتر از سیستم هیدروپونیک است (جدول ۶). (Pantanella & Colla, 2013).

**جدول ۶. مقایسه میزان نوترینت های موجود در محیط کشت آکواپونیک و هایدروپونیک (Pantanella & Colla, 2013)**

| نوترینت ها | آکواپونیک | هیدروپونیک |
|---|---|---|
| N | ۸۵-۱۰ | ۲۳۶-۱۰۵ |
| K | ۱۹۲-۰.۳ | ۳۰۰-۱۳۸ |
| P | ۱۶.۴-۸ | ۶۰-۳۳ |
| Mg | ۶.۵-۶ | ۵۰-۲۵ |
| Ca | ۲۴-۱۱ | ۱۵۰ |

گونه های آبزیان مورد استفاده در سیستم آکواپونیک تیلاپیا، قزل آلا، کد (Murray cod)، سوف نقره ای، سوف طلایی، کپور Koi، کپور علفخوار و سی باس آسیایی هستند (Rakocy *et al*., 2010). از این سیستم برای نرسری بچه ماهی تیلاپیا نیز با موفقیت استفاده شده است (Pantanella & Colla, 2013). در بین گزینه های آبزیان برای استفاده در سیستم های آکواپونیک، تیلاپیا بدلیل تحمل بالا دربرابر تراکم زیاد ذخیره سازی، مقاومت زیاد در برابر استرس و بیماری، نقل و انتقال و تغییرات زیست محیطی، بهترین گزینه است. بررسی های زیادی برای تولید تیلاپیا در سیستم آکواپونیک صورت گرفته که با نتایج مطلوب همراه بوده است (El-Sayed, 2006).

در این مطالعه نیز استفاده از تیلاپیا در سیستم آکواپونیک منجر به وزن مطلوب ماهیان در زمان صید گردید. نتایج حاصل از تولید ماهی در این سیستم بویژه در دوره دوم مطالعه قابل توجه بود. در دوره اول مطالعه افت دمای آب در بخش عمده دوره پرورش که سالن مجهز به هیتر گلخانه ای نبود، بدلیل عدم حصول شرایط بهینه پرورش تیلاپیا (رجبی پور، ۱۳۹۱؛ Popma & Masser, 1999) قطعاً بر روند افزایش وزن ماهیان اثر داشته است چراکه وزن در ماهیان تیلاپیای پرورشی در ماه های آخر دوره روند افزایشی می یابد. استفاده از بخاری گلخانه ای می تواند در تنظیم دما مؤثر باشد.

در یک مطالعه در مقیاس تجاری در فضایی به وسعت ۰.۰۵ هکتار سیستم آکواپونیک پرورش توأم تیلاپیا و کاهو منجربه تولید سالانه ۴۳۷۰ کیلوگرم ماهی و ۲-۰.۰۶ کیلوگرم بر مترمربع کاهو –بااستفاده از روش های مختلف کشت- شده است (Rakocy *et al*., 2011). همچنین ۶۱.۵ و ۷۰.۷ کیلوگرم بر مترمکعب تیلاپیای نیل و قرمز با میانگین های وزن بترتیب ۸۱۳.۸ و ۵۱۲.۵ گرم و بازماندگی ۹۸.۳ و ۸۹.۹ درصد و ضریب تبدیل غذایی ۱.۸-۱.۷ در دوره دو ساله پرورش همراه با ۲۵-۷.۷ کیلوگرم بر مترمکعب ریحان در سال در سیستم آکواپونیک تولید شده است (Rakocy *et al*., 2004). تولید سالانه ۱۳۳ و ۱۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب تیلاپیای سیاه و قرمز با بازماندگی بیش از ۸۰ درصد در سیستم آکواپونیک با چرخش شدید آب، هوادهی و تراکم بسیار بالای ذخیره سازی بصورت برداشت مرحله ای و تغییر مرحله ای تراکم ماهیان (Rakocy *et al*., 2011) نیز گزارش شده است.

تولید ماهی تیلاپیا (و گیاهان) در مطالعه حاضر بویژه در دوره دوم بررسی به میزان ۱۷.۲ و ۱۸.۹۶ کیلوگرم بر مترمکعب در دوره ۹ ماهه پرورش با بازماندگی ۱۰۰-۹۸ درصد و ضریب تبدیل غذایی ۱.۴ و ۱.۶، در مقایسه با نتایج حاصل از فعالیت مشابه محققین، بسیار مطلوب به نظر می رسد.

کاربرد تراکم های بالاتر ذخیره سازی ماهیان تیلاپیا در سیستم آکواپونیک با تغییراتی در جریان آب سیستم همراه با هوادهی موجب افزایش قابل توجه تولید درواحد حجم تا بیش از $۷۰ kg/m^3$ می گردد (Rakocy, 2004).

در جنوب فلسطین اشغالی در تمام طول سال پرورش تجاری تیلاپیا در سیستم های گردشی حتی در دماهای کم آب ($۱۹^oC$) و دمای زیاد آب در گلخانه ها (بیش از $۲۹^oC$) انجام می شود. در این سیستم ها تراکم ذخیره سازی ۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب بوده و تولید سالانه ۲۵ کیلوگرم برمترمکعب است (Muir *et al*., 2000). در برخی سیستم های بسته پرورش تیلاپیا از اکسیژن مایع، الک های بسیار ریز، فیلترهای طبیعی مخصوص سیالات و

استریلیزه کننده های اشعه ماوراء بنفش استفاده می شود. این سیستم ها بیشترین تراکم ذخیره سازی را در مقایسه با سیستم های پرورش تیلاپیا دیگر دارند (Fitzsimmons, 2003). تراکم ذخیره سازی تأثیر معنی داری بر رشد فردی ماهیان، بازماندگی، تولید نهایی و کیفیت آب دارد. با افزایش تراکم ذخیره سازی، کاهش وزن نهایی ماهیان و افزایش کل محصول مشاهده می شود. با افزایش تراکم ماهی در سیستم های بازگردشی ممکن است تفاوت در اندازه ماهیان پرورشی بوجود آید (Rosati *et al*., 1993).

برای انتخاب گونه ماهی و گیاه باید به شرایط اقلیمی، نور، دسترسی به آب با دما و وضعیت مناسب و ذخایر انرژی موجود توجه داشت. نرخ نوترینت های تولید شده توسط آبزیان حدود ۱۰ برابر گیاهان بوده که باید برداشت شود اما میزان برداشت آنها بستگی به گونه گیاه انتخاب شده دارد. بنابراین انتخاب گیاهان مناسب تعیین کننده میزان تولید، هزینه های تولید و درآمد خواهد بود. نیازهای انرژی (شامل دما، نور و غیره) برای انتخاب گونه گیاه اهمیت زیادی داشته و اثر مستقیم بر افزایش کارآیی تولید، حجم تولید و انتخاب محصولات گیاهی با ارزش تر –باهدف تقویت فروشگاه ها– دارند (Karlsdottir, 2012). انواع سبزیجات و صیفی جات در سیستم های آکواپونیک تولید می شوند می باشند. تولید برنج نیز در این سیستم با موفقیت صورت گرفته است ( Pantanella & Colla, 2013).

انواع زیادی از گیاهان در سیستم آکواپونیک پرورش یافته اند. کشت گیاهانی که بیشترین صرفه اقتصادی درواحد سطح را دارند باید مورد نظر قرار گیرد. براین اساس سبزیجات برگی بهترین انتخاب می باشند چراکه سریع رشد می کنند و قیمت بازاری خوبی دارند. صرفه اقتصادی گیاهانی شامل ریحان، گشنیز، موسیر، جعفری، خرفه و نعناع بسیار بیش از گیاهان مبوه ده مانند گوجه فرنگی، خیار، بادمجان و بامیه است. کاهو گیاه مناسب دیگری برای این سیستم است زیرا در مدت کوتاهی حدود ۴-۳ هفته تولید می شود. بنابراین کمتر با مشکل آفت روبرو است. گیاهان میوه دار دوره پرورش طولانی معادل ۹۰ روز یا بیشتر دارند و مشکلات آفت و بیماری در آنها بیشتر است. بر خلاف گیاهان میوه ده، بخش بزرگی از زیتوده گیاهان برگی قابل برداشت است. دیگر گیاهان مناسب برگ چغندر سوییسی (Swiss chard)، کلم (pak choi)، کلم چینی، کاهو (collard) و شاهی هستند. گل ها ازجمله گل های همیشه بهار و آهار نیز در سیستم آکواپونیک با موفقیت کشت شده اند. تولید گیاهان دارویی در این سیستم امکان پذیر بوده اما هنوز بخوبی تجربه نشده و ظرفیت تولید آنها در سیستم آکواپونیک وجود دارد. عموماً گیاهانی که در سیستم هیدروپونیک کشت می شوند به روش آکواپونیک نیز قابل تولید هستند. تولید هر نوع گیاه باید متناسب با توانایی تولیدکننده و بازار محصول صورت گیرد (Karlsdottir, 2012).

در مطالعه حاضر، در بین محصولات گلخانه ای بررسی شده در دوره اول محصول ریحان، خیار، گوجه فرنگی و کاهو مطلوب و فلفل قلمی نسبتاً مناسب بود اما کشت کدو حلوایی نتیجه مطلوبی نداشت. در دوره دوم تولید محصولات گیاهی شامل ریحان، نعناع، خیار، گوجه فرنگی و فلفل قلمی مطلوب بود. کشت بادمجان و بامیه نیز منجربه تولید محصول گردید اما کیفیت و مقدار آن مناسب نبود. از کشت کلم سنگ و فلفل دلمه ای تنها

برروی ورقه های شناور تعداد معدودی کلم سنگ و فلفل حاصل شد. کاشت برنج و هندوانه منجر به تولید محصول نشد.

در یک بررسی (Rafiei & Saad, 2006) استفاده از بستر زئولیت در سیستم آکواپونیک تولید توأم ماهی تیلاپیا و کاهو سبب افزایش رشد کاهو شده است. به منظور افزایش بازده تولید محصولات گیاهی در روش کشت روی صفحات شناور می توان در مطالعات بعدی، تأثیر افزودن آهن به سیستم (Rakocy *et al*., 2004) را بررسی نمود.

بررسی نتایج تولید در سیستم آکواپونیک توسط محققین مختلف خارج از کشور نیز حاکی از نتایج مطلوب بوده است که نمونه هایی از آن ذکر می شود:

- استفاده از فضولات و پسماندهای تانک های متراکم پرورش تیلاپیای قرمز فلوریدا برای تولید در مزارع فلفل شیرین مورد ارزیابی قرار گرفته است. آب موجود در تانک های پرورش ماهی با تراکم ذخیره سازی کم (۸ ماهی بر مترمکعب) و زیاد (۱۶ ماهی بر مترمکعب) و دو سرعت متفاوت تعویض آب (۰٪ و ۵٪) در طول روز، برای بررسی در مزارع فلفل شیرین، ۲ تا ۳ بار در هفته استفاده شد. تولید فلفل از این آزمایشات با تولیدات بدست آمده از رسوبات خارج شده از واحدهای پرورش ماهی، مدفوع گاو و کودهای تجاری نیتروژنی مقایسه شد. محصول بدست آمده بطور معنی دار بیش از دیگر آزمایشات بود. محصول فلفل بدست آمده از کودهای حاصل از آب تانک های پرورشی دوبار تعویض، تفاوت معنی داری با محصولات حاصل از کودهای غیرآلی نیتروژنی نداشت. رسوبات و لجن تانک ها محصول بیشتر و بازارپسندتری تولید کرد (Palada *et al*., 1999).
- در بررسی دیگری تولید گوجه فرنگی و کاهوی رشد یافته با تیلاپیای آبی در سیستم آکواپونیک، با محصولات رشد یافته در خاک مناسب مقایسه شد. گیاهان سیستم آکواپونیک رشد سریعتری داشتند و گوجه فرنگی ۲ هفته قبل از گوجه های رشد یافته در خاک شروع به گلدهی کرد (Anadu & Barho, 2002).
- نمونه اولیه سیستم تولید تیلاپیا/هیدروپونیک به روش جریان گردشی گلخانه ای برای کاربردهای آموزشی در بلک اسبورگ و پیتسبورگ ویرجنییای ایالات متحده امریکا توصیف شد. تیلاپیا بعنوان نمونه آبزی پرورشی همراه با گیاهان شامل گوجه فرنگی و کاهو بکار رفت. هدف تولید محصول تیلاپیا طی ۶-۵ ماه و مصرف مجدد پسماندها برای آبیاری و ورود نوترینت ها به محصولات گیاهی بود (Newton *et al*., 1998).
- تولید تیلاپیای نیل در مقیاس تجاری و با سیستم آکواپونیک در فضای باز با ۱۳ نوع گیاه متفاوت توصیف و مفید ارزیابی شده است (Rakocy *et al*., 2001).
- تحلیل های اولیه اقتصادی تولید تیلاپیا و کاهو با سیستم آکواپونیک انجام شده است. محققین معتقدند نقطه تعادل هزینه های تیلاپیا و کاهو در مقایسه با دیگر مکان هایی که هزینه های تولیدی (قیمت زمین، ابنیه، برق، آب، کارگر و غیره) کمتر بود بسیار کاهش یافت. تولید دیگر سبزیجات مانند بامیه و گیاهان برگی مثل ریحان در سیستم های آکواپونیک به همراه تیلاپیا نیز سودمند بود (Rakocy & Bailey, 2003).

- تولید تیلاپیا و سبزیجات در سیستم آکواپونیک بررسی و با محصول تولید شده در سیستم معمولی مزارع مقایسه شده است. تولید این محصولات در سیستم آکواپونیک بسیار بیشتر بود. این نتایج بخوبی نشان دهنده تطابق سیستم های آکواپونیک به منظور تولید توأم ماهی و سبزی است (Rakocy *et al*., 2004).

مقایسه نتایج تولید درواحد سطح محصولات گلخانه ای در کشور با نتایج تولید این محصولات در شرایط آکواپونیک در مطالعه حاضر (جدول ۷) مؤید موفقیت و مزیت این روش است. هرچند دوره اول مطالعه کوتاه تر از یک دوره معمول برداشت محصولات درشرایط گلخانه ای بود و به عنوان نمونه درمورد خیار و گوجه پرورشی تنها بترتیب ۳ و ۱ ماه فرصت برداشت وجود داشت.

**جدول ۷. مقادیر ماهانه/سالانه تولید درواحدسطح برخی محصولات گلخانه ای و زراعی کشور (برحسب کیلوگرم برمترمربع) درمقایسه با نتایج مطالعه حاضر**

| بادمجان | نعناع | کاهو | خیار | ریحان | فلفل | گوجه | توضیح | مأخذ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ۲۹ (۲.۷) | | | ۴۰ (۳.۱) | سال زراعی، استان یزد: گلخانه (فضای باز) | آمارنامه کشاورزی ۹۰-۸۹ (۱۳۹۲) |
| | | ۱.۷ (فضای باز سالانه۰.۷۳) | ۲.۲ | | | ۱.۸ | ماهانه، منطقه جیرفت، گلخانه | خوشکام و ساعی (۱۳۹۰) |
| | | | | | ۲-۳ | ۳-۴ | ماهانه، میانگین کشوری، گلخانه | دهقانی سانیج و همکاران (۱۳۸۶) |
| | | | ۲.۵-۳ | | ۱.۵-۲ | ۱.۵-۲ | ماهانه، میانگین کشوری، گلخانه | http://setak65.ir/post |
| (۴.۳) | (۲.۱) | (۱.۲) | ۱.۵-۲.۵ (۱.۴-۲.۳) | ۱.۴ (۱.۳) | | ۴.۸ (۱.۶) | سالانه،خوزستان: کشت زیرپلاستیکی (فضای باز) | آمارنامه زراعی خوزستان (۱۳۸۸) |
| ۲ | - ۱.۱۴ | ۱.۳۲ | ۲.۷ ۴ | ۰.۵ ۰.۸ | ۰.۱۴ ۱.۱ | ۲.۰۳ ۳.۴ | ماهانه: دوره اول دوره دوم | مطالعه حاضر |

فاصله زمان کشت گیاهان تا نخستین برداشت در شرایط کشت گلخانه ای استان یزد برای خیار و گوجه بترتیب ۴۰ و ۱۰۰ روز می باشد که در این بررسی بترتیب ۵۶-۵۰ و ۷۵-۶۰ روز بدست آمد و زمان مناسبی است.

در جدول ۸ نتایج حاصل از تولید گیاهان در سیستم آکواپونیک در تجربیات محققین خارجی و مطالعه حاضر ذکر شده اند. مقایسه ارقام حاکی از موفقیت و مطلوب بودن تولید محصولات در نخستین در تجربه می باشد.

**جدول ۸. مقدار تولید برخی محصولات گیاهی در سیستم آکواپونیک برحسب $kg/m^2$ درمقایسه با نتایج مطالعه حاضر**

| نعناع | بادمجان | کاهو | خیار | ریحان | گوجه | مأخذ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ۱.۹۵ (یک ماه) (فضای باز ۰.۷) | | Rakocy et al., 2004 |
| | | | | 7.7-25 kg/m3 (سالانه) | | Rakocy et al., 2004 |
| | ۱۱.۵kg/m۲ (سالانه) | ۷–۳۰.۵ kg/m۲ (سالانه) | ۶۲ kg/m۲ (سالانه) | | ۳۰.۱kg/m۲ (سالانه) | Rakocy et al., 2006 |
| | | ۲.۳۷–۲.۴۱ (۱ ماه) | ۲.۵ (سه ماه) | ۴.۱–۴.۴ (یک ماه) | | Pantanella & Colla, 2013 |
| | | ۵ (یک ماه) | ۲۱ (سه ماه) | ۸ (یک ماه) | ۱۷ (۴ ماه) | Masser, 1992 |
| ۱.۱۴ (یک ماه) | ۲ (یک ماه) | ۱.۳۲ (یک ماه) | ۲.۷–۴ (یک ماه) | ۰.۵–۰.۸ (یک ماه) | ۲.۰۳–۳.۴ (یک ماه) | مطالعه حاضر |

مقدار مصرف آب در شرایط کشت محصولات رایج گلخانه ای در کشور حدود ۱۵–۱۰ هزار مترمکعب به ازاء هر هکتار و در کشت فضای باز بیش از ۱۸ هزار مترمکعب است. در شرایط کشت فضای باز میزان تولید محصول کمتر از ۲۵ تن برهکتار و در کشت گلخانه ای حدود ۱۰ برابر فضای باز است (دهقانی سانیج و همکاران، ۱۳۸۶). در استان یزد مقدار مصرف سالانه آب برای هر هکتار کشت گلخانه ای ۲۵ هزار مترمکعب برآورد شده است. بعلاوه سالانه ۱۰۰ تن کود طبیعی، ۷ لیتر سم، ۱۵ کیلوگرم کود میکرو و ۲۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی در هر هکتار از کشت های گلخانه ای استان مورد استفاده قرار می گیرد. (علیمحمد ذبیحی، امور باغبانی سازمان جهادکشاورزی استان یزد، ۱۳۹۲).

مصرف آب در سیستم آکواپونیک بسیار کمتر از کشت های گلخانه ای و فضای باز است. در سیستم بازگردشی تولید توأم ماهی و گیاه، آبگیری تنها در ابتدای دوره پرورش صورت گرفته و افزودن آب به سیستم تنها محدود به تبخیر جزئی از سطح وان های پرورش ماهی است. در سیستم آکواپونیک نیاز به استفاده از کود وجود ندارد که علاوه برکاهش قابل توجه هزینه های تولید، برسلامت محصول و رعایت جوانب زیست محیطی در فعالیتهای کشاورزی نقش مهم دارد. تولید توأم محصولات کشاورزی و ماهی نقش مهمی در رونق اقتصاد شیلاتی دارد.

مقادیر قابل توجه تولید محصولات گیاهی علاوه بر تولید ماهی، در کنار مصرف بهینه آب، عدم نیاز سیستم به خاک، کوددهی و سم پاشی، عوامل مهم افزایش بهره وری آن محسوب می شوند. بعلاوه باتوجه به اینکه ماهی

و سبزیجات تولید شده ارگانیک می باشند، بادر نظر گرفتن ارزش افزوده محصولات ارگانیک، عواید ارائه این محصولات چشمگیر خواهد بود.

مطالعه حاضر نخستین تجربه تولید توأم تیلاپیا و محصولات گیاهی در کشور بوده و لازم است مطالعات تکمیلی با هدف افزایش تولید در واحد سطح و حجم محصولات گیاهی و ماهی، بررسی میزان تولید در شرایطی که فضاهای پرورش ماهی و کشت گیاهان مجزا باشند، بررسی تأثیر نوسانات عوامل محیطی بر محصولات مختلف و تعیین اپتیمم های صورت پذیرد.

## پیشنهادها

- باتوجه به شرایط اقلیمی متنوع ایران و محدودیت ذخایر آب و خاک های کشاورزی در کشور، در کنار اهداف ملی افزایش بهره وری آب های کشاورزی، لزوم افزایش تولیدات ملی توأم با کاهش هزینه های تولید، رونق اقتصاد کشاورزی و شیلاتی، توجه به امنیت و بهداشت مواد غذایی و عرضه محصولات ارگانیک، تولید توأم ماهی و گیاه در سیستم آکواپونیک تأمین کننده اهداف یاد شده و ازسوی دیگر متناسب با حساسیت های زیست محیطی است.
- این سیستم بویژه در مزارعی که امکان بهره برداری مستمر از آب ندارند پیشنهاد می گردد.
- ماهی تیلاپیا به دلیل ویژگی های خاص ازجمله مقاومت بالا در برابر تغییرات عوامل محیطی و بیماری ها، تراکم پذیری و تولید زیاد، گزینه مناسبی برای معرفی به سیستم های آکواپونیک است.
- انتخاب محصولات گیاهی این سیستم که تولید آنها در شرایط گلخانه طی سال های اخیر در کشور رایج شده است، بسته به فصل پرورش و نیاز محلی می تواند متفاوت باشد. هرچند برآورد کلی نتایج این بررسی حاکی از تولید مطلوب ریحان، نعناع، خیار، گوجه فرنگی و فلفل قلمی می باشد. در این زمینه تولید محصولات برگی و سبزیجاتی که عمده بخشهای آن مورد استفاده قرار می گیرند، بسیار مناسب و باصرفه است.
- سیستم آکواپونیک در مقیاس های مختلف خانگی و روستایی تا تولید تجاری، در بسیاری از کشورهای جهان مورد تجربه قرار گرفته و قابل اجراء می باشد.
- این مطالعه از اولین تجربه های اجراء سیستم تولید توأم ماهی و محصولات گلخانه ای در کشور است. دستیابی به بیوتکنیک تولید در سیستم آکواپونیک نیاز به مطالعات تکمیلی باهدف افزایش تولید در واحد سطح و حجم محصولات گیاهی و ماهی و تعیین اپتیمم های لازم دارد.
- امکان افزایش تولید ماهیان با استفاده از تراکم های بالای ذخیره سازی وجود دارد که تأثیر عمده بر بهره وری سیستم خواهد داشت و لازم است مورد مطالعه قرار گیرد.
- درمورد تولیدات گلخانه ای می توان انواعی دیگر از محصولات را مورد بررسی قرار داد که انتخاب نهایی آنها بی شک مرتبط با اقتصاد هر محصول، شرایط و فصل تولید و بازار پسندی آنها است. بعلاوه در این زمینه لازم است مطالعات تکمیلی در مورد روش کشت بر روی فیلم نوترینت و نیز ورقه های شناور، و تنظیم یونی محیط کشت مطالعه شود.

## منابع


- اخوان، زرنگار. (۱۳۹۱). استفاده از کود بیولوژیک در مدیریت حاصلخیزی خاک در کشاورزی ارگانیک. کنگره ملی کشاورزی ارگانیک. اردبیل، ۲۸-۲۶ مهرماه ۱۳۹۱.
- اسفندیاری، علی اصغر و ترحمی، فرهاد. (۱۳۸۸). بررسی اشتغالزایی بخش های اقتصادی ایران با تأکید بر بخش کشاورزی. اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هفدهم، ش ۶۷.
- آمارنامه زراعی استان خوزستان. (۱۳۸۸). سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان، معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی، ۲۴ ص.
- آمارنامه کشاورزی، محصولات زراعی سال زراعی ۹۰- ۱۳۸۹، ج.۱. (۱۳۹۲). مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهادکشاورزی وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۱۳۷ ص.
- انتصاری، محمدرضا.، حیدری، نادر.، خیرابی، جمشید.، علایی، مسعود.، فرشی، علی اصغر. و وزیری، ژاله. (۱۳۸۶). کارآیی مصرف آب در کشت گلخانه ای. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، گروه کار استفاده پایدار از منابع آب برای تولید محصولات کشاورزی، ۲۰۸ ص.
- بدیعی، ربیع. (۱۳۴۷). منابع طبیعی و ثروتی ایران. جغرافیای اقتصادی، انتشارات دهخدا.
- برزگر، عبدالرحمن. (۱۳۷۹). خاک های شور و سدیمی: شناخت و بهره وری. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۲۷۳ ص.
- بیطرف، احمد. (۱۳۹۱). گزارش‌نهایی‌پروژه، بررسی روش های تولیدتک جنس نرتیلاپیای سیاه در شرایط آب لب‌شور بافق. مرکزتحقیقات ماهیان آب‌شور داخلی‌بافق، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور.
- خالدی، شهریار. (۱۳۸۴). جغرافیای زیستی. انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۸۰ ص.
- خوشکام، سیبگل و ساعی، مهدیه. (۱۳۹۰). بررسی زراعی و اقتصادی مناسبترین زمان کشت متوالی کاهو در شرایط گلخانه و فضای باز در منطقه جیرفت. مجله علوم و فنون کشت های گلخانه ای، س۲، ش۷، پاییز ۱۳۹۰، ص ۳۹-۲۹.
- دهقانی سانیج، حسین.، زارعی، قاسم و حیدری، نادر. (۱۳۸۶). بررسی مدیریت آبیاری و کارایی مصرف آب در گلخانه ها و مسایل و چالش ها، اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه ای، ۲۶ مهرماه ۱۳۸۱. ۱۴ ص.
- رجبی پور، فرهاد. (۱۳۹۱). گزارش نهایی پروژه، بررسی امکان معرفی تیلاپیا به صنعت تکثیر و پرورش آب های داخلی مناطق کویری ایران. ایستگاه تحقیقات ماهیان آب‌شور داخلی بافق، مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، ۹۶ ص.

- رجبی‌پور، فرهاد. (۱۳۸۷). گزارش نهایی پروژه، دستیابی به بیوتکنیک تولید غذای زنده (Chironomidae) به‌منظور استفاده درتکثیر وپرورش آبزیان. ایستگاه تحقیقات ماهیان آب‌شور داخلی بافق، مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، ۴۲ص.
- رجبی‌پور، فرهاد. (۱۳۸۵). تعیین و مقایسه مقادیر مرجع آنزیم‌های سرمی فیل ماهی *Huso huso* در آب‌های لب‌شور و شیرین ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، دانشکده علوم پایه. ۱۲۸ ص.
- رنجبر، طهمورث. (۱۳۶۹). گزارش نهایی پروژه، مطالعه آداپتاسیون و پرورش آزمایشی کفال ماهیان در آب‌های لب شور و بلااستفاده داخلی ایران. مرکز تحقیقات و آموزش شیلاتی استان مازندران. ۱۵۶ص.
- سامانی، جمال محمد ولی. (۱۳۸۴). مدیریت منابع آب و توسعه پایدار. دفتر مطالعات زیربنایی مجلس شورای اسلامی، ش. ۷۴۳۴، ۳۵ ص.
- سرسنگی، حبیب. (۱۳۹۱). گزارش نهایی پروژه، مطالعه وضعیت سازگاری، رشد و بازماندگی تیلاپیا (*Oreochromis sp.*) در شرایط پرورشی آب لب‌شور بافق. مرکزتحقیقات ماهیان آب‌شور داخلی‌بافق، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۴۶ ص.
- عبدالکریم زاده، محمدرضا. (۱۳۸۶). توصیه هایی برای پرورش دهندگان خیار گلخانه ای (کشت خاکی- کشت هایدروپونیک). انتشارات مرسل، کاشان. ۹۵ ص.
- فتاحی، فرشاد. (۱۳۸۰). بررسی امکان پرورش میگوی روزنبرگی در آب‌های لب‌شور استان یزد. مدیریت شیلات استان یزد. ۱۷ ص.
- فریدپاک، فرهاد. (۱۳۶۳).پرورش ماهی تیلاپیا نیلوتیکا. واحد آموزش شیلات وآبزیان، سازمان شیلات ایران.
- فریدپاک، فرهاد. (۱۳۶۵).بیولوژی وپرورش ماهی تیلاپیا.واحدآموزش شیلات وآبزیان،سازمان شیلات ایران.
- کلانتری، خلیل.، ورمزیاری، حجت و عسکری ندوشن، عباس. (۱۳۹۱). چشم انداز آینده جمعیت روستایی و چالشهای مدیریت توسعه پایدار روستایی در ایران. فصلنامه روستا و توسعه، زیرچاپ.
- مدیریت شیلات استان یزد. (۱۳۷۷). نگرشی اجمالی بر فعالیت‌های شیلاتی در استان یزد. شیلات ایران، مدیریت شیلات استان یزد: ۱۵ ص.
- محمدی، محمد. (۱۳۹۱). گزارش‌نهایی‌پروژه، تعیین مناسب ترین جیره غذایی برای پرورش تیلاپیای سیاه (*Oreochromis niloticus*) در آب لب شور بافق. مرکزتحقیقات ماهیان آب‌شور داخلی‌بافق، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۵۸ ص.
- کردوانی، پرویز. (۱۳۷۴). ژئوهیدرولوژی (در جغرافیا). انتشارات دانشگاه تهران. ۳۵۹ ص.
- مشائی، نسرین. (۱۳۸۶). گزارش‌نهایی‌پروژه، بررسی بازده پرورش میگوی‌پاسفید *Littopenaeus vannamei* در آب‌های لب‌شور استان یزد. ایستگاه تحقیقات ماهیان آب‌شور داخلی‌بافق، مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، ۷۰ص.

- مشائی، نسرین. (۱۳۹۱). گزارش‌نهایی‌پروژه، تعیین بیوتکنیک تکثیر و تولید بچه ماهیان نورس تیلاپیای پرورشی درشرایط آب لب‌شور بافق.مرکزتحقیقات ماهیان آب‌شورداخلی‌بافق، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور.۵۷ص.
- مهندسین مشاور عمران کویر، شرکت خدمات مهندسی جهاد (۱۳۷۶). مطالعات پخش سیلاب (آبخوان‌داری) حوزه سیریزی بافق. سازمان جهادسازندگی استان یزد، مرکزتحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان یزد. ۲۶۳ ص.
- نفیسی، محمود. (۱۳۸۵). گزارش نهایی پروژه، بررسی امکان پرورش میگوی روزنبرگی در آب‌های لب‌شور استان یزد. مؤسسه تحقیقات شیلات ایران. ۳۵ ص.
- ورمزیاری، حجت.، بنی اسدی، مصطفی و بختیاری، آتوسا. (۱۳۹۲). خلاصه مدیریتی طرح پژوهشی، تبیین راهکارهای بهبود همزمان پیشرفت و عدالت در توسعه کشاورزی ایران با تأکید بر سازماندهی مناسب نیروی کار کشاورزی. گروه توسعه کشاورزی دفتر مطالعات زیربنایی مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی، کد موضوعی ۲۵۰، شماره مسلسل ۱۳۱۳۳.

- Anadu, D. I. & Barho, L. (2002). The production of tilapia and vegetables in aquaponics system. In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Recirculating aquaculture*. US Department of Agriculture, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, p.551–559.
- El-Sayed, A. M. (2002). Effects of stocking density and feeding levels on growth and feed efficiency of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fry. *Aquaculture Research*, 33, p.621-626.
- El-Sayed, A. M. (2006). Tilapia culture. Edited by CABI Publishing, Cambridge, USA.
- FAO, (2010). FAO Yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics. 2010. [CD-ROM – booklet inside].
- Fitzsimmons, K. (2003). Tilapia aquaculture in recirculating systems. *Aquaculture magazine,* 29, 73-76.
- Fortes, R. D. (2005). Review of techniques and practices in controlling tilapia populations and identification of methods that may have practical applications in Nauru including a national tilapia plan. Aquaculture Technical Paper/Secretariat of the Pacific Community, p.55.
- Hedayati, S. A. A., Yavari, V., Bahmani, M., Alizadeh, M. & Bagheri, T. (2008). Study of some gonadic growth index of great sturgeon (*Huso huso*) cultured in brackish water condition. *Bulgarian Journal of Agricultural Science,* 14(1), p.93-99.
- Josupeit, H. (2010). World supply and demand of tilapia. FAO Pub, Rome.
- Karlsdottir S. K. (2012). Aquaponics – Grønn vekst, Funded by Nordisk Atlantsamarbejde (NORA) 2011-2012, Project No 510-072, Final report from the project, September 2012.
- Losordo, T. M., Masser, M. P. & Rakocy, J. E. (1999). Recirculating aquaculture tank production systems: A review of component options. Southern Regional Aquaculture Center Pub.
- Masser, M. P. (1992). Hydroponic integration with aquaculture. Lecture, Dept of Wildlife and Fisheries Sciences, TAMU (In: Rakocy, James E., Thomas M. Losordo, & Michael P. Masser., 1992. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Integrating Fish and Plant Culture. SRAC Publication No. 454. Southern Region Aquaculture Center, Mississippi State University. 6P.
- Muir, J. F., Rijn, J. V. & Hargreaves. J. (2000). Production in Intensive and Recycle Systems. *Tilapias: Biology and Exploitation*, M. Beveridge & B. McAndrew, eds., pp. 405-46. London, England: Kluwer Academic Press.
- Newton, S.H., Mullins, L, Libey, GS & Kidd, M. (1998). A Prototype Tilapia/Hydoponic Greenhouse Recirculating Production System for Institutional Application. Proceeding of the second international conference on Recirculating aquaculture, 16-19 Guly 1998, Virginia, USA., p.416-417.
- Palada, M. C., W. M. Cole, & Crossman. S. M. A. (1999). Influence of effluents from intensive aquaculture and sludge on growth and yield of bell peppers. *Journal of Sustainable Agriculture*, 14, p.85-103.
- Pantanella, E. & Colla, G. (2013). Advance in freshwater aquaponic research. International Aquaponic Conference, Aquaponic and Global Food Security, University of Wisconsin.

- Popma, T. & Masser, M. (1999.) Tilapia Life History and Biology, 2. SRAC Pub. No. 283.
- Pruginin, Y. (1967). Report to the Government of Uganda on the experimental fish culture project in Uganda. 1965-66. 19 p. Report: FI-UNDP/TA 2446.
- Rafiei, Gh. & Saad Ch. R. (2006). The effect of natural zeolite (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* 8(4), p.313-322.
- Rakocy, J. E. & Allison, R. (1981). Evaluation of a closed recirculating system for the culture of tilapia and aquatic macrophytes, In: Allen, L. J. & Kinney, E. C. (Editors), hoc. of the Bio-Engineering Symposium for Fish Culture. Publ. No. 1, American Fisheries Society, Bethesda, MD, p.296-307.
- Rakocy, J. E. & Bailey, D. S. (2003). Initial economic analyses of aquaponic systems. p.58–64, In *Aquaculture Europe 2003: Beyond Monoculture, European Aquaculture Society*, Special publication, No. 33.
- Rakocy, J. E. & McGinty, A. S. (1989). Pond culture of tilapia. Southern Regional Aquaculture Center, SRAC. Texas Agric. Extension Service, USA.
- Rakocy, J. E. (1997). Integrating Tilapia culture with vegetable hydroponics in recirculating systems. p.163–184, In Costa-Pierce, B. A. & Rakocy, J.E., editors, *Tilapia Aquaculture in the Americas*, Vol. 1, 1997, World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana.
- Rakocy, J. E., Bailey, D. S., Shultz, R. C. & Martin, J. M. (2001). Improvements to a commercial-scale aquaponic system and preliminary evaluation of the production of red tilapia *O. niloticus* and 13 types of vegetables. Aquaculture 2001, Book of Abstracts. World Aquaculture Society, Luisiana, p.504.
- Rakocy, J. E., Bailey, D. S., Shultz, R. C. & Thoman, E. S. (2004). Update on Tilapia and vegetable production in the UVI aquaponic system. p.676–690, In Blivar, R. B., Mair, G. C., Fitzsimmons, K., eds, *Proceedings from the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Manila, Philippines.
- Rakocy, J. E., Bailey, D., Shultz, C. & Danaher, J. (2010). The Status of Aquaponics - University of the Virgin Islands Agricultural Experiment Station.
- Rakocy, J. E., Bailey, D., Shultz, C. & Danaher, J. (2011). The International Aquaponics and Tilapia Aquaculture Course at the University of the Virgin Islands, Agricultural Experiment Station, University of the Virgin Islands, U.S.A.
- Rakocy, J. E., Masser, M. P. & Losordo, T. M. (2006). Recirculating aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics-Integrating Fish and Plant Culture, SRAC Publication, N 454.
- Rakocy, J. E., Shultz, R. C., Bailey, D. S. & Thoman, E. S. (2004). Aquaponic production of Tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system, *Acta Horticulturae* (ISHS), 648, p.63-69.
- Rosati, R., O'Rourke, P. D., Tudor, K. & Henry, R. D. (1993). Performance of a raceway and vertical screen filter while growing *Tilapia nilotica* under commercial conditions. Pages 303-214, *in* J-K. Wang, editor. Techniques for modern aquaculture. Publication No. P-0293, American Society of Agricultural Engineering, St. Joseph, Michigan.
- Watanabe, W. O., Losordo, T. M., Fitzsimmons, K. & Hanley, F. (2002). Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends and challenges. *Reviews in Fisheries Science*, 10, 465-498.

## Abstract:
Iran is one of ten disaster countries in terms of water crisis. Also, deficit of agricultural soil is a limiting agent for development of agronomy. Moreover, production of organic crops is very important for health nutrition. Tilapia is an important commercial fish because of its fast growth, tolerance to environmental conditions and diseases, possibility of intensive culture, low costs of production and marketable flavor. Production of aquatic and agricultural crops in an aquaponic system would ask these expectations. Aquaponic system that includes combination of hydroponics and water recycling systems was examined for modulated culture of tilapia and agricultural crops at the present study. Tilapia fries with 6.2g and 5.9g mean weight and stocking density of $40/m^3$ were respectively stocked in two $2.5m^3$ tanks at September 2013 for 9 months. Fish culture in the two tanks tended to $17.2kg/m^3$ and $19kg/m^3$ fish production with 658g and 596 mean final weigth, 98% and 100% survival and 1.4 and 1.6 food conversion rate (FCR), respectively. Plants were implanted using grow beds, floating rafts and nutrient film methods. Monthly production of mint, basil, lettuce, cucumber, tomato, pepper were 1.14, 0.5-0.8, 1.32, 2.7-4, 2.03-3.4 and 1.1 $kg/m^2$ crops, respectively.
**Key words**: Aquaponics, greenhouse, tilapia, crops, Iran

**Ministry of Jihad – e – Agriculture**
**AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION**
**Iranian Fisheries Science Research Institute –**
**National Research Center off Saline Waters Aquatics**

---

**Project Title : Tilapia Culture in Aquaponic System**
**Approved Number: 4-12-12-91140**
**Author: Farhad Rajabipour**
**Project Researcher : Farhad Rajabipour**
**Collaborator(s) : A. Matinfar, N. Mashaii, H. Sarsangi, M. Mohammadi, J. Moazedi, M. Majrak, A. Aghaei**
**Advisor(s): -**
**Supervisor: S. Z. Mottaghinia**
**Location of execution : Yazd province**
**Date of Beginning : 2014**
**Period of execution :7 Months**
***Publisher : Iranian Fisheries Science Research Institute***
***Date of publishing : 2016***

**All Right Reserved . No Part of this Publication May be Reproduced or Transmitted without indicating the Original Reference**

**MINISTRY OF JIHAD - E - AGRICULTURE**
**AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION**
**Iranian Fisheries Science Research Institute - National Research Center off Saline Waters Aquatics**

**Project Title :**

# Tilapia Culture in Aquaponic System

**Project Researcher :**

***Farhad Rajabipour***

**Register NO.**

***47474***