

آکواکالپر

تألیف و تدوین :

دکتر سید علی حسینی و دکتر سید علی حسینی

بهار ۱۳۹۶

ردیف	عنوان مقاله	صفحه
۱	آکواکالچر ؛ پرورش آبزیان در محیط طبیعی	۳
۲	سیستم های پرورش ماهی در شالیزارهای غرقابی	۴۹
۳	تکثیر مصنوعی ماهی سفید در رودخانه سفیدرود	۹۷
۴	نقش رنگیزه "استاکسانتین" در آبی پروری	۱۲۱
۵	فیتوپلانکتون ها و آبی پروری	۱۴۸
۶	گیاهان "ماهی کش" یا "مرگ ماهی"	۱۷۲
۷	بررسی منابع و عوامل آلودگی رودخانه های گیلان	۲۰۴
۸	فاضلاب های خانگی و کاربرد مجدد	۲۳۸
۹	کاربرد فضولات انسانی در کشاورزی	۲۶۴
۱۰	گیاه پالائی و زیست پالائی	۲۹۷
۱۱	مطالعه آلودگی انگلی سیاه ماهی رودخانه سفیدرود	۳۶۳
۱۲	حذف کلیفرم و جامدات معلق از پساب فاضلاب شهری غرب اهواز	۳۶۸
۱۳		
۱۴		
۱۵		
۱۶		
۱۷		
۱۸		
۱۹		
۲۰		
۲۱		
۲۲		
۲۳		
۲۴		
۲۵		
۲۶		
۲۷		
۲۸		
۲۹		
۳۰		

«آکواکلچر» ؛ پرورش آبزیان در محیط طبیعی » "Aquaculture; raising aquatic in nature"

مقدمه :

امروزه کمترین تردیدی در وجود بحران ماهیگیری در سطح جهانی وجود دارد و شواهد علمی محکمی مبنی بر کاهش غم انگیز صید جهانی آبزیان موجود است. در حدود ۴۳۰ (۹۷٪) گونه از ماهیان پرورشی که در طی قرن بیستم اهلی شده بودند، تنها به پرورش ۱۰۶ گونه از آنان در سال ۲۰۰۷ میلادی اقدام شد. اهمیت این موضوع زمانی آشکار می شود که بدانید فقط ۰/۰۸٪ از گونه های گیاهی خشکی زی و ۰/۰۰۲٪ از گونه های جانوری خشکی زی اهلی شده اند درحالیکه تاکنون ۰/۱۷٪ از گونه های گیاهی دریایی و ۰/۱۳٪ از گونه های جانوری دریایی اهلی گردیده اند (۵).

اهلی کردن (domestication) بارزترین موضوع یک دهه اخیر پژوهش های دانشمندان دنیا بوده است زیرا برداشت بیرویه از ماهیان وحشی دریاها و سوء بهره برداری از برخی گونه های مطلوب در همراهی با افزایش تقاضا برای پروتئین مرغوب به تشویق دانشمندان جهت اهلی کردن گونه های دریایی انجامید. اهلی کردن گونه های دریایی از خطرپذیری کمتری در مقایسه با گونه های خشکی زی برخوردارند آنچنانکه هزینه زیادی برای انسان ندارند. بعلاوه بسیاری از بیماریهای مهم بشر از حیوانات اهلی خشکی زی منشأ می گیرند چونانکه بیماریهایی نظیر آبله (smallpox) و دیفتری (diphtheria) از اینگونه حیوانات به انسان منتقل می شوند اما تاکنون هیچ عامل بیماریزای انسانی از گونه های دریایی منشأ نداشته است. (۵).

«جدول ۱) برداشت جهانی آبزیان در سالهای اخیر/میلیون تن ؛ فائو (۵) :»

سال ها	۱۹۵۰	۱۹۶۰	۱۹۷۰	۱۹۸۰	۱۹۹۰	۲۰۰۰	۲۰۱۰
ماهیان وحشی	۲۲	۳۸	۶۳	۶۶	۸۲	۸۷	۸۳
آکواکلچر	۰	۰	۶۷	۷۹	۹۱	۱۴۶	۱۵۷

برخی ابراز می دارند که "آکواکلچر" راه حلی برای مشکل روزافزون تقاضا بشر برای غذاهای دریایی است آنگونه که صیادی بتنهایی قادر به پاسخگویی نیست. اینک "آکواکلچر" تقریباً یک سوّم کل نیازهای بشر به غذاهای دریایی را تأمین می کند ولیکن بدون شک مرور بر اهمیتش افزوده خواهد شد. "آکواکلچر" توانایی بالقوه تکمیل ظرفیت صیادی را بنحو پایدار در جهت تأمین نیازهای غذایی مردم دنیا دارد. توسعه بدون برنامه "آکواکلچر" بجای اینکه به حل بحران صیادی ماهیان وحشی کمک نماید، باعث وخیم تر شدن مشکل موجود و بروز معضلات جدید می گردد، بگونه ای که بر خسارات و صدمات محیطی مناطق ساحلی افزوده خواهد شد.

گسترده ترین بهره وری از "آکواکلچر" در قاره آسیا جریان دارد بطوریکه در سال ۲۰۰۲ میلادی بیش از ۷۰ درصد تولیدات جهانی "آکواکلچر" به تنهایی در چین صورت پذیرفت. بیشترین میزان مزارع پرورش ماهیان و صدف های دریایی در سیستم های کم وسعت و سنتی چین اعمال می شوند. اینگونه مزارع پرورشی برای اجتماعات منطقه ای سودمندند و کمترین صدمات محیطی را برجا می گذارند. ناگفته نماند که کاربرد تکنولوژی های ساده پرورش آبزیان با حداقل مصرف نهاده ها از قرن ها پیش در چین رواج داشته است. ایجاد شبکه ای از سیستم های "آکواکلچر" سنتی قادر است فواید بسیاری را در جهت امنیت غذایی در کشورهای در حال توسعه برجا گذارند. اگرچه "انقلاب سبز" (green revolution) طی قرن گذشته در زمینه کشاورزی وقوع یافت، اینک نیز "آکواکلچر" بعنوان "انقلاب آبی" (blue revolution) به مکانی برای تولید صنعتی مواد غذایی تبدیل شده است.

ظهور فزاینده تمایل به گسترش پرورش گونه های مختلف ماهیان گوشتخوار (carnivorous) پُر ارزش سبب بکارگیری سیستم هایی شده است که خسارات عدیده اجتماعی و محیطی را باعث می گردند. پرورش ماهیان در مقیاس صنعتی بویژه گونه های مختلف ماهیان گوشتخوار در مناطق جغرافیایی گوناگون کره زمین به شدت در حال افزایش است و آنها عمدتاً توسط شرکت های چندملیتی کنترل می گردند. مزارع شیلاتی صنعتی ماهیان گوشتخوار بخصوص قزل آلا نیازمند بکارگیری متمرکز منابع موجود و صادرات پُر مشقت محصولانشان به تمامی گیتی است که غالباً منجر به صدمات محیطی و برخوردهای اجتماعی نیز می شوند. برخی اجزاء "آکواکلچر" صنعتی شدیداً نیازمند بازبینی و اصلاح هستند اما این موضوع نیازمند آن است که در مورد بخش های مختلف "آکواکلچر" بیندیشیم و اثرات متقابل آنها را بر سیستم های محیطی و اجتماعی بررسی کنیم. یقیناً اینگونه نگرش را باید مبتنی بر توسعه پایدار پرورش آبزیان از طریق مدیریت و حفاظت از منابع طبیعی استوار ساخت بصورتی که گرایش به کاربرد تکنولوژی و تغییرات ساختاری با توجه به تداوم رضایتبخش رفع نیازهای فعلی و آینده بشر صورت پذیرد. چنین توسعه ای به حفاظت اراضی، آب، گیاهان و منابع ژنتیکی می انجامد و محیط دچار زوال نمی گردد و ضمن بهره گیری از تکنولوژی مناسب به دستاوردهای اجتماعی و اقتصادی مطلوب دست می یابند. "آکواکلچر" پایدار غالباً به ملاحظه توسعه جنبه های اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی می پردازد (۴).



"آکواکالچر" چیست ؟

ماهیگیری یا امور شیلاتی (fishery) ماهیان حقیقی یا ماهیان باله دار و سخت پوستان وحشی در ارتباط با گردآوری (gathering) و سپس صید (hunting) آنها است درحالیکه آکواکالچر منتسب به پرورش آنان می باشد.

اصولاً پرورش (farming) دلالت بر برخی اشکال مداخله در فرآیند پروراندی (rearing یا raising) برای افزایش تولیدات است که از جمله این فعالیت ها می توان به رهاسازی بچه ماهیان (stocking)، تغذیه (feeding) و محافظت آنان از شکارچیان می باشند. پرورش همچنین دلالت بر مالکیت خصوصی یا جمعی بر اینگونه اموال پرورشی یعنی آبزیان دارد. گزارشات حاصله از عملیات جهانی آکواکالچر حاکی از اینکه حدود نیمی از تمامی ماهیان و سخت پوستان مصرفی انسان توسط آکواکالچر فراهم می شوند و اسناد معتبری در این رابطه ارائه می گردند (۵).

"آکواکالچر" (aquaculture) که آنرا "آکوافارمینگ" (aquafarming) نیز می نامند بر طبق تعریف فائو عبارت از : پرورش موجودات آبزی (aquatic organism) نظیر : ماهی ، سخت پوستان (crustacean) ، صدفداران (shellfish) ، نرم تنان (mollusks) و حتی گیاهان آبزی (aquatic plants یا seaweed) است. بعبارت دیگر : پرورش (culture) یا نگهداری (husbandry) موجودات دریایی توسط اشخاص را "آکواکالچر" می گویند اما محبوس سازی بخشی از دریا به همراه موجودات زنده وحشی بدون هیچگونه عمل دیگری را نمی توان بعنوان "آکواکالچر" محسوب داشت. در چنین حالتی آنگاه می توان پروژه محبوس سازی را جزو "آکواکالچر" ارزیابی نمود که با انجام اعمالی بتوان باعث افزایش سرعت رشد و یا کیفیت اینگونه جانداران وحشی دریایی گردید (۱).

موضوع "آکواکالچر" منتسب به پرورش آبزیان وحشی تحت شرایط کنترل شده در تقابل با پرورش تجارتی آبزیان اهلی است که در نهایت به صید آبزیان مذکور می انجامد. آکواکالچر مشتمل بر موارد زیر است:

الف) کشاورزی در آب شور دریا (marine) مبتنی بر آب های آزاد (open-ocean) که موسوم به "آکواپونیک" (aquaponics) است.

ب) کشاورزی در آب شیرین (fresh water) مبتنی بر اراضی ساحلی (land-base) (۱).

محبوب ترین انواع "آکواکالچر" عبارتند از :

- ۱) پرورش ماهی (fish farming)
- ۲) پرورش میگوی آب شور (shrimp farming)
- ۳) پرورش صدف دریایی (oyster farming)
- ۴) پرورش جلبک دریایی (Algal culture یا seaweed farming)
- ۵) پرورش ماهیان زینتی (ornamental fish farming)
- ۶) "آکواکالچر" تلفیقی چند تغذیه ای (integrated multi-trophic aquaculture) (۵).

دیدگاه تاریخی "آکواکالچر" :

براساس تعریف سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO) : "آکواکالچر" عبارت از پرورش جانداران آبی نظیر ماهیان، نرم تنان و دوکفه ایها، سخت پوستان و گیاهان دریایی است. "پرورش" (farming) دلالت بر برخی اقسام مداخله انسان در فرآیند نگهداری بمنظور افزایش تولیدات آبیان می باشد که شامل : تنظیم ذخایر و تغذیه آبیان و همچنین حفاظت از هجوم شکارچیان به آنان می باشد.

"آکواکالچر" با افزایش ۱۰ درصدی تولیدات سالانه اش توانسته است بیش از ۳۰ درصد کل ماهیان مصرفی بشر کنونی را تأمین نماید. نسبت بزرگی از موجوداتی که بشر برای کسب پروتئین نیازمند است، از دریاها بدست می آیند. امروزه در حدود ۱۶ درصد از پروتئین حیوانی مصرفی مردم جهان از ماهیان تأمین می گردد و بیش از یک میلیارد از جمعیت جهان به پروتئین حیوانی بعنوان منبع غذایی اصلی وابستگی دارند. مصرف جهانی ماهی بعنوان یک ماده غذایی از ۴۰ میلیون تن در سال ۱۹۷۰ میلادی به ۸۶ میلیون تن در سال ۱۹۹۸ میلادی رسید.

یک تفکر عوامانه بر نامحدود و پایان ناپذیری منابع اقیانوس ها مبتنی است درحالیکه تنوع و امروزه جمعیت بسیاری از گونه های آبیان وحشی بنحو معنی داری کاهش یافته است. این میزان از کاهش بسیار هشدار دهنده و ناشی از : ماهیگیری بیرویه، تخریب سکونتگاه های آبیان، آلودگی های محیطی و تغییرات شگرف اکولوژیکی و زیستی حاصل از گرم شدن جهانی اقلیم در راستای جابجایی های غیر مستقیم آبیان دریایی است.

بر طبق اعلان "فانو" در حدود ۴۷ درصد از ذخایر اصلی و یا گروه های گونه ای آبیان به آخرین حد بهره برداری پایدار رسیده اند بنابراین باید جنبه های دیگری از تولید آبیان برای تغذیه جمعیت در حال افزایش بشر بکار گرفته شوند. "آکواکالچر" یکی از راه هایی است که می تواند در تکمیل دستاوردهای صید ماهیان وحشی بکار رود تا پاسخگوی افزایش تقاضاها در آینده گردد.



مهمترین رویکردهای تاریخی به "آکواکالچر" عبارتند از:

#۱ بومیان منطقه ویکتوریا در استرالیا از ۶۰۰ سال قبل از میلاد به پرورش "مارماهیان" (eels) می پرداختند. شواهدی وجود دارند که آنها حدود ۱۰۰ کیلومتر مربع (۳۰ مایل مربع) از دشت های سیل گیر حاوی مواد آتشفشانی اطراف دریاچه "کاندا" را تبدیل به مجموعه ای از کانال ها و سدها کرده بودند و از آنها بعنوان دام های درهم تنیده و تودرتو جهت گرفتن "مارماهیان" و نگهداری آنها برای مصارف سالانه استفاده می کردند.

#۲ "آکواکالچر" از حدود ۲۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح در چین به بهره برداری رسید. زمانی که آب اطراف رودخانه های سیلابی فرو می نشست، برخی ماهیان بویژه کپورها در داخل آبگیرها بدام می افتادند. اولین کاربران "آکواکالچر" به بچه ماهیان (brood) با سفیره و مدفوع کرم های ابریشم (silkworm feces) غذا می دادند. خوشبختانه موتاسیون های ژنتیکی کپور ماهیان به ظهور "طلا ماهی" (goldenfish) در زمان سلسله "تانگ" (Tang) منتهی گردید.

#۳ ژاپنی ها به پرورش جلبک های دریایی با ایجاد دیرک های بامبو و سپس استقرار شبکه ها و پوسته صدف های دریایی برای ایفاء نقش لنگرگاه سطحی اسپورها پرداختند.

#۴ رومی ها نیز به پرورش ماهیان در تالاب ها اقدام می کردند.

#۵ در اروپای مرکزی، صومعه های مسیحیان اولیه به تطبیق شیوه های "آکواکالچر" رومیان اقدام نمودند. "آکواکالچر" ضمن قرون وسطی در اروپا گسترش یافت زیرا در تمامی سواحل دریایی و رودخانه های بزرگ نسبت به نمک سود کردن ماهیان اقدام می کردند و از هدر رفتن اینگونه منابع غذایی جلوگیری می نمودند. اصلاح سیستم حمل و نقل در طی قرن نوزدهم موجب گردید تا ماهیان به آسانی و با قیمت مناسب در دسترس همگان حتی در مناطق دور از ساحل که "آکواکالچر" محبوبیتی نداشت، قرار گیرند.

#۶ ساکنان هاوایی اقدام به ساختن استخرهایی در داخل اقیانوس برای پرورش ماهیان می نمودند. یک نمونه قابل ملاحظه از چنین استخرهایی لاقل متعلق به ۱۰۰۰ سال پیش در "آلوکو" وجود دارد که بر طبق افسانه های محلی توسط مردمان کوتوله اساطیری قوم "Menehune" ساخته شده است.

#۷ برداشت گربه ماهی طی قرون گذشته از مزارع "Delta pride" رودخانه "می سی سی پی" جریان داشته است.

#۸ در سال ۱۸۵۹ میلادی، شخصی بنام "استفن اینس وُرت" در مزرعه "شکوفه غرب" نیویورک به تحقیقات در مورد قزل آلاي نهري (brook trout) پرداخت.

#۹ در سال ۱۸۶۴ میلادی، فردی بنام "سِت گرین" به تولید تجاری بچه ماهیان (hatching) در منطقه "بهار کالیدونیا" از ایالت نیویورک اقدام نمود.

#۱۰ در سال ۱۸۶۶ میلادی با کوشش دکتر "ف.ف. فلیچر" از ماساچوست به تولید مصنوعی بچه ماهیان با سرمایه گذاری مشترک کانادا و ایالات متحده آمریکا پرداخته شد.

#۱۱ تولید بچه ماهی در جزیره "دیلدو" از منطقه "نیوفوندلند" در سال ۱۸۸۹ میلادی افتتاح شد و بعنوان بزرگترین مرکز تولید بچه ماهی دنیا مطرح گردید.

#۱۲ در دهه ۱۹۰۰ میلادی، ساکنین کالیفرنیا به برداشت جلبک های دریایی (wild kelp) پرداختند و از آنها فرآورده هایی تهیه می نمودند ولی مدتی بعد چنین گیاهانی را فقط بعنوان منابع دوران جنگ محسوب داشتند و صید آنها ممنوع ساختند.

۱۳#) اولین توجه به "آکواکالچر" در مقیاس بزرگ و صنعتی پس از پایان جنگ جهانی دوم صورت پذیرفت زیرا شرایط اقتصادی کشورهای توسعه یافته جهان خواهان ماهیان بیشتری نظیر: قزل آلا، میگوی آب شور، مارماهیان و خارماهیان (basses) بود که بنحو سودمندی از طریق "آکواکالچر" قابل دستیابی هستند.

۱۴#) "آکواکالچر" ضمن دهه ۱۹۶۰ میلادی به عملیاتی کاملاً تجاری در آسیا تبدیل شد یعنی منطقه ای از دنیا که تولید مواد غذایی از هزاران سال قبل در واحدهای کوچک انجام می گرفت. در طی دهه های اخیر، تولید جهانی "آکواکالچر" بنحو بارزی افزایش یافت. ماحصل مجموعه عملیات "آکواکالچر" در سال ۱۹۷۰ میلادی به میزان ۳/۹ درصد از کل ماهیان تولیدی رسید و این میزان در سال ۲۰۰۰ میلادی به ۲۷/۳ درصد افزایش یافت. تولید کل ماهیان حاصل از "آکواکالچر" در جهان با سرعتی نسبتاً با ثبات معادل ۹/۲ درصد در سال افزایش دارد اما "آکواکالچر" هنوز در مقیاس جهانی آنچنان که انتظار می رفت، در بسیاری از مناطق حائز فقر غذایی جهان مستقر نشده است (۴،۵).

«جدول ۲) تولید جهانی "آکواکالچر" به میلیون تن / فانو (۵):»

سال	۱۹۵۰	۱۹۶۰	۱۹۷۰	۱۹۸۰	۱۹۹۰	۲۰۰۰	۲۰۱۰
کشور							
ژاپن	۱	۳	۵	۷	۱۶	۳۶	۷۲
تایلند	۰/۲	۱	۳	۵	۱۴	۳۱	۶۸
بنگلادش	۰/۱	۰/۸	۳	۴	۱۴	۳۰	۶۴
کره جنوبی	۰/۱	۰/۷	۳	۴	۱۳	۲۹	۶۵
فیلیپین	۰	۰/۶	۳	۳	۱۲	۲۹	۶۲
ویتنام	۰	۰/۶	۲	۳	۱۰	۲۸	۵۹
هند	۰	۰/۵	۲	۳	۹	۲۸	۵۷
اندونزی	۰	۰/۵	۱	۲	۸	۲۶	۵۲
چین	۰	۰/۵	۱	۲	۸	۲۵	۴۸

«جدول ۳) مهمترین کشورهای فعال در آکواکالچر از ۱۹۵۰-۲۰۱۰ میلادی با ۷۹ میلیون تن تولید (۵):»

کشورها	چین	اندونزی	هند	ویتنام	فیلیپین	کره جنوبی	بنگلادش	تایلند	ژاپن	سایرین
درصد فعالیت	۶۱	۸	۶	۳	۳	۲	۲	۲	۱	۱۲

موفقیت های جهانی "آکوالچر" :

در سال ۲۰۰۴ میلادی، کل تولید جهانی ماهیگیری در حدود ۱۴۰ میلیون تن بوده است درحالیکه "آکوالچر" با تولید ۴۵ میلیون تن حدوداً یک سوم آنرا تشکیل می داد. سرعت رشد جهانی "آکوالچر" بنحوی پُر شتاب و پایدار حدوداً سالانه ۸ درصد برای بیش از ۳۰ سال بوده است درحالیکه صید ماهیان وحشی در طی دهه اخیر با وجود بکارگیری تجهیزات مدرن همچنان بدون تغییر مانده است. ارزش بازاری محصولات "آکوالچر" در سال ۲۰۰۹ میلادی به بیش از ۸۶ میلیارد دلار رسید.

"آکوالچر" از جمله فعالیت های اقتصادی مهم در چین بشمار می آید. در فاصله زمانی ۱۹۸۰-۱۹۹۷ میلادی، اداره ماهیگیری چین گزارش داد که میزان تولیدات "آکوالچر" به میزان ۱۶/۷ درصد افزایش یافته بطوریکه از ۱/۹ میلیون تن به حدود ۲۳ میلیون تن رسیده است. در سال ۲۰۰۵ میلادی، کشور چین به سطح ۷۰ درصد کل تولید "آکوالچر" جهانی دست یافت.

امروزه "آکوالچر" یکی از سریعترین سیستم های تولید مواد غذایی در آمریکا است. در حدود ۹۰ درصد کل میگوی مصرفی آمریکا از طریق "آکوالچر" در داخل کشور تولید و یا وارد می شود. طی سال های اخیر، قزل آلاهای ماحصل "آکوالچر" از صادرات مهم مناطق جنوبی شیلی بویژه در "پیترو مونته" شده است. شیلی سریعترین رشد شهرنشینی را در دنیا دارد (۵).

چین بیشترین گزارشات مربوط به "آکوالچر" را در جهان دارد. گزارشات آنها مبین دستاوردهایی معادل دو برابر سایر کشورهای جهان است. گرچه در صحت گزارشات چین شبهاتی وجود دارد. برخی از دانشمندان شیلاتی (R.watson-2001) طبق اطلاعاتی که در مجله معتبر "نیچر" منتشر شد، بر گزارشات مبالغه آمیز کشور چین برای صید ماهیان وحشی طی دهه ۱۹۹۰ میلادی تأکید نمودند. آنها عنوان داشتند: «آشکار است که صید جهانی از سال ۱۹۸۸ میلادی بطور سالانه ۳۰۰۰۰۰ تن بوده است درحالیکه کاهشی را نسبت به گزارشات فعلی یعنی ۳۵۰۰۰۰ تن نشان می دهد». دانشمندان مذکور اظهار می دارند که این موضوع ممکن است در ارتباط با مقررات دولتی چین باشد که بر اقتصاد آن کشور نظارت و سلطه دارد و از افزایش تولیداتش مالیات کسب می کند.

همچنین گزارشات رسمی چین طی سال های اخیر بیانگر افزایش تولیدات "آکوالچر" در مناطق داخلی این کشور بوده اند. البته چنین ادعاهایی گاهاً توسط برخی مقامات چینی مناقشه آمیز دانسته شده و یا کلاً مردود شده اند.

خبرگزاری رسمی "شین هوا" بنقل از "یانگ جیان" مدیر کل شیلات وزارت کشاورزی چین اعلام نموده است که ارقام اعلامی از جانب دولت چین تماماً صحیح هستند درحالیکه "فانو" نسبت به اطلاعات اعلامی دولت چین اعتماد ندارد و اخیراً بحث هایی در این رابطه بواسطه تفاوت اطلاعات حاصله در مقایسه با سایر کشورهای جهان داشته است (۵).

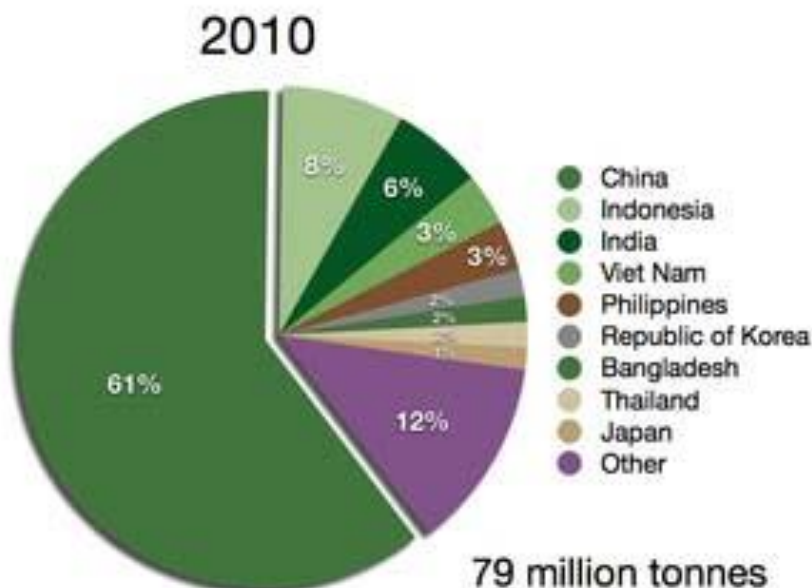


پرورش ماهیان در "آکواکلچر" :

پرورش ماهی (fish) از عمومی ترین اشکال "آکواکلچر" است. این موضوع شامل پرورش (raising یا rearing) ماهیان تجاری در مخازن، استخرها و یا محوطه های مسدود در آبهای آزاد است که غالباً بعنوان غذا مصرف می گردند. یک روش این است که بچه ماهیان (juvenile fish) را در محیط آزاد دریاها رهاسازی می کنند تا به احیاء ماهیگیری کمک نمایند و یا بدینوسیله بر جمعیت برخی گونه های طبیعی بیفزایند که به آن "ماهی ریزی" (fish hatchery) می گویند.

مهمترین گونه های ماهیان که برای پرورش بکار گرفته می شوند شامل : کپورها (carp)، قزل آلا یا ماهی آزاد (salmon)، تیلاپیا (tilapia) و گربه ماهی (catfish) هستند.

در منطقه مدیترانه، ماهیان جوان "تون باله آبی" (bluefin tuna) را با تور درون دریا احاطه می کنند و آنها را به آرامی به سمت ساحل می کشانند و در داخل محوطه های محصور فراساحلی (offshore pens) هدایت می کنند تا برای عرضه به بازارهای مصرف پرورش یابند. در سال ۲۰۰۹ میلادی پژوهندگان استرالیایی به مدیریت ماهیان "تون کوکس" (coax tuna) موسوم به "باله آبی های جنوبی" جهت زادآوری در مخازن محصور در خشکی پرداختند (۵).

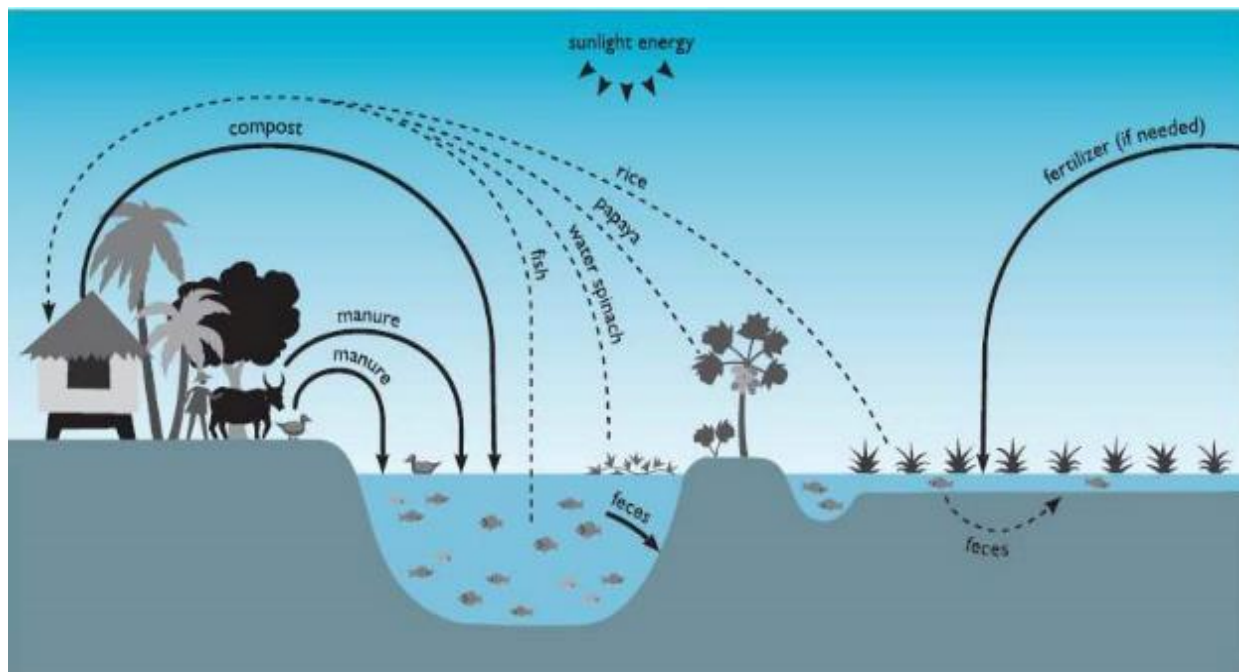


پرورش نرم تنان در "آکوالچر" :

زمانیکه فعالیت جدیدی صورت نمی گیرد آنگاه پرورش نرم تنان (mollusk farming) می تواند بعنوان یک جایگزین عالی برای پرورش ماهیان حقیقی مطرح گردد. آنها در صورتیکه در مکان های مناسبی استقرار یابند و بخوبی اداره شوند، قادرند با کمترین خسارات بر اکوسیستم سواحل و اجتماعات آبزیان بنحو مطلوبی پرورش یابند. پرورش نرم تنان در برخی شرایط می تواند به بهبود کیفیت آب محیط زیست بینجامد.

"آکوالچر" صدف داران دریایی (Shellfish) شامل انواع : صدف دریایی (oysters)، دوکفه ایها (mussels) و حلزون های دریایی (clams) می باشد. صدف های دریایی، دوکفه ایها، حلزون های دوکفه ای و گوش ماهیان (scallops) از مهمترین گونه های نرم تنان پرورشی (mollusc) محسوب می شوند. پرورش نرم تنان در اغلب مواقع هیچگونه صدماتی را بر محیط های آبی وارد نمی سازند درحالیکه پرورش ماهیان حقیقی در موارد مشابه باعث خساراتی چون آلودگی محیط از مواد غذایی مازاد و پدیده "اوتروفیکاسیون" می شوند. صدفداران دریایی (shellfish) بر خلاف دیگر گونه های آبزیان پرورشی به جمع آوری ذرات مواد آلی، سایر مواد معلق و عناصر غذایی موجود در آب می پردازند و تمایل زیادی به اصلاح کیفیت محیط های آبی دارند زیرا آنها از طریق فیلترکردن آبها تغذیه می کنند و در حقیقت نوعی تصفیه کننده زیستی محسوب می شوند که مهمترین وظیفه آنها حذف فیتوپلانکتون ها، ذرات و رسوبات آلی است. بعنوان مثال تخمین زده می شود که هر کیلوگرم گوشت صدفداران از طریق حذف ۱۶/۸ گرم نیتروژن آب حاصل می آید. بهرحال اقدام به پرورش نرم تنان می تواند مسبب معرفی گونه های غیر بومی آبزیان و حتی شیوع بیماریهایی باشد که به سایر گروه های پرورشی صدمه وارد می سازند.

پرورش صدف دریایی "آبالون" در اواخر دهه ۱۹۵۰ و اوایل دهه ۱۹۶۰ میلادی در ژاپن و چین آغاز شد و از اواسط دهه ۱۹۹۰ میلادی به توسعه موفقیت آمیزی دست یافت ولیکن صید بیرویه و شکار غیر مجاز (poaching) با کاهش جمعیت گونه های وحشی به جایی منجر شد که مزارع پرورش "آبالون" تقریباً تمامیت گوشت مصرفی این قبیل جانوران را در دنیا تأمین می کنند (۴،۵).



پرورش سخت پوستان در "آکواکالچر" :

سخت پوستان (crustaceans) نیز از جمله جانوران آبی قابل پرورش در سیستم های "آکواکالچر" هستند. پرورش میگوهای دریایی (shrimp) تجاری در دهه ۱۹۷۰ میلادی آغاز شد و بمرور بر تولیداتش افزوده گردید. تولید جهانی میگو در سال ۲۰۰۳ میلادی بر ۱/۶ میلیون تن با ارزشی معادل ۹ میلیارد دلار آمریکا بالغ شد. در حدود ۷۵ درصد مزارع پرورش میگو در آسیا بویژه در کشورهای چین و تایلند واقع هستند اما ۲۵ درصد مابقی در آمریکای لاتین قرار دارند بطوریکه برزیل بزرگترین تولید کننده میگوی پرورشی آن منطقه است و تایلند بزرگترین صادر کننده میگو در جهان بشمار می آید.

امروزه پرورش میگو از حالت سنتی و در مقیاس کوچک به یک صنعت جهانی در جنوب شرقی آسیا تبدیل شده است. بسیاری از پیشرفت های تکنولوژیکی باعث افزایش تراکم میگو در واحد سطح شده اند و تولیدات حاصله از طریق کشتی ها به تمام نقاط دنیا حمل می گردند.

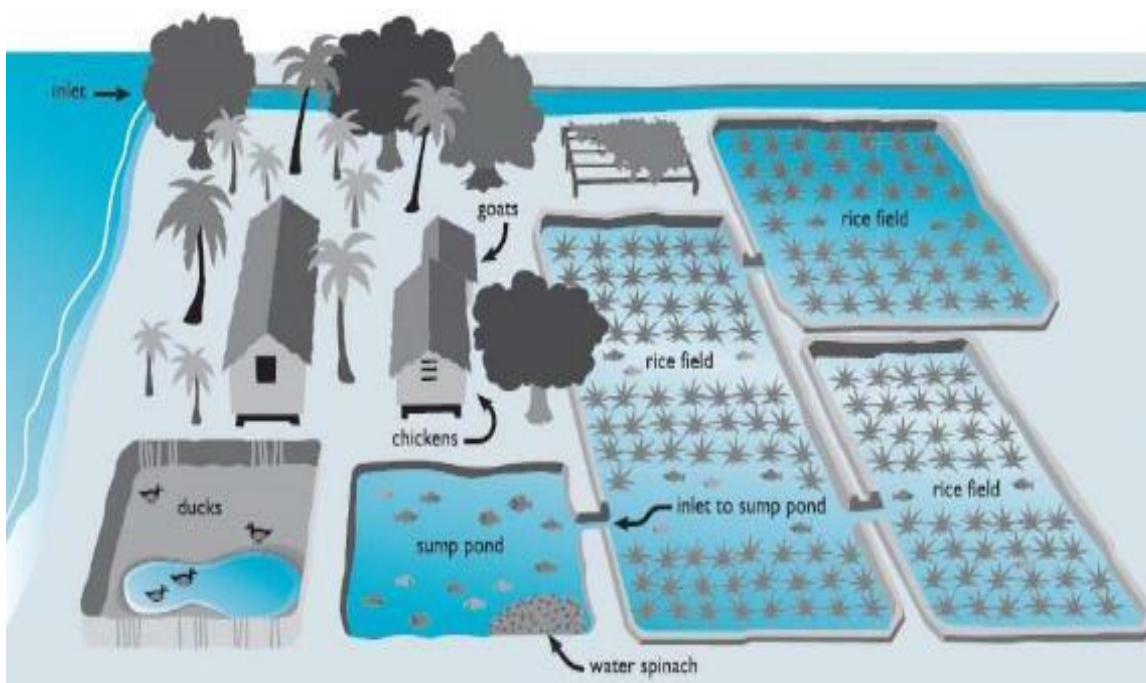
تقریباً تمامی میگوهای پرورشی امروزی از خانواده "penaeidae" هستند بطوریکه فقط دو گونه از آنها بشرح زیر در حدود ۸۰ درصد میگوهای پرورشی دنیا را تشکیل می دهند :

الف) "میگوی سفید اقیانوس آرام" (pacific white shrimp) برای پرورش در محیط های آب شور

ب) "میگوی درشت ببری" (giant tiger prawn) برای پرورش در محیط های آب شیرین.

این قبیل تك كشت هاي صنعتي میگوها نسبت به شیوع بیماریها بسیار حساسند بطوریکه به تلفات زیاد جمعیت آنها در سراسر منطقه منجر می گردند. افزایش مشکلات اکولوژیکی در ضمن دهه ۱۹۹۰ میلادی بر وخامت بیماریها اضافه نمود بطوریکه کشورهای تولید کننده و مصرف کننده را به تغییر صنایع و وضع قوانین سخت گیرانه ای وادار ساخت تا جانیکه صنایع وابسته و سازمان های حفاظت از محیط زیست بسیاری از کشورها در سال ۱۹۹۹ میلادی به اجرای برنامه هایی جهت کمک به توسعه و ترقی عملیات تولید پایدار پرورش میگو پرداختند.

پرورش میگوهای آب شیرین (prawn) از بسیاری جهات با پرورش میگوهای آب شور (shrimp) حتی در مشکلاتشان مشابهت دارند. امروزه مشکلات منحصر بفردی با توسعه سیکل زندگی گونه های اصلی موسوم به "میگوی درشت رودخانه" (giant river prawn) بروز یافته اند. تولید سالانه جهانی میگوهای آب شیرین از جمله "لابستر کوچک" (crayfish) و خرچنگ ها (crabs) ضمن سال ۲۰۰۳ میلادی حدود ۲۸۰۰۰۰ تن بوده اند که کشور چین با تولید ۱۸۰۰۰۰ تن و تایلند و هند هر کدام با ۳۵۰۰۰ تن در رتبه های اول تا سوم قرار دارند. بعلاوه چین دارای تولیدی حدود ۳۷۰۰۰۰ تن "خرچنگ چینی رودخانه ای" (Chinese river crab) نیز بوده است (۵).



پرورش گیاهان دریایی در "آکواکالچر" :

گیاهان دریایی (aquatic plants) نیز از جمله آبزیانی هستند که در سیستم های "آکواکالچر" پرورش می یابند. جلبک های کوچک (microalgae) موسوم به : "فیتوپلانکتون" (phytoplankton) ، "میکروفیت" (microphyte) و "پلانکتونیک" (planktonic) هستند که عمده ترین جلبک های پرورشی را تشکیل می دهند.

جلبک های بزرگ (macroalgae) را عموماً بنام "علف های هرز دریایی" (seaweed) می شناسند که دارای موارد استفاده تجاری و صنعتی هستند اما به دلیل اندازه بسیار بزرگ و نیازهای خاص بسادگی در مقیاس وسیع پرورش نمی یابند و غالباً بحالت وحشی می رویند (۵).



سایر گروه های پرورشی "آکواکالچر" :

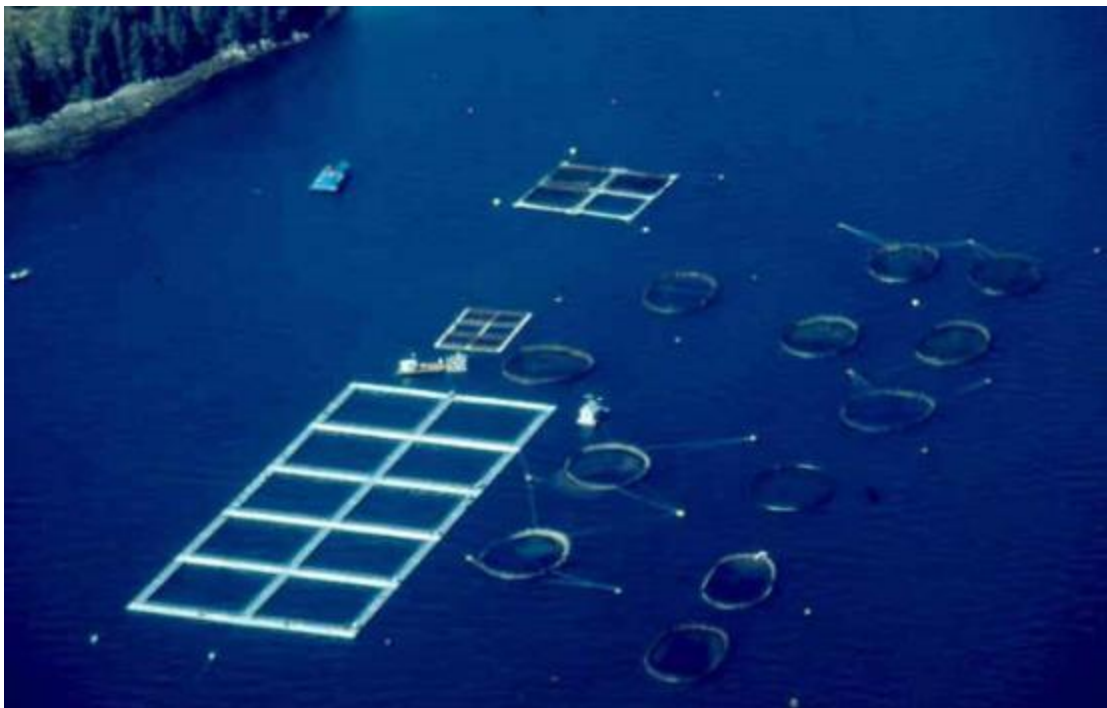
گروه های دیگری شامل : خزندگان (reptiles)، دوزیستان (amphibians) و انواع بی مهرگان (invertebrates) نظیر خارپوستان (echinoderms) و ماهیان ژله ای (jellyfish) هستند که هر کدام بنحوی بعنوان بخشی از مبحث آکواکالچر مطرح می باشند اما هیچکدام دارای آنچنان تولیدی نیستند که بعنوان يك موضوع جداگانه قابل بررسی و اهمیت گردند.

برداشت اقتصادی خارپوستان شامل : خیار دریایی (sea cucumber) و توتیای دریایی (urchin) است. در کشور چین، خیارهای دریایی را در استخرهای مصنوعی به وسعت ۱۰۰۰ ایکر (۴۰۰ هکتار) پرورش می دهند (۵).

"آکواکالچر" دریایی :

آکواکالچر دریای (mariculture) منتسب به عملیاتی از آکواکالچر است که در محیط های دریایی و در زیستگاه های زیر آبی انجام می شوند. کپور ماهیان (carp) گونه غالب سیستم های "آکواکالچر" هستند و "تیلاپیا" (tilapia) سازگارترین آبی پرورشی است که پس از کپورها در مرتبه دوم قرار می گیرد.

"آکواکالچر" دریایی در رابطه با پرورش موجودات بحری درون آب دریا است که غالباً در آب های ساحلی اجرا می شود. بویژه پرورش ماهیان دریایی نمونه ای از این شیوه محسوب می گردد. همچنین پرورش سخت پوستان دریایی نظیر میگوهای دریایی، دوکفه ایهای مثل صدف دریایی و علف های دریایی را از این جمله محسوب می دارند (۵).



"پلي كالچر" و "آكواكالچر" تلفيقي :

"پلي كالچر" (polyculture) و "آكواكالچر" تلفيقي يا جامع (integrated) از جمله شيوه هاي پرورش ارگانيزم هاي متنوع در يك سيستم پرورش است بطوريكه هر گونه از منابع متمايزي بهره مي گيرد و جايگاه اكولوژيك (نيچ) متمايزي را در سيستم پرورش تلفيقي اشغال مي كند. اين موضوع مي تواند درگير پرورش چندين ارگانيزم آبي با يكدیگر باشد و يا مي تواند درگير با پرورش ارگانيزم هاي آبي در جوار حيوانات و گياهان خشكي زي (terrestrial) گردد. بعبارت ديگر، ضايعات يك ارگانيزم در چنين مجموعه اي بعنوان مواد مصرفي ديگر اجزاء سيستم پرورش استفاده مي گردند و نتيجهً ضمن استفاده بهينه از منابع به كمترين ميزان آلودگي محيطي منجر مي شوند.

سيستم هاي "پلي كالچر" مي توانند سودهاي دوجانبه اي (mutual profits) را از طريق خلق ارتباطات همزيستي (symbiotic) فراهم سازند و بدینطريق سبب ايجاد تعادل در استفاده از منابع آبي قابل دسترس شوند درحاليكه سيستم هاي "مونوكالچر" متراكم به استخراج شديد منابع سيستم مي پردازند و تنش زيادي را به محيط پيرامونشان وارد مي سازند. بعلاوه سيستم هاي تلفيقي قادرند كارآيي اقتصادي ماهيان پرورشي را از طريق بالا بردن ضريب تبديل مواد وارده افزايش دهند.

"پلي كالچر" و "آكواكالچر" تلفيقي توانايي هدف گيري برخي مشكلات ناشي از پرورش ماهيان حقيقي خاص را دارند. بعنوان مثال تلفيق پرورش ماهي با پرورش جلبك ها و يا گونه هاي مختلف صدف هاي دريائي داراي پتانسيل كاهش احتمال پديده "اوتروفيكاسيون" (eutrophication) و همچنين انتفاع از مقادير زياد ضايعات حاصل از اراضي پرورش ماهي است. پژوهش هاي بيشتري براي تعيين اثرات چنين سيستم هايي بويژه در محيط هاي آبي باز (open marine) ضروري است. سيستم هاي "پلي كالچر" نظريه جديدي نيستند زيرا از قرن ها پيش بكار گرفته مي شده اند.

براي بيش از يك هزار سال است كه كشاورزان چيني به پرورش ۴ گونه اصلي از ماهيان زير بصورت مخلوط در تالاب ها مي پردازند كه عبارتند از :

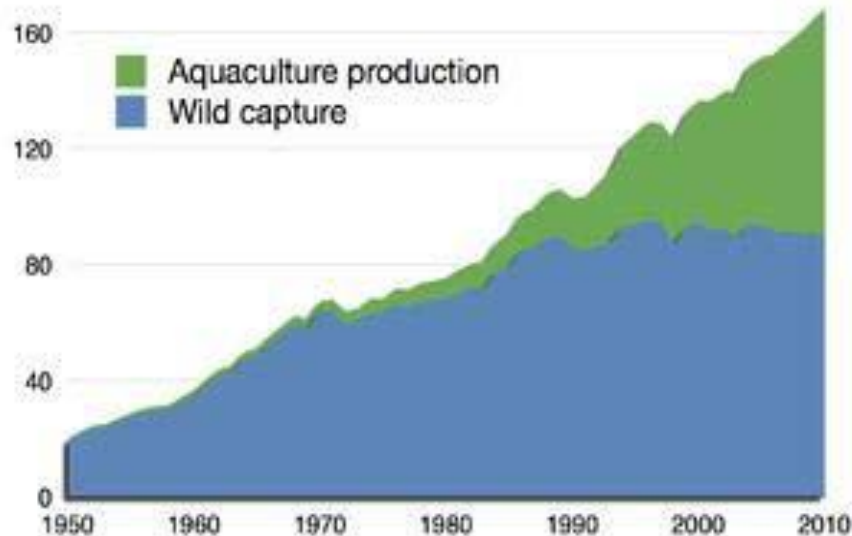
۱) كپور نقره اي (silver carp) كه از فيتوپلانكتون ها از طريق فیلترکردن آب تغذيه (filter feeding) مي كند.

۲) كپور علفخوار (grass carp) كه از گياهان آبي تغذيه مي نمايد.

۳) كپور معمولي (common carp) كه يك "همه چيز خوار" (amnivorous) است.

۴) كپور سرگنده (bighead carp) كه از زئوپلانكتون ها بصورت فیلترکردن آب بهره مي جويد.

اينگونه سيستم هاي بهره برداري از منابع آب و غذاي قابل دسترس در راستاي كاهش هزينه ها و افزايش كارآيي و توليد صورت مي پذيرند. بايد توجه گردد كه سيستم هاي "پلي كالچر" مبتني بر شبكه هاي محصور (netpens) ممكن است به فوايد عديده اي نظير كاهش ضايعات و حذف مشكلاتي چون فرار ماهيان، انتقال بيماريها و تخليه مواد شيميايي منتهي گردد (۴).

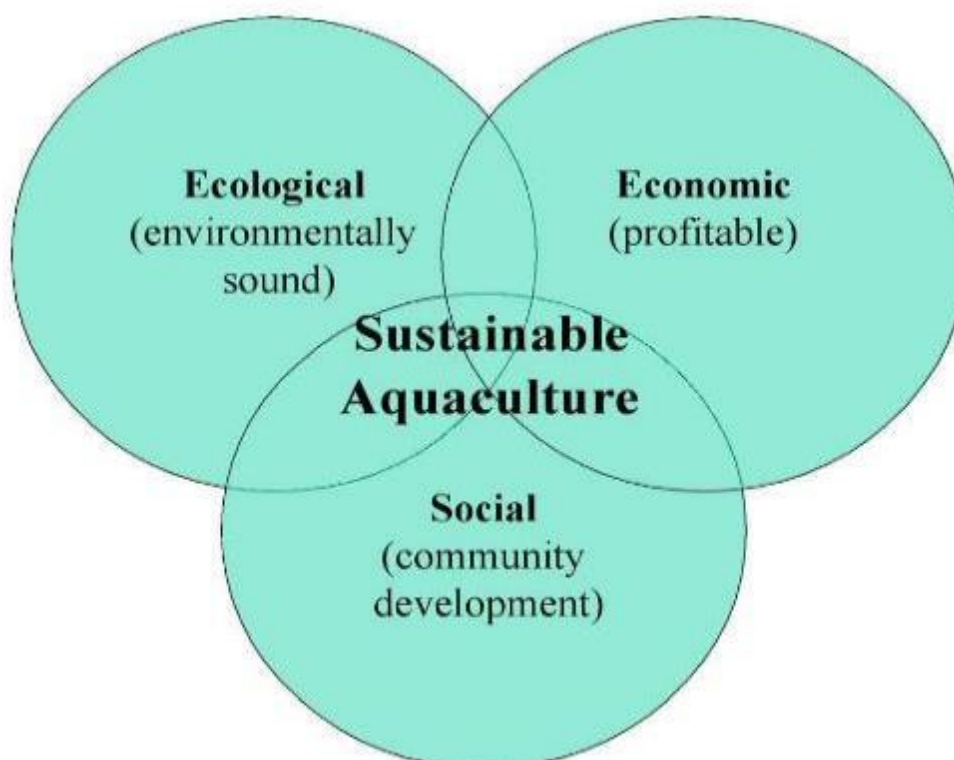


سیستم های پرورش تلفیقی آبزیان:

کشاورزان "کم زمین" از فقیرترین افراد جوامع در حال توسعه هستند آنچنانکه غالباً به غذای کافی جهت سالم و فعال بودن دسترسی ندارند. آنها در بسیاری از کشورها بعنوان مقیاس فقر و گرسنگی شناخته می شوند زیرا دائماً برای بقاء خویش و خانواده با مشکلات عدیده ای دست به گریبان هستند. از شیوه هایی که می تواند به کشاورزان "کم زمین" برای توسعه پایدار اقتصادی و اجتماعی کمک کند اینکه از سیستم های کشاورزی و "آکواکالچر" تلفیقی بهره گیرند.

انواع مختلف "آکواکالچر" بعنوان بخشی مهم از سیستم های کشاورزی توسعه یافته هستند که می توانند به تعدیل امنیت غذایی (food security)، ایمنی غذایی (food safety)، رفع سوء تغذیه (malnutrition) و فقر کمک کنند و غذای مکفی، شغل و درآمد مناسب عاید کشاورزان "کم زمین" نمایند تا خطرپذیری کشاورزی کاهش پذیرد، منابع آبی قابل دسترس بهبود یابند و مدیریت منابع طبیعی در راستای کشاورزی پایدار انجام شود.

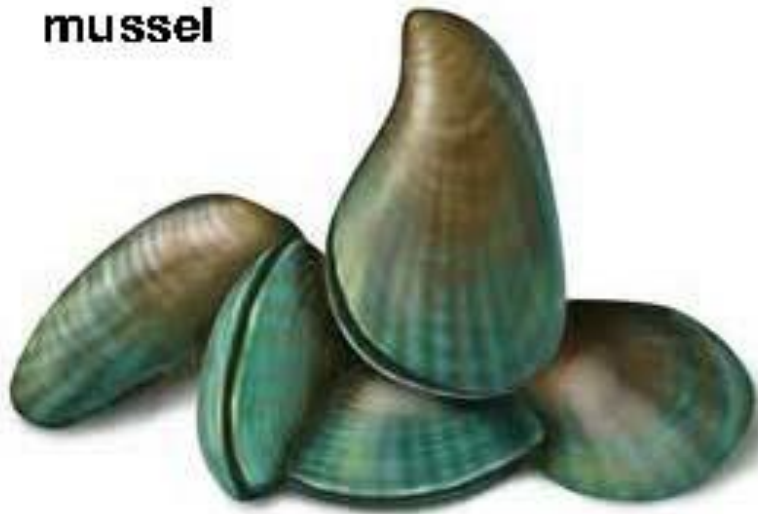
پرورش دام ها و تولید فرآورده های جانبی آنان از اهمیت زیادی در "آکواکالچر" برخوردارند. حلقه اصلی اتصال بین دامپروری (livestock production) و پرورش ماهی (fish farming) در بکارگیری ضایعات دامپروری بعنوان تأمین کننده بخشی از شبکه غذایی چرخه تولید آبزیان می باشد. در مقیاس جهانی، اکثریت فعالیت های پرورش ماهیان آب شیرین در قاره آسیا و در قالب سیستم های نیمه متراکم صورت می پذیرند آنچنانکه ضایعات دامپروری را به مصرف می رسانند. بیشترین افزایش تولیدات "آکواکالچر" درون سرزمینی کشور چین بواسطه بهره گیری از کودهای آلی حاصل از پرورش خوک و ماکیان بوده است. بهره مندی از ضایعات دامپروری در پرورش آبزیان امری حیاتی است، حتی اگر جیره غذایی کافی با کیفیت مناسب در اختیار باشد (۳).



"آکواکلچر" سریعترین رشد تولید مواد غذایی دنیا را با بیش از ۱۰ درصد در دهه گذشته داشته است. بیشترین میزان افزایش این تولیدات در قاره آسیا وقوع می یابد یعنی در وضعیتی که بیشترین تنوع گونه ای و سیستم ها بکار گرفته می شوند. در آسیا همچنین از "آکواکلچر" خانگی (home aquaculture) استفاده می شود که سابقه ای بس دیرین در جهان دارد و مبتنی بر تجربیات و دانش بومی است. بعلاوه پرورش ماهی و دامپروری به بهترین وجهی در آسیا استقرار دارد. سیستم های پرورش ماهی و دام زمانی به توسعه مطلوب می رسند که براساس منابع و محیط موجود طراحی گردند تا بخوبی بتوانند بقاء یابند و از نظر اقتصادی توجیه پذیر باشند. عوامل اصلی چنین طرح های می توانند نقش مؤثری را در برپایی و استمرار سیستم ایفاء نمایند (۳).

آبزی پروری تلفیقی (integrated farming) عموماً معادل استفاده مستقیم از کودهای دامی در پرورش ماهیان می باشد. این موضوع غالباً در راستای مدیریت جامع منابع موجود است ولیکن نمی تواند شامل اجزاء ماهیان و یا دام ها باشد. آبزی پروری تلفیقی شامل تعدادی از فعالیت های همسو و متقارن است که "آکواکلچر" حداقل یکی از آنها را تشکیل می دهد. اینگونه فعالیت ها ممکن است مستقیماً در یک محل (on-site) و یا در مکان های مجزا (off-site) صورت پذیرند. فواید حاصل از عملیات تلفیقی شامل اثرات افزایشی (synergistic) در قیاس با مجموع اثرات آنها (additive) می باشد. در طی چنین عملیاتی هر کدام از اجزاء سیستم بنحوی متنعم می گردند. در این برهه موضوع ضایعات بکلی حذف نمی شود زیرا بصورتی معقولانه و عملاً بعنوان منابع خارج از شمول (out of place) بهره برداری می گردند (۳).

mussel



پتانسیل تلفیق پرورش دام با ماهی :

اصلی ترین پتانسیل تلفیق پرورش دام و ماهی مرتبط با بکارگیری تمامی مواد غذایی (nutrients) بویژه بازیافت فضولات دامی در پرورش آبزیان است. موضوع مواد غذایی اصولاً متناسب به عناصری نظیر ازت و فسفر است که بعنوان حاصلخیز کننده سبب تحریک شبکه غذایی طبیعی در قیاس با کاربرد سنتی مواد غذایی در تغذیه دام ها می شوند. البته بقایای جامد کشتارگاهی که در تغذیه ماهیان گوشتخوار استفاده می شوند، در گروه بندی دیگری قرار می گیرند.

مواد زاندی که در "آکواکالچر" تلفیقی دام و ماهی بطور مستقیم بهره برداری می گردند عبارت از: مدفوع جامد دام ها (manure)، ادرار دام ها (urine)، مواد زهکش مدفوع دام ها (slurry) و بقایای دورریز مواد غذایی آنها (spilled feed) هستند. مصرف ضایعات در تالاب های ساکن در معرض محدودیت هایی چون نوع گونه های پرورشی و تراکم آنها قرار دارد. انگیزش شبکه غذایی طبیعی تالاب ها به کمک ضایعات آلی می تواند مہیای غذای کافی برای بخشی از ماهیان علفخوار (herbivorous) و همه چیزخواران (omnivorous) باشد اما پاسخگوی خیل عظیم ماهیان گوشتخوار (carnivorous) نیستند. ضمن اینکه این قبیل فرآیند بیولوژیکی به دمای محیط وابستگی دارند. مناسب ترین دمای محیط برای چنین محیطی در حدود ۲۵-۳۲ درجه سانتیگراد است و بدینگونه می باشد که "آکواکالچرهای" مبتنی بر تغذیه ضایعات در مناطق نیمه گرمسیری و معتدله که دمای آب بصورت فصلی افزایش می پذیرد، دارای توفیقات بیشتری هستند.

فرآیند ضایعات توسط ارگانیزم هایی نظیر کرم های خاکی و لارو حشرات که از آنها تغذیه می کنند و آنها را بصورت مواد غذایی متراکم در بافت زنده (live feeds) خویش تجمع می دهند، از ضروریات پرورش حیواناتی با نیاز به رژیم غذایی پروتئینی است. پرورش دام ها به تولید مقادیر زیادی از ضایعات منجر می

شود که شامل : آب رقیق حاصل از شستشو تا گوشت های غیرقابل مصرف سرشار از کیفیت و فرآورده های خونی (bloodmeal) است که می تواند در جیره غذایی و یا ترکیبات آنها به مصرف برسند. در صورتیکه از اینگونه ضایعات به مقدار کافی در دسترس باشند آنگاه می توان با تولید مواد کیفی و متراکم پاسخگوی نیازهای غذایی گونه های مختلف آبزیان گوشتخوار بود.

"آکواکالچر" نیز می تواند موادی را به سیستم دامپروری وارد سازد و موجب منفعت گردد. مجموعه ای از گیاهان آبی (aquatic plant یا seaweed) نظیر عدسک آبی (duckweeds) و سرخس آبی آزولا (azolla) دارای توانایی تغذیه دام ها هستند و بی مهرگانی نظیر حلزون ها و سخت پوستان را نیز می توان در تغذیه ماکیان بکار گرفت.

سایر فواید کم اهمیت تر حاصل از تلفیق پرورش دام و آبزیان عبارتند از :
الف) استفاده از آب مصرفی "آکواکالچر" برای نوشاندن و حمام کردن دام ها و همچنین خنک نمودن محل زندگی آنها.

ب) مواد غذایی موجود در آب مخازن پرورش و ذرات رسوبات ممکن است در تولید محصولات زراعی (arable crops) مصرفی دام ها بهره برداری شوند. البته دوام و پایداری عملیات فوق بستگی به عوامل متعددی نظیر نوع دام ها و آبیانی دارد که بنحو سودآوری در سیستم های پرورش نگهداری می گردند (۳).



روابط آبی پروری تلفیقی :

بر طبق توصیه های "فائو-۲۰۰۰" امروزه تلفیق پرورش ماهی و دام بیش از سابق ضرورت دارد. نتایج بررسی هایی که در مورد مزارع کوچک "آکواکالچر" در بنگلادش، هند، تایلند و ویتنام انجام گرفته اند، نشان می دهند که کاربرد فضولات دامی بعنوان مواد ورودی غالباً عمومیت دارد. افزودن فضولات دامی و یا زهکش کردن آنها بداخل تالاب های پرورش آبیان از عمده ترین دلایل افزایش راندمان تولید در مزارع آسیا هستند. نتایج پژوهشی کشور چین نشان دادند که همگام با عملیات پرورش متراکم آبیان که از فرمولاسیون پلت در تغذیه آنان بهره می گیرند و منجر به رشد سریع آنان می گردند، برخی از تالاب های "آکواکالچر" درون سرزمینی مبتنی بر کودهای آلی حاصل از ماکیان و خوک نیز به رشد زائدالوصفی نائل آمده اند. مواد مکمل غذایی نظیر سبوس برنج (rice bran) و کنجاله دانه های روغنی (oil cake) که بطور معمول در تغذیه دام ها مصرف می شوند را می توان برای تغذیه آبیان نیز بکار گرفت. رشد فزاینده نیازهای غذایی پرورش آبیان به مرحله ای رسیده است که تدارک آنها را مصادف با صدمات محیطی مطرح می کند (۳).

پیامدهای پایدار در سطوح میکرو و ماکرو :

موضوع پایداری تولید را می توان در سطوح جهانی، ملی، منطقه ای، اجتماع و معیشتی (household) مطرح نمود و دورنمای متنوعی را برایش متصور ساخت. پایداری از نظر متخصصین اکولوژی ممکن است نسبت به دیدگاه اقتصاددانان متفاوت باشد اما غالباً آنرا از جنبه های ارتباطات اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی ارزیابی می کنند. مسئله مهم در اینجا چنین است که چگونه می توان از طریق "آکواکالچر" تلفیقی ضمن تدارک مواد غذایی کافی و با کیفیت به حفاظت از محیط زیست پرداخت؟ اما بهرحال معروف ترین تعریف پایداری تولید (sustainability) عبارت است از :

«دستیابی به نیازهای موجود بدون مخاطره توانایی تولید برای آینده (WCED-1987)» (۳).

mussel



پایداری در سطوح میکرو :

تفسیر و اندازه گیری پایداری از نکات اساسی توسعه روستایی است. در کشاورزی های کوچک مقیاس جهان، پارامترهای اصلی پایداری را شامل تنوع گونه ای، چرخه مواد غذایی، ظرفیت تولید و کارایی اقتصادی عنوان می کنند (Bimbao-1995). پناهگاه های آبی رودخانه ای (watershed)، مزارع، کرت ها و تالاب های پرورش را ممکن است بعنوان مبانی ارزیابی پایداری تولید محسوب دارند ولی بهرحال نقش انسان بعنوان محور پایداری تولید بسیار برجسته است. امروزه بسیاری از کشاورزان فقیر هیچگونه اعتمادی به پایداری تولید در اراضی خویش ندارند. کشاورزی بارز معیشتی معمولاً بصورت ترکیبی اداره می شود که بستگی به نوع منابع و بسیاری از عوامل برون مزرعه ای (off-farm) دارد اما بهرحال مسئله معیشت کشاورزان بعنوان قلب پایداری تولید مطرح است. افکار "کل نگری" (holistic) خواهان آنالیز و تشریح معیشت مردم در ارتباط قوی با نیازهایش می باشد (۳).

معیشت (livelihood) شامل توانایی، دارایی (منابع مالی و اجتماعی) و فعالیت های لازم برای یک زندگی متوسط است. هر معیشت زمانی پایدار محسوب می شود که بتواند تنش ها و لطمات وارده را ترمیم کند، توانایی ها و دارایی های فعلی را افزایش و یا حفظ کند درحالیکه هیچگونه تخریبی بر منابع اصلی وارد نسازد (Carney-98). ایجاد ارتباط بین نظریه اکوسیستم ها و سیستم های پرورش می تواند بسیار مفید باشد و به پایداری سیستم ها بینجامد. بوجود آوردن سیستم های کوچکتر (sub-systems) نظیر پرورش دام و آبزیان در داخل سیستم های کشاورزی بزرگتر می تواند روند چرخه مجدد عناصر غذایی و غلظت آنها را اصلاح نماید که این موضوع می تواند در موقعیت های روستایی یا شهری و شرایط حاصلخیزی یا فقر عناصر غذایی عمومیت یابد.

تنوع، ثبات و ظرفیت می تواند مؤید پرورش دام ها و آبزیان در مزرعه باشند و از این طریق بر راندمان اقتصادی سیستم بیفزایند تا گشایشی حاصل آید. مزارعی که عناصر غذایی خارجی به آنها تزریق نمی شوند و یا به مقدار کمی افزوده می گردند، قادر به تأمین معیشت کشاورزان نیستند و به پایداری تولید در حد اقتصادی منجر نمی شوند لذا نهایتاً به نزول توانایی "آگرواکوسیستم" می انجامند. بیشترین درآمد کشاورزان در کشورهای کنیا و ماکائو زمانی حاصل آمدند که تلفیقی از باغبانی، آگروفورستری و دامداری انجام پذیرفتند. دامپروری در عین مدیریت خاک در مناطق پر جمعیت کشور اوگاندا توانسته است از نزول کیفیت اراضی جلوگیری نماید (۳).

«جدول ۴) تأثیر پرورش دام و ماهی بر پایداری سیستم های کشاورزی (۳)»

مشخصه سیستم	پرورش دام	پرورش ماهی
چرخه مجدد عناصر غذایی	تعریف دام ها با محصولات کشاورزی نظیر سبوس برنج و همچنین گیاهان آبی و خشکی زی جهت تسریع چرخه عناصر غذایی در مزرعه، در آسیای شرقی و چین از پرورش خوک برای این منظور بهره می گیرند.	عناصر غذایی مازاد که در سیستم رسوب می یابند، را می توان برای تولید محصولات زراعی بکار گرفت.
عناصر غذایی متراکم	تغذیه با مواد خارج و داخل مزرعه ای می تواند باعث تغلیظ عناصر غذایی شود و بدینوسیله به راندمان بیشتری منتهی گردد. برای این منظور غالباً از نشخوارکنندگان استفاده می شود.	از ماحصل ماهیان موجود و ذخیره ای می توان در تغذیه انسان و یا جیره غذایی دام ها استفاده نمود.
تنوع	بسیاری از مالکان "کم زمین" از دام های متنوعی بهره می گیرند که از انواع منابع غذایی در دسترس تعریف می کنند. مهمترین فواید این شیوه عبارت از مدیریت آفات، مدیریت پذیری، چرخه عناصر غذایی، دلایل اقتصادی (کاهش مخاطرات و جریان سرمایه)	کارایی "پلی کالچر" در سیستم های "آکواکالچر" با بهره برداری از نیچ های مختلف افزایش می یابد. ایجاد یک فاز آبی در چرخه زندگی باعث کنترل بیماریهای مشترک انسان و دام می شود.
ثبات (مقاومت به تغییرات)	دام ها تأثیرات با ثباتی دارند و میزان آشفتگی را ضمن تنش های فیزیکی و اجتماعی کاهش می دهند. بکارگیری بهینه نهاده ها شامل کود و سوخت به کشاورزان "کم زمین" امکان حفظ تولید را در مواجهه با تغییرات می دهد.	حفظ بدنه آب باعث بهبود پرورش ماهیان می شود و بر ثبات سیستم می افزاید.
ظرفیت	ضایعات دام ها موجب اصلاح کیفیت و حاصلخیزی خاک می شوند. مدیریت چرا می تواند به اصلاح گونه های ارزشمند و کاهش فرسایش خاک بینجامد.	افزایش آب و عناصر غذایی باعث بهبود ظرفیت تولیدات در تالاب ها می شود. آب بندی کف تالاب ها باعث حفظ عناصر غذایی موجود و مدیریت آبهای زیرزمینی می گردد.
کارایی اقتصادی	تولیدات دامی غالباً مهمترین بخش سرمایه گذاری زودبازده در سیستم های کوچک هستند. برخورداری از انواع دام ها می تواند به اصلاح سیستم از نظر سرمایه گذاری، جریان سرمایه و خطرپذیری بینجامد.	ماهیانی با اندازه کوچک غالباً بازارپسندی بیشتری دارند. "پلی کالچر" و پرورش پیگیرانه بر فرصت های بازاریابی می افزایند.
پذیرش شرایط موجود	برتری سیستم های دامداری تجاری باعث می گردد که مالکان "کم زمین" نیز به تغییر تقاضاها واکنش مثبت نشان دهند.	سیستم های "آکواکالچر" می توانند بازارها و منابع را سریعاً اشغال کنند. تولیدکنندگان کوچک می توانند به مقابله با تولیدات تجاری برخیزند و بخشی از کمبودهای صیادی را جبران کنند.

پایداری در سطوح ماکرو :

مفهوم پایداری از نظرگاه ماکرو ممکن است بصورت جهانی، ملی، منطقه ای و یا مفهومی باشد. افزایش چشمگیر تجارت جهانی متعاقب توافقنامه WTO باعث فشارهای شدیدی بر تولید مواد غذایی و بقاء سیستم های کشاورزی شد. اقتصاد کشاورزی نسبت به پایداری تولید بسیار خوشبین است اما سایر گروه ها از خسارت پذیری کشاورزان "کم زمین" و کشورهای فقیر بیمناک هستند. بعنوان مثال کشورهای عضو اوپک زمانی که با کاهش بهای نفت مواجه می شوند، بناچار از واردات مواد غذایی خویش می کاهند و در این میان کشورهایی که بیشترین درآمدشان از طریق "آکوالچر" حاصل می شوند نظیر کوبا که بر صادرات مواد غذایی به روسیه اتکا دارد، دارای بیشترین صدمات خواهند بود.

سیستم های "آکوالچر" نیمه متراکم در کشور چین در قیاس با سیستم های متراکمی که غذایی بیشتری را برای تولید زیاده طلب می کنند، باعث اصلاح روند تولید و کاهش صدمات محیطی شده اند. امروزه تمایل به بکارگیری "آکوالچر" متراکم برای دستیابی به حداکثر تولید و بیشترین سود قابل دسترس وجود دارد درحالی که استفاده لجام گسیخته از منابع به آلودگی های محیطی بیشتری می انجامند. مثلاً عمده ترین گونه هایی که در سیستم های فشرده بکار گرفته می شوند شامل قزل آلا و میگوی دریایی هستند که رژیم غذایی آنها مبتنی بر ماهیان مغزی (fishmeal) است و این موضوع صدمات شدید محیطی را بدنبال دارد. بصورت بالقوه تشدید پرورش نیمه متراکم "تیلپیا" حتی می تواند ضربات مهلک تری را بر محیط زیست هایی وارد سازد که درصدد پاسخگویی به افزایش تقاضاها هستند. مشکلات تأمین مواد غذایی و ضایعات حاصله فقط بخشی از مسائلی هستند که در سیستم های پایدار پرورش دام و ماهی در سطح ماکرو بوجود می آیند. چنانکه کنترل پاتوژن ها می تواند معضلات بیشتری ایجاد کند و آلودگی های منجر به تهدید سلامتی انسان را بارز سازند. هزینه بیماریهای واگیر (اپیدمیک) نظیر "تب خونی" (swine fever) و معضلات کنترل آن در سطوح پرورش متراکم نیازمند تجدید نظر و تدوین قوانین جدید است. چنین مشکلاتی در موارد دیگری مثل پرورش متراکم قزل آلا و میگوی "ببر سیاه" (black tiger) در مناطقی از اقیانوس اطلس بشدت وقوع یافته اند.

کنترل پاتوژن ها از طریق جداسازی (ایزولاسیون) نیز بسیار دشوار است زیرا نیازمند تعویض آب در سیستم های متراکم می باشد. امروزه اکثر سیستم های کشاورزی تحت واردات و صادرات زیاد نظیر زراعت، دامپروری و "آکوالچر" تمایل وافر به کاهش تنوع در قالب "مونوکالچر" (monoculture) دارند ولیکن آنها بسیار وابسته هستند و آلودگی گسترده ای ایجاد می کنند. اینگونه سیستم ها از کمترین چرخه مجدد مواد بهره می برند و در برابر تغییرات محیطی بسیار بی ثباتند. بعلاوه کارایی اقتصادی آنها شدیداً تحت تأثیر بازارهای جهانی است.

واحدهای کوچک دامداری گستردهتری دارند. آنها مبتنی بر تولیدات غذایی منطقه ای می باشند و با ضایعات کمتری مواجه اند لذا پایداری و ثبات تولید بیشتری دارند. امروزه مزارع متراکم بسیار اهمیت دارند گوا اینکه سیستم های کوچک مقیاس از نظر پایداری و دوام بسیار با ارزش ترند. اصلاح تولیدات در سطح منطقه ای به بروز آن در سطح جهانی می انجامد. اینک نقصان پرورش نشخوارکنندگان منبعت از افزایش گازهای گلخانه ای می باشد که توانسته است ارکان پایداری تولید مواد غذایی را در سطح جهانی به لرزه در آورد (۳).



تغذیه تلفیقی "آکواکالچر" :

تغذیه تلفیقی "آکواکالچر" یا IMTA (Integrated multi-trophic aquaculture) شیوه ای است که از بقایا (waste) و یا تولیدات جانبی (by-products) یکی از گونه ها بعنوان مواد بازیافتی برای تغذیه و یا کوددهی محیط پرورش سایر آبزیان استفاده می شود. تغذیه جانداران "آکواکالچر" نظیر ماهی و میگو از ترکیب مواد غیر آلی مانند صدف ها با مواد آلی نظیر جلبک های دریایی انجام می پذیرد تا تعادل سیستم در جهت پایداری محیطی (biomitigation)، ثبات اقتصادی، تنوع تولیدات، کاهش خطرپذیری، پذیرش اجتماعی و مدیریت بهینه اعمال گردد. تغذیه تلفیقی متناسب به گونه های مختلف تغذیه ای (trophic) یا سطوح مواد غذایی (nutritional) در یک سیستم مشابه است. این موضوع یکنوع توانایی متمایز از عملیات قدیمی پرورش توأمان آبزیان (aquatic polyculture) است آنچنانکه می تواند بسادگی به پرورش همزمان (co-culture) گونه های مختلف ماهیان از یک سطح تغذیه ای بپردازد. در این حالت، چنین موجوداتی ممکن است تماماً از فرایندهای شیمیایی و بیولوژیکی یکسانی بهره مند شوند بطوریکه به تأثیرات متقابل افزایشی منتهی گردند و بر تولید بالقوه اکوسیستم بنحو معنی داری بیفزایند.

برخی از سیستم های سنتی پرورش توأمان که از تنوع گونه ای بهره می برند، ضمن اشغال چندین آشیانه اکولوژیکی (niches) به پرورش گسترده و فراگیر یعنی حداقل مدیریت و تراکم اندک در درون یک استخر می انجامد. تلفیق در تغذیه جامع "آکواکالچر" (IMTA) متناسب به پرورش بسیار متراکم گونه های مختلف در جوار یکدیگر است بطوریکه از نظر مواد غذایی و انتقال انرژی درون اکوسیستم آب با یکدیگر در ارتباط هستند. ایده آل چنین است که فعالیت های شیمیایی و بیولوژیکی در یک سیستم IMTA بحالت تعادل قرار گیرند که این دستاورد با انتخاب گونه های مناسب و با نسبت های متفاوت می تواند به واکنش های مختلفی در اکوسیستم منتهی شود.

پرورش همزمان (co-cultured) گونه ها بسیار بیش از یک تصفیه زیستی (biofilters) ارزش دارد زیرا آنها می توانند به برداشت محصول تجاری و با ارزش منجر گردند. یک سیستم IMTA کارآمد می تواند ضمن ارائه بیشترین تولید با سودرسانی چندجانبه برای کلیه گونه های پرورش همزمان آبیان نهایتاً به سلامت اکوسیستم کمک نماید حتی اگر میزان تولید یکی از گونه های موجود اندکی کمتر از حالت پرورش اختصاصی آنها در یک دوره زمانی کوتاه مدت باشد. گاهاً موضوع "آکواکالچر" تلفیقی را برای تشریح بهم پیوستن "مونوکالچرها" در آبهای انتقالی بکار می برند اما بهرحال موضوع IMTA و "آکواکالچر" تلفیقی فقط از برخی جهات توصیفی با یکدیگر تفاوت دارند.

از دیگر جنبه های مختلف IMTA عبارتند از :

- الف) "آکواپونیک" (aquaponic) در راستای تجزیه و تحلیل "آکواکالچر"
- ب) سیستم تلفیق کشاورزی و "آکواکالچر" یا IAAS (integrated agriculture-aquaculture systems)
- پ) سیستم تلفیقی "آکواکالچر" در حومه شهرها یا IPUAS (integrated peri-urban-aquaculture systems)
- ت) تلفیق "آکواکالچر" و ماهیگیری یا IFAS (integrated fisheries-aquaculture systems)

تکامل و توسعه تدریجی سیستم های پرورش تلفیقی دام- ماهی در آسیا :

کشاورزی ساکن یا مستقر (settled agriculture) به سه فاز تقسیم می شود که نشاندهنده نقش بالقوه کشاورزی تلفیقی بویژه از دیدگاه کشاورزان "کم زمین" (smallholder) در کشورهای کمتر توسعه یافته (LDCs) است. دامداری به شیوه کوچ نشینی (pastoral nomadism) و کشاورزی نوبتی (shifting cultivation) باعث محدودیت توانایی "آکواکالچر" می شوند. دامداری کوچ نشینی در مناطق خشک که محدودیت های فصلی دسترسی به چرا وجود دارد، اجباراً از استراتژی جابجایی دام ها و چادرها در قالب کشاورزی معیشتی بهره می گیرد. این استراتژی غالباً باعث همراهی کوچ نشینی و کشاورزی نوبتی می گردد و معضلاتی را برای توسعه پرورش ماهی فراهم می سازد.

محدودیت گسترش و دوام آبهای سطحی در مناطق خشک نیز بر پرورش طبیعی ماهیان اعمال می گردد آنچنانکه باعث شده است تا مصرف ماهی در میان مردمان این نواحی از اهمیت نازلی برخوردار باشد. صید ماهیان وحشی در مرتبه دوم پس از ماهیان پرورشی قرار دارد و این موضوع مترادف با وضعیتی است که صیادی و کسب غذا از منابع زمینی متوالیاً شیب نزولی را می پیماید.

بهره جویی از ازت تثبیتی گیاهان به همراه سایر مواد وارده (inputs) به سیستم پرورش نظیر فضولات انسانی (nightsoil یا humanure) از استراتژی های معمولی حفظ تولید است. امروزه با توجه به سیر صعودی جمعیت جهان، تمایل زیادی به استفاده از سیستم های متراکم جهت کسب بیشترین راندمان مواد غذایی در واحد سطح وجود دارد. اینک گوااینکه جمعیت جهانی در تعادل نسبی بین شهرنشینی و روستانشینی

تقسیم شده است ولیکن انتظار می رود که میزان شهرنشینی به ۶۰ درصد در سال ۲۰۲۰ میلادی برسد (UN-2000).

فشار جمعیت برای تقاضای غذا هنوز به نهایت نرسیده است چنانکه خاک های حاصلخیز و محیط های آبی بیش از نیازهای فعلی بشر قابلیت تولید دارند. دشت های سیل گیر (flood plain) خدادادی بعنوان آگرواکوسیستم های وسیع در آسیا مکانی برای اجرای عملیات کشاورزی متراکم سنتی شده اند. اگر نظریه تراکم جمعیت بشر در مناطق کشاورزی (agro-climatic) یعنی تجمع جمعیت در مناطقی با پتانسیل مواد غذایی بالا را بپذیریم آنگاه مناطق نیمه خشک بیشترین فشار جمعیتی را نسبت به مناطق مرطوب تحمل خواهند کرد.

دانشمندان پیشبینی می کنند که اگر مناطقی چون آفریقا از تکنیک های کشاورزی مترقی بهره گیرند آنگاه با کمترین فشار کمبود مواد غذایی مواجه خواهند بود. شتاب شهرنشینی موجب افزایش همزمان تقاضا برای تولیدات غذایی صنعتی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه شده است ولیکن تولیدات غذایی صنعتی نیازمند بکارگیری سیستم های متراکم منابع بویژه انرژی، عناصر غذایی و آب هستند و این موضوع نیز به سطح دانش کاربران بستگی دارد. در چنین مواقعی استفاده از سیستم های تلفیقی پرورش دام-ماهی بعنوان جزئی از سیستم تولید نمی تواند تجلی کامل کشاورزی صنعتی باشد اما می تواند از منابع محدود خرده مالکان استفاده کند و ثبات محیطی مناسبی را برقرار سازد (۲).

تأثیرات محیطی :

محیط های پرورش سنتی دارای اشکال و رژیم های غذایی مرسوم هستند و بنحوی مقدس و "تابو" (taboo) محسوب می گردند لذا مجدداً باید بر اساس حضور دام و ماهیان پرورشی بدقت بررسی و بهینه سازی شوند. پژوهش های اخیر انسان شناسی (anthropology) نشان می دهند که نظریه تقدس گاو (sacred cow) و منفور بودن خوک (abominable pig) زمینه های زیست محیطی دارند (Harris-1997). وضوحاً از فواید نشخوارکنندگان است که سلولز را هضم می کنند و هیچگونه رقابتی با انسان در مواد غذایی ضروری ندارند و برای اهداف گوناگونی قابلیت کاربری دارند. فقدان دام های بزرگ در سیستم های سنتی باعث کاهش راندمان تولید و اضمحلال جوامع کشاورزی آفریقا شده است ولیکن دام های موجود نیازهای غذایی کمتری دارند و برای امور کشاورزی نیز بهره برداری می گردند درحالیکه بواسطه خسارت مگس "تسه تسه" (tsetse) عامل بیماری خواب از بقاء کوتاهی برخوردارند.

بکارگیری پرورش صنعتی دام-ماهی در سیستم های فشرده بگونه ای است که میزان تولیدات از نیازهای موجود بخاطر تراکم جمعیتی کم افزون تر است لذا در اینگونه جوامع نظیر سوئد نیازی به برداشت ذخایر آبزیان وحشی احساس نمی گردد. در مواردی که ذخایر ماهیان وحشی از غناء کافی برخوردارند آنگاه می توانند تدارک غذای مکفی برای جمعیت را بنمایند و انرژی آنها را تأمین کنند. اجتماعات پرورش برنج-ماهی در دشت های پست آسیا نمونه های بارزی از چنین شرایطی هستند چنانکه در این مناطق فعالیت اصلی مبتنی بر زراعت برنج پر کالری است ولیکن بکارگیری سیستم "آکواکلچر" برای پرورش طبیعی ماهی با وجود علاقه اندک به تغذیه ماهیان بعنوان فعالیت مکمل مطرح است. طغیان فصلی رودخانه ها در دشت های سیلابی منجر به پرورش آبزیان می شود ولیکن محدودیت هایی در پرورش دام ها بوجود می آورد زیرا کمبودهای

فصلی علوفه حادث می گردند. متقابلاً مناطق خشک باعث انگیزش سیستم های چرا با تراکم کمتر نشخوارکنندگان می شود بطوریکه در مراتع وسیع حائز کیفیت معمولی چرانیده می شوند (۲).



سلطه محصولات زراعی :

در تقابل با غالب کشاورزی های نوبتی در مواردی که دامداری اهمیت کمتری می یابد و یا چرانیدن دام های کوچک در اولویت قرار نمی گیرد آنگاه کشاورزی ساکن یا مستقر برای تأمین معاش اهمیت پیدا می کند. بعلاوه کشاورزی ساکن پتانسیل بیشتری برای تولیدات غذایی دارد لذا هر جا که بتوانند مشکل کم آبی را بنحوی حل کنند، به تخصیص اراضی جهت کاشت محصولات زراعی اقدام می کنند. دام های کوچک و ماکیان همچنان در تعداد محدود نگهداری می شوند اما آنها غالباً از بقایای محصولات زراعی و مواد غذایی خانگی تغذیه می کنند و مستقیماً تغلیف نمی گردند. در این حالت، تلفیق کمی بین محصولات زراعی و دام ها وجود دارد زیرا تعداد دام ها و میزان تولیدشان قابل اعتنا نیستند. بسیاری از نشخوارکنندگان غالباً به مواد خشبی باقیمانده از زراعت محصولات و سبزینگی طبیعی اندک اراضی حاشیه ای وابستگی دارند. تنوع محصولات بسیار کم است و چرخه مجدد بقایای محصولات زراعی و کودهای آلی بمیزان اندکی صورت می پذیرند. چنین منابع فقیری از نمونه های بارز خُرده مالکی در کشورهای در حال توسعه هستند. در این مناطق به کاشت برنج و ذرت در جایگزینی و یا همراه با سایر گیاهان اقدام می شود. سطوحی از کشاورزی متراکم نظیر آبیاری، تراس بندی، کوددهی و مبارزه با علف های هرز بندرت صورت می پذیرند و کاشت محصولات باغی و سبزیجات عمدتاً در باغات خانگی رواج دارند.

در برخی مناطق در حال توسعه جهان نظیر جنوب ویتنام به پرورش توأم دام و ماهی می پردازند و آنرا برای امرار معاش در کنار سیستم زراعت محوری (crop dominated) به اجرا می گذارند (Ogle-1997). ولی

پتانسیل تولید بواسطه بهره گیری از ماهیان وحشی فقط در حد رفع نیازهای معیشتی است. نتایج پژوهشی نشان می دهند که مزارع تایلند مرکزی که به زراعت برنج بصورت مونوکالچر می پردازند اگر از ضایعات حیوانات برای پرورش ماهی بهره گیرند، می توانند به منفعت بیشتری نسبت به کشت ممتد برنج دست یازند. همچنین دام های سرگردان (draught animals) در این مناطق تمایل به تعلیف نامنظم و ناکافی دارند لذا بهره وری نازلی را عرضه می کنند و کشاورزان علاقه چندانی به اصلاح مکانیزم های سنتی موجود ندارند.

توسعه سازگار پرورش ماهی ممکن نیست در مناطقی انجام پذیرد که زراعت محوری اجرا می گردد حتی اگر مصرف ماهی رواج یابد و یا از بهای مناسبی برخوردار شود. ذخایر ماهیان وحشی نیز ممکن است در حدی باقی بمانند که فقط نیازهای معیشتی ساکنین منطقه را مرتفع سازند. "آکواکالچر" سنتی در دره های مناطق مرتفع هندوچین بویژه نواحی جنوبی چین یعنی مناطقی که بیشترین تراکم جمعیتی حضور دارند و ذخایر ماهیان وحشی محدودند، رواج دارد لذا پیشنهاد شده است که از "آکواکالچر" بصورتی بهره گیرند که ارتباط بیشتری بین پرورش ماهی و دام بوجود آید تا بر راندمان تولیدشان افزوده گردد. گویانکه احداث مزارع پرورش متراکم ماهی مبتنی بر کودهای دامی در این مناطق دچار معضلاتی از جمله کسادی تعداد دام ها و امکان استفاده از فضولاتشان می باشد. البته بیماریهای دامی نیز بخشی از مشکلاتی هستند که در این میان حائز اهمیتند (۲).



تلفیق دامداری با زراعت :

تلفیق دامداری با زراعت و بعبارتی کشاورزی ترکیبی (mixed farming) از نمونه های بارز کشاورزی ساکن است. بدینگونه دام ها از محصولات زراعی (arable crops) تغذیه می کنند ولیکن تأکید اصلی بر بقایای برجامانده محصولات در مزرعه می باشد. محصولات با بهره گیری از فضولات دامی و ازت تثبیتی لگوم ها که باعث حاصلخیزی خاک ها می شوند، به تولید پایدار نائل می شوند. بررسی ها نشان می دهند که اغلب مزارع اروپای غربی و شرق ایالات متحده آمریکا در طی سال های ۱۹۴۵-۱۸۵۰ میلادی اینچنین اداره می شده اند ولیکن بکارگیری شیوه های کنترل عناصر غذایی بمرور بر کارایی سیستم های کشاورزی طی سال های اخیر در قالب کشاورزی مونوکالچر به شدت افزوده است.

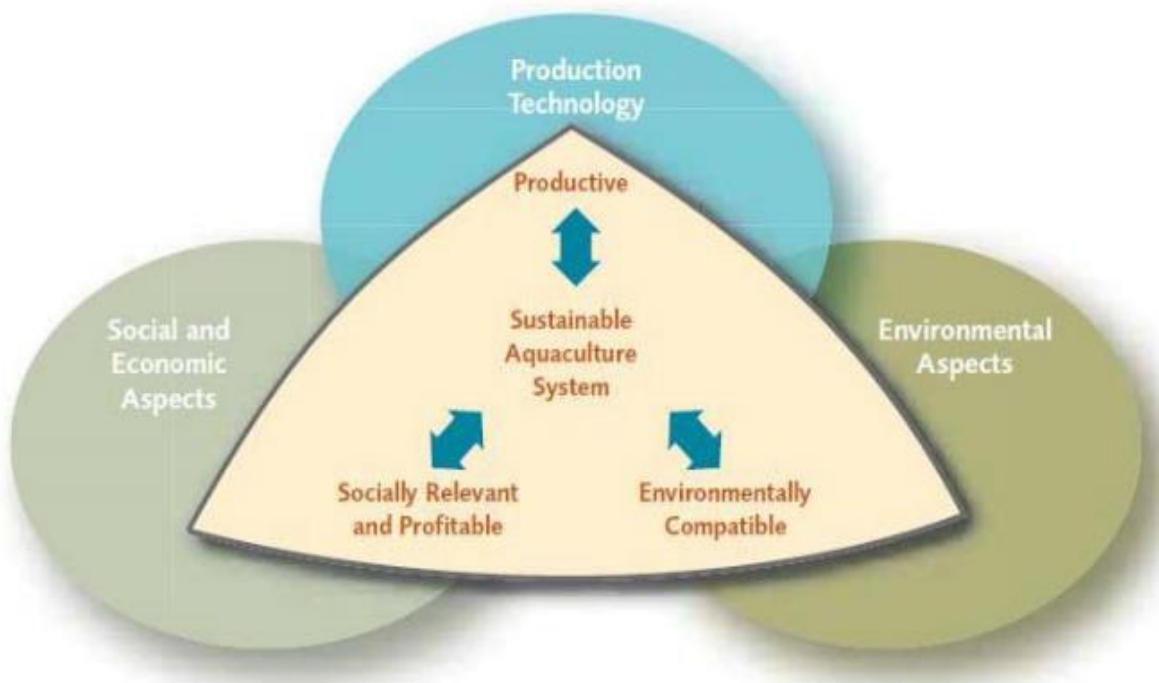
اساس کشاورزی ترکیبی بر افزایش تقاضا جهت تولیدات دامی توسط مراکز شهری استوار شده است. شیوه های مختلفی از دامداری سازگار با هر منطقه به اجرا در آمده اند که از آن جمله می توان به تغلیف زمستانه دام ها با گیاهان غده ای نظیر شلغم و بکارگیری تناوب زراعی غلات با لگوم هایی مثل شبدر اشاره نمود. برخی مواد وارده به اکوسیستم نظیر فضولات انسانی که از مناطق شهری تهیه می شوند، در صورت کاربرد بعنوان کودهای آلی و تغلیف منظم دام ها می توانند باعث افزایش تعداد دام ها، حاصلخیزی اراضی و بهبود راندمان محصولات زراعی شوند.

پرورش تلفیقی ماهی در سیستم های زراعی در مناطقی انجام می شود که برای غالبیت زراعی برنج ضرورتاً به احداث تالاب ها می پردازند درحالیکه محدودیت هایی در تغذیه ماهیان پرورشی وجود دارند. اینگونه سیستم ها غالباً در مناطق سیل گیری (flood prone) اجرا می شوند که زراعت برنج با عملکرد پائین جریان دارد (Zhong-1988). همچنین امکان بهره برداری این قبیل سیستم ها در مناطقی وجود دارد که بطور سنتی اراضی مزروعی را بصورت خندق (dike) و پشته نظیر آبیاری "غلام گردشی" در می آورند آنچنانکه زراعت ها یا گیاهان چندساله خشکی دوست را بر روی پشته ها کشت می نمایند ولیکن خندق ها را می توان به پرورش ماهی اختصاص داد.

اغلب تالاب هایی که در مناطق پرورش برنج احداث می گردند، برای ذخیره آب جهت تأمین کمبود رطوبت در ماههای خشک سال بکار گرفته می شوند لذا سیستم ذخیره آب در محل مزرعه یا (on-farm OFRs) در مناطقی کاربرد دارد که فصل بارندگی با فصل زراعت برنج مقارن نیست. بررسی پرورش سنتی تلفیق ماهی-برنج در دلتای "زوجیانگ" چین جنوبی نشان داد که افزودن ضایعات دامداری (خوک و کرم ابریشم) و فضولات انسانی به سیستم حائز اهمیت است. پرورش ماهی در این قبیل مناطق قانداً مبتنی بر تغذیه از گیاهان وحشی برای کپورهای علفخوار است. اینگونه از گونه های ماهیان بطور وسیع نیچ اکولوژیک مشابه نشخوارکنندگان را در کشاورزی ترکیبی بخش هایی از اروپا نیز اشغال کرده اند. اخیراً کپورهای ماکروفاژ دیگری نظیر "ریش نقره ای" (silver barb) بوفور در آبنندان های فصلی کشور بنگلادش پرورش می یابند و با گیاه عدسک آبی (duckweed) تغذیه می گردند (Morrice-1998).

تغلیف ماهیان علفخوار نظیر "گورامی درشت" (giant gourami) بوسیله سبزیجات برگی در اندونزی رواج دارد گوا اینکه ظرفیت تغلیف علفخواران دیگری نظیر "تیلایپا" (tilapia) و "کولوسوما" (colossoma)

بصورت بالقوه موجود است. معضل اصلی پرورش ماهی در مزارع مبتنی بر سبزیجات برگی همانا دسترسی به مواد مغذی کافی برای پرورش ماهیان تا حد لزوم است زیرا ماهیان علفخوار نیز نظیر نشخوارکنندگان به گیاهان علوفه ای نیازمندند. استفاده فرصت طلبانه از محصولات جانبی زراعت ها نمی تواند بطور باثباتی تدارک کننده مواد غذایی کافی و با کیفیت در پرورش آبزیان باشد. زراعت پی در پی گیاهانی نظیر "کاساوا" (cassava) لزوماً بقایایی مثل برگ ها را برجا می گذارند که ارزش تجارتي ندارند و قابل مصرف در آکواکلچر هستند. علف های هرز باغداری متراکم نیز پتانسیل بکارگیری برای تعلیف ماهیان علفخوار را دارند (Moody-1995) اما به دلیل اینکه بطور منظم قابل دسترسی نیستند، نمی توانند قابل اعتنا باشند. همچنین هرجا گیاهان علوفه ای کافی در اختیار قرار گیرند آنگاه پرورش ماهیان علفخوار از نظر سودمندی با دامپروری به رقابت برمی خیزند (۲).



"آکواکلچر" بفرم "مونوکالچر" صنعتی (industrial monoculture) :

بسیاری از مزارع مدرن کشاورزی ساکن برای کسب بیشترین تولیدات از جنبه های گوناگون تحولات علمی-صنعتی سازگار با محیط بهره می گیرند. "مونوکالچر" صنعتی در صدد گسترده‌گی وسیع تر با بیشترین تولیدات همگن (homogenous) است لذا عمیقاً به علم و مهندسی وابسته می باشد. بدینگونه طی دهه های اخیر اکثر سیستم های کشاورزی سنتی در تلاش برای کسب بیشترین تولیدات به "مونوکالچر" گرویده اند و از بذور اصلاح شده، مکانیزاسیون، تغذیه منظم و مواد شیمیایی کشاورزی بهره می برند.

بکارگیری تکنیک های پیچیده در مقیاس اقتصادی از ویژگی های کشاورزی صنعتی است. در بسیاری موارد به دلیل سهولت دسترسی و بهای ارزان تر مواد غذایی صنعتی از وسعت کشاورزی تلفیقی دام-زراعت کاسته شده است. "آکوالچر" صنعتی با پرورش ماهیان گوشتخوار به کمک ماهیان مازاد (surplus fish)، اضافات ماهیان مصرفی (trash fish) و ماهیان وحشی نامرغوب (fatten wild fish) توانسته اند از اتکای زیاد به کشاورزی سرزمینی مبتنی بر اراضی بکاهند.

دو دلیل عمده ای که باعث گرایش "مونوکالچر" صنعتی به سمت پرورش تلفیقی می شود شامل :

(۱) هزینه های واقعی ضربات وارده بر محیط در روند تولیدات متراکم صنعتی بسیار واضح و آشکار گردیده اند و باید بمرور کاهش یافته و سپس حذف شوند.

(۲) ضایعات پرورش متراکم حیوانات می توانند بعنوان مواد ورودی با ارزشی در بخش های مختلف سیستم های کشاورزی بکار آیند.

بجز حفظ ساختار خاک ها بدینگونه می توان بطور مستقیم و غیر مستقیم از ماهیان پرورشی در سیستم های زراعی مناطق مرطوب بهره گرفت. در بخش هایی از آسیا هر کجا که بازیافت ضایعات اهمیت یافته است، به تغییر تقاضا برای نوع مواد غذایی مصرفی و صنعتی شدن کشاورزی بطور همزمان و تلفیقی مبادرت ورزیده اند. بعلاوه در سیستم های تلفیقی دام-ماهی کشور چین از ضایعات دام هایی نظیر ماکیان و گاوها بخوبی بهره می برند. ضمناً از ضایعات دام ها می توان برای مقاصد دیگری نظیر تولید قارچ های خوراکی (mushroom)، لاروهای خوراکی حشرات (maggot) و کرم های خاکی استفاده نمود که گاهاً منفعت بیشتری را عاید کشاورزان می نمایند (Wang-1994). صنعتی شدن سریع و حرکت به سمت "آکوالچر" متراکم می تواند به ویرانی عملیات تلفیقی سنتی منجر شود و نهایتاً تهدیدی برای ثبات اکولوژیکی منطقه باشد (۲).

سیستم های بسته کم بازده (closed & low discharge):

سیستم های چرخه مجدد (recirculating systems):

تاکنون در رابطه با صرفه جویی مصرف آب و کاهش تخلیه ضایعات در محیط های پرورش آبزیان کوشش های زیادی انجام شده که این تلاش ها در نهایت منجر به افزایش کاربرد سیستم های "آکوالچر" بسته با چرخه مجدد مواد شده اند. سیستم های چرخه مجدد عموماً شامل مخازن زمینی هستند که جریان آب را بنحوی با ثبات در سیستم تأمین می کنند. اینگونه سیستم ها دارای ۳ بخش اصلی ذیل می باشند :

(۱) محفظه پرورش (culture chamber)

(۲) محفظه ته نشینی (settling chamber)

(۳) تصفیه بیولوژیک (biological filter).

ابتدا آب وارد محفظه پرورش می شود و تمامی محفظه ته نشینی را می پیماید سپس از میان فیلتر بیولوژیک عبور می کند تا ذرات باقیمانده مواد افزودنی جداسازی گردند. آنگاه آب را مجدداً به محفظه سیستم پرورش برگشت می دهند.

سیستم چرخه مجدد باعث صرفه جویی در مصرف آب می شود و اجازه می دهد تا پرورش دهندگان بتوانند کنترل کاملی بر عوامل محیطی داشته باشند و بدینگونه از صدمات آنها بر گیاهان و حیوانات پرورشی جلوگیری می شود. بعنوان مثال: "آکوالچر" کنترل کاملی را بر دما، شوری، مقدار اکسیژن محلول، شکارچیان و بیماریهای شایع و انتقالی فراهم می سازد.

سیستم های چرخه مجدد غالباً هزینه خواه هستند زیرا وابستگی زیادی به منابع نیرو بویژه الکتریسته دارند. مثلاً برای ایجاد جریان با ثبات آب نیازمند پمپ می باشند و یا برای حفظ دمای سیستم نیازمند تجهیزات گرم کننده و یا خنک کننده هستند. بعلاوه وجود سیستم های جایگزین (backup) برای مواقع بروز عیب در مولدهای نیرو ضروری است. بدینگونه برای کاهش هزینه ها و حفاظت از محیط زیست باید به دنبال بکارگیری منابع جایگزین گرما و نیرو برآیند. مثلاً انرژی های خورشیدی، بادی، ژئوترمال و ضایعات تولیدات کشاورزی برای گرم نمودن آب و تولید الکتریسته قابل بهره برداری هستند. بعنوان نمونه: مزارع پرورش "تیلپیا" می توانند از آب کارخانجات برق بعنوان آب گرم کم هزینه جهت رفع نیاز بهره گیرند. سیستم های چرخه مجدد دارای کمترین صدمات محیطی هستند زیرا آنها از وضعیت بسته استفاده می کنند لذا مواد زاید و بقایای مواد غذایی مصرف نشده در محیط اطراف رها نمی شوند و گونه های غیر بومی (exotic) و بیماریهای غیرشایع به محیط اطراف گسترش نمی یابند.

در سیستم های چرخه مجدد به تصفیه آب در خارج از سیستم پرورش می پردازند و آنرا به وضعیت قابل قبول می رسانند. اینگونه سیستم ها را می توان در هر موقعیتی ایجاد نمود مثلاً اگر آنها را در مناطق شهری و در جوار فروشگاه های عرضه آبزیان احداث کنند، ضمن اینکه از امکانات شهری استفاده می شود، نباید هزینه های حمل و نقل پرداخت گردند.

از سیستم های چرخه مجدد می توان برای پرورش گونه های متنوعی از ماهیان در سراسر سال با شرایط کنترل شده بهره گرفت. گونه هایی از ماهیان که غالباً در سیستم های چرخه مجدد بکار می روند شامل: "تیلپیا" و انواع هیبرید "خارماهیان نواری" (striped bass) و "لابستر تیغدار" (crayfish) می باشند. بعلاوه بسیاری از پژوهش ها به توسعه سیستم های چرخه مجدد بمنظور پرورش گونه های مختلف ماهیان دریایی اختصاص یافته و کاربرد تکنولوژی را در این راستا نویدبخش ساخته اند (۴).

پرورش آبزیان در تالاب های مستقر در خشکی :

"آکوالچرهای" تالابی از اولین اقسام "آکوالچرها" هستند که سابقه ای چندین هزار ساله دارند. این شیوه بعنوان یک سیستم کاملاً رایج و معمول در پرورش آبزیان شناخته می شود. بیش از ۷۵ درصد ماهیان آب شیرین کشور چین در استخرهای مصنوعی پرورش می یابند. همچنین در ایالات متحده آمریکا تقریباً تمامی پرورش "گره ماهیان" در اینگونه مزارع صورت می پذیرند. تخلیه آب در اینگونه تالاب ها به کمک مدیریت مناسب در حد بسیار کم و یا اصلاً انجام نمی گیرد و ضایعات پرورش بطور مداوم در محیط اطراف آزاد نمی شوند زیرا آبزیان پرورشی فقط قادر به حرکت در یک محیط محدود و بسته می هستند. ضایعاتی چون: مواد

آلی، ذرات جامد و عناصر غذایی که در تالاب تخلیه می شوند، نمی توانند از محدوده تالاب خارج گردند و به اکوسیستم بیرونی آسیب برسانند.

هر تالاب در سیستم هایی با حداقل و یا بدون تخلیه ضایعات به یک اکوسیستم منفرد تبدیل می شود و بگونه ای به ثبات می رسد که طی فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی طبیعی به حذف بسیاری از مواد زاید درون آب مبادرت می ورزد. گردآوری ضایعات و متعاقباً تخلیه آنها از تالاب در اثر کاربرد فرآیندهای طبیعی می توانند به حداقل برسند و حتی بمرور در اثر جذب داخل سیستمی حذف گردند (۴).

"آکواکلچر" در ایالت "ماین" آمریکا :

فعالیت های "آکواکلچر" از سال های ۱۸۰۰ میلادی در آبهای ساحلی ایالت "ماین" (Maine) صورت می پذیرند. در حقیقت، قوانین دولتی پرورش ماهیان و سخت پوستان در سال ۱۹۰۵ میلادی تصویب شدند اما اجازه دادن آبهای ساحلی برای پرورش خصوصی ماهیان، سخت پوستان و گیاهان از سال های پیشتر وجود داشته است.

مؤسسه منابع دریایی یا "DMR" (Department of marine resources) در ایالت "ماین" دارای نقش دوگانه حفاظت و ترقی منابع دریایی و مصب ها (estuarine) می باشد. در ایالت "ماین" ضمن سال ۱۹۷۳ میلادی به تصویب برخی قوانین مرتبط با "آکواکلچر" برای مدیریت صنایع نوپا و کم سابقه موجود پرداختند. قوانین وضع شده به تأسیس "DMR" منتهی شد که اجازه می داد تا آبهای ساحلی ایالت را بصورت اجازه به علاقمندان جهت فعالیت های هدف گذاری شده واگذار نمایند. این قوانین در سال ۱۹۸۳ میلادی بازبینی و اصلاح شدند و بدینگونه نقش و اختیارات "DMR" را در اجازه و نظارت بر فعالیت های "آکواکلچر" کاملاً مشخص ساختند (۱).

اولین اجازه رسمی "آکواکلچر" توسط "DMR" در سال ۱۹۷۳ میلادی به فردی بنام "اد مایر" از جمله پیشگامان پرورش سخت پوستان دریایی در ایالت "ماین" شکل گرفت تا در زمینه پرورش "آزاد ماهیان" (salmonoids) و "دوکفه ایهای دریایی" با نام علمی "Mytilus edulis" اقدام نماید. متعاقباً گرچه شیوه پرورش ماهیان حقیقی یا باله دار (finfish) در آبهای آزاد موفقیت آمیز نبود اما آبهای گرم و بارور مصب رودخانه برای پرورش سخت پوستان بسیار ایده آل می نمود (۱).

افرادی که پس از آن به "آکواکلچر" پرداختند، در تلاش برای پرورش دوکفه ایهای دریایی (mussel) و صدف های دریایی (oyster) با نام های علمی "Crassostrea virginica" و "Ostrea edulis" به رشد و گسترش شگرف آن پرداختند. گوا اینکه "آکواکلچر" در سال های ۱۹۸۰ میلادی از مصب رودخانه "داماریسکوتا" در ایالت "ماین" آمریکا آغاز شد ولیکن بمرور بسوی خلیج "پنوبسکات" توسعه یافت. بطوریکه امروزه پرورش دوکفه ایها در سراسر مناطق ساحلی از نواحی شرقی خلیج "کاسکو" تا محدوده "جانزپورت" را به اشغال در آورده است و در آبهای ساحلی و مصب ها به یکسان فعال است (۱).

در مزارع "آکواکلچر" ایالت "ماین" علاوه بر صدف های دریایی و دوکفه ایها به پرورش صدف های دریایی درشت (clams)، حلزون های دریایی (scallops) و توتیای دریایی (urchins) نیز بصورت پراکنده و در

سطوح كوچك اقدام مي شود. توسعه پرورش ماهيان حقيقي پس از پرورش سخت پوستان و تنها در ۱۰ سال اخير انجام گرفته اند (۱).

در اوایل سال هاي ۱۹۷۰ ميلادي ماهيان آزاد كوچك (coho salmon) با نام علمي "oncorhynchus kisutch" و قزل آلاي رنگين كمان (rainbow trout) با نام علمي "oncorhynchus mykiss" درون قفس هاي شناور (floating pens) در داخل رودخانه "ويسكاست" و جزيره "وينال هاوين" پرورش مي يافتند (۱).

اولين "آكواكالچر" اجاره اي ماهيان حقيقي توسط "ايويلين ساوير" در سال ۱۹۸۱ ميلادي با ايجاد مرتع پرورشي براي ماهي قزل آلاي سرخ (Pink salmon) با نام علمي "oncorhynchus gorbuscha" و ماهي قزل آلاي شمالي (chum) با نام علمي "oncorhynchus keta" در منطقه جنوب ايالت "ماين" استقرار يافت. مراتع پرورشي (ranch) با قفس هاي پرورشي (net-pen) سنتي تفاوت دارند. بچه ماهيان در شيوه مراتع پرورشي تا زمان رسيدن به اندازه مناسب و عادت كردن به محدوده حصارها درون قفس هاي دريايي نگهداري مي شوند سپس آنها را آزاد مي كنند تا وقتي كه به نهايت رشد برسند و براي تخمريزي (spawning) مجدداً به محل پرورش برگردند و صيد شوند. مراتع پرورش ماهيان هيچگاه جايگاه محكمي را در ايالت "ماين" كسب ننمودند و پرورش ماهيان حقيقي در طي اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ ميلادي تنها از طريق قفس هاي پرورش دريايي انجام گرفت (۱).

در سال ۱۹۸۴ ميلادي شركت توليدات اقيانوسي موسوم به "ocean products inc." اقدام به احداث مزارع پرورشي در آبهاي سرد خليج "كوبسكوك" نمود تا به پرورش قزل آلاي اقيانوس اطلس بنام "salmo salar" يا "atlantic salmon" پردازد وليكن اين مزارع را بمرور به سمت غرب تا منطقه خليج "بلو هيل" گسترش داد (۱).

پيامدهاي اجراي سيستم هاي "آكواكالچر" :

اجراي سيستم هاي آكواكالچر لاجرم پيامدهاي مثبت و منفي را به دنبال خواهد داشت. آكواكالچر گواينكه خسارات محيطي بشترتي را در مقياس كوچك در مقايسه با صيد ماهيان وحشي برجا مي گذارد ولي صدمات آن در قياس جهاني به ازاي هر كيلوگرم توليد آبريان كمتر است. نگراني هاي منطقه اي نظير جابجايي ضايعات، اثرات جانبي آتي بيوتيك هاي مصرفي، رقابت بين جانداران پرورشي و دنياي وحش و استفاده از برخي ماهيان جهت تغذيه ماهيان گوشتخوار ارزشمند حائز اهميتند. با اينحال پژوهش هايي كه در طي دهه ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ ميلادي صورت گرفته اند، تا حدود زيادي از اين نگراني ها كاسته اند.

ضايعات ماهيان از جمله تركيبات آلي حاوي عناصر غذايي مورد نياز كليۀ اجزاء شبكه غذايي آبريان مي باشند. در آكواكالچر اقيانوسي ميزان غلظت ضايعات ماهيان بسيار بيشتر است. ضايعات در كف اقيانوس ها جمع مي شوند و زندگي موجودات زنده كف زي (bottom dwelling) را با خطر انهدام و يا خسارات جدي

مواجهه می سازند. ضایعات همچنین می توانند باعث کاهش میزان اکسیژن محلول ستون آب شوند و بدینوسیله مشکلات جدی را برای حیوانات وحشی محیط آبی ایجاد کنند (۵).

الف- هزینه های محیطی "آکواکالچر" :

پرورش صنعتی ماهیان نیز همانند سایر شیوه های مترکم تولید مواد غذایی موجب صدمات معنی دار زیست محیطی می گردد و این موضوع بستگی به فاکتورهای متعددی دارد که ندرتاً قبل از استقرار سیستم پرورش مورد ارزیابی قرار می گیرند. امروزه بسیاری از دولت ها بر نقش خویش در تدوین قوانین مؤثر جهت بهره برداری از سیستم های "آکواکالچر" واقف نیستند لذا بگونه ای از مشکلاتی که در راستای تولید ماهیان در سطح وسیع بروز می یابند، صرف نظر می کنند.

توسعه برخی از اشکال "آکواکالچر" بویژه مزارع قزل آلا و میگوی آب شور باعث تخریب محیط زیست طبیعی و جمعیت آبزیان شده اند. پرورش قزل آلا در مقیاس صنعتی در حصارهای توری و همچنین پرورش میگو در تالاب های ساحلی بیشترین معضلات زیست محیطی را به همراه دارند زیرا آنها نیاز شدیدی به بکارگیری منابع ورودی دارند لذا معضلات حاصله را به محیط زیست اطراف می کشانند. مگر اینکه تغییرات معنی داری در ساختار کاربرد صنعتی "آکواکالچر" بوقوع بپیوندد و گر نه افزایش تولیدات با ارزش ماهیان گوشتخوار نویدبخش عدم پایداری چنین تولیداتی خواهند بود.

در اینجا نگرانی های زیست محیطی در مورد سایر سیستم ها نظیر : استخرهای پرورش درون سرزمینی (inland)، سیستم های آبی تماماً جاری و سیستم های آبی بسته نیز وجود دارند اما آنها عموماً مشکلات زیست محیطی کمتری دارند بخصوص زمانیکه بخوبی مدیریت شوند (۴).

ب - صدمه بر ماهیان وحشی :

پرورش قزل آلا اخیراً با تقاضای بیشتری برای استفاده از ماهیان وحشی بعنوان غذای ماهیان پرورشی (forage fish) مواجه شده است. بررسی ها نشان می دهند که میزان چربی و نسبت امگا ۶ به امگا ۳ در ماهی تیلاپیا حاصل از آکواکالچر بسیار بیشتر از انواع دیگر است. در این شیوه اسیدهای چرب امگا ۳ حقیقتاً توسط ماهیان مذکور تولید نشده اند بلکه بر اثر مصرف جلبک های کوچکی که قادر به تولیدش هستند، ابتدا پس از مصرف توسط ماهیانی چون "ساردین" (sardine) و "شاه ماهی" (herring) سپس در اثر شکارشدن ماهیان اخیر توسط شکارچیان مثل قزل آلا که از ماهیان کوچکتر تغذیه (prey fish) می کنند، نهایتاً اسید چرب امگا ۳ از جلبک های کوچک دریایی در طی زنجیره غذایی به آنها منتقل می گردد. امروزه برای جلب رضایت متقاضیان، بیش از ۵۰ درصد روغن ماهی (fish oil) جهان از طریق غذادادن قزل آلاهای پرورشی با موجودات وحشی دریایی حاوی روغن حاصل می شوند.

بعلاوه گوشتخوارانی نظیر قزل آلا نیازمند کسب مواد غذایی سرشار از پروتئین هستند لذا چنین ماده غذایی را از ماهی های مغذی کوچک تأمین می کنند. بعبارت دیگر قزل آلاهای پرورشی به تغذیه از ماهیان وحشی می پردازند تا به تولید نهایی منجر گردند. بررسی ها نشان می دهند که برای تولید هر پوند قزل آلائی پرورشی باید چند پوند ماهی وحشی را برای تغذیه آنان تدارک دید. همچنانکه صنعت پرورش قزل آلا توسعه می یابد، نیاز به ماهیان مغذی بیشتری برای تغذیه قزل آلاها خواهد بود تا حدی که حدود ۷۵ درصد از کل صیادی نظارت شده دنیا از این طریق تأمین می گردند. استخراج ماهیان مغذی در مقیاس صنعتی برای تغذیه قزل

آلایهای پرورشی می تواند ضربات مهلکی را بر بقای ماهیان شکارچی آنان که وابستگی غذایی به آنان دارند، وارد سازد. امروزه در عملیات آکواکلچر، تولیدات چندین استخر ماهیان وحشی برای تولید یک استخر از ماهیان گوشتخوار نظیر قزل آلا مصرف می شوند (۵).

پ - صدمه بر اکوسیستم ساحلی :

آکواکلچر بعنوان یک تهدید معنی دار برای اکوسیستم های ساحلی مطرح است. حدود ۲۰ درصد جنگل های دریایی مانگرو (mangrove) از سال ۱۹۸۰ میلادی تاکنون تخریب شده اند که بخشی از آنها به دلیل احداث مزارع پرورش میگو بوده اند. آنالیز گسترده هزینه به سود از کل ارزش اقتصادی آکواکلچر میگو در اکوسیستم مانگرو اثبات نموده است که هزینه های واقعی (external costs) در مقایسه با منفعت واقعی بسیار بیشتر بوده اند. طی بیش از ۴ دهه بمیزان ۲۶۹۰۰۰ هکتار (۶۶۰۰۰۰ ایکر) از جنگل های مانگرو کشور اندونزی به مزارع پرورش میگو تبدیل شده اند ولیکن اغلب این مزارع میگو در طی یک دهه به حال خویش رها شدند زیرا مواد سمی (toxic) در محیط افزایش یافتند و بالعکس عناصر غذایی به افول گرائیدند.

مزارع پرورش قزل آلا مشخصاً در اکوسیستم های ساحلی بکر احداث می شوند اما بزودی باعث آلودگی آنها می گردند. یک مزرعه پرورش قزل آلا با جمعیت ۲۰۰ هزار عدد دارای ضایعات مدفوعی (fecal waste) بیش از یک شهر ۶۰ هزار نفری است و چنین ضایعاتی بطور مستقیم در محیط اطراف آکواکلچر تخلیه می گردند. اینگونه ضایعات که حاوی آنتی بیوتیک ها و آفتکش ها هستند، بدون هیچگونه تصفیه ای در محیط رها می شوند. در چنین وضعیتی همچنین تجمع از فلزات سنگین بر کف دریا (benthos) در مناطق مجاور مزارع پرورش قزل آلا بویژه مس و روی وقوع می یابند (۵).

ت - ایجاد تغییرات ژنتیکی :

ماهیان آکواکلچر می توانند از درون قفس های ساحلی فرار کنند و با همتهای آزاد خویش تلاقی یابند و بدینگونه موجب رقیق شدن ذخایر ژنتیکی ماهیان وحشی شوند. همچنین ماهیان گریخته می توانند بعنوان مهاجم عمل کنند و برخی گونه های بومی را که نیچ مشابهی را در اشغال دارند، از طریق رقابت به قهقهر بکشانند.

امروزه گونه های جدید ماهی قزل آلا در اثر تغییرات ژنتیکی (genetic modification) دارای رشد سریعتری شده اند ولیکن بواسطه برخی مخالفت ها تاکنون تأییدیه کاربرد تجاری در سطح وسیع را دریافت نکرده اند. در یک بررسی آزمایشگاهی مشخص شد که هرگاه قزل آلا بر خوردار از تغییرات ژنتیکی را با خویشاوندان وحشی مخلوط کنند، آنها ابتدا پر خاشگرانه به رقابت بر می خیزند ولیکن در نهایت مغلوب می شوند (۵).



ث – رفاهیت حیوانات :

حیوانات دریایی پرورشی نیز همانند حیوانات پرورشی خشکی زی (terrestrial) نیازمند برخوردهای محبت آمیز هستند. مفهوم رفاهیت حیوانات براساس دستورالعمل های FAWC یا "شورای رفاهیت حیوانات پرورشی" (farm animal welfare council) عبارت است از : "ادراک سازگاری و خوب بودن وضعیت ذهنی و فیزیکی حیوانات پرورشی" که آنرا می توان با ۵ نوع رهایی (freedom) بیان نمود :

- ۱) رهایی از گرسنگی و تشنگی
- ۲) رهایی از ناملایمات و زحمات
- ۳) رهایی از جراحات، بیماریها و درد
- ۴) رهایی ابراز رفتارهای طبیعی
- ۵) رهایی از ترس و اضطراب.

هر چند ادعای بحث انگیزی در مورد اینکه آیا ماهیان و بی مهرگان (invertebrate) پرورشی در شرایط آکواکلچر حقیقتاً دارای ادراک هستند یا نه ؟ وجود دارد و بعبارت دیگر آیا آنها احساس و آگاهی نسبت به آنچه متحمل می شوند، را دارا می باشند ؟

اگرچه تاکنون هیچگونه شواهد موثقی در این مورد در بی مهرگان دریایی مشاهده نشده اند ولیکن نتایج پژوهشی مبین آن است که ماهیان دارای حسگرهای لازم (nociceptors) جهت احساس محرک های

آزاردهنده ای (noxious) هستند که به آنها احساسی شبیه درد، ترس و استرس القاء می کند. نهایتاً اینکه رفاهیت باید در آکواکلچر بی مهرگان دریایی و بویژه ماهیان نیز مد نظر قرار گیرد.

رفاهیت در آکواکلچر می تواند توسط مواردی نظیر : جمعیت متراکم، اثرات متقابل رفتاری، بیماریها و زندگی انگلی (parasitism) آسیب ببیند. مشکل اصلی در تعیین علت آسیب دیدگی رفاهیت این است که چنین مواردی در زمان های مختلف بر یکدیگر تأثیر می گذارند و در روند همدیگر تداخل می یابند. مناسب ترین تراکم جمعیتی غالباً توسط "ظرفیت جبران" یا "گنجایش جابجایی" (carring capacity) در محیط پرورش تعیین می گردد یعنی مقدار فضایی که هر عدد ماهی برای رشد بهینه نیازمند است و آن برای گونه های مختلف متفاوت است.

اگرچه اثرات متقابل رفتاری نظیر زندگی گروهی (shoaling) بصورت تراکم زیاد تلقی می گردد ولیکن این موضوع برای برخی گونه ها سودمند است اما اصولاً تراکم زیاد برای پرورش مطلوب بسیاری از گونه های آبزیان زیانبخش خواهد بود. شلوغی می تواند بر رفتارهای عادی تأثیر بگذارد و باعث افزایش حرکات پرخاشگرانه و رقابت انگیز نظیر همخواری (cannibalism)، رقابت غذایی، قلمروگرایی (territoriality) و سلسله مراتبی (hierarchy) شود. این استعداد نهانی نهایتاً در اثر تصادم های "ماهی به ماهی" و یا "ماهی به قفس" باعث افزایش خسارات و تلفات می گردد لذا ماهیان در این حالت متحمل کاهش دریافت مواد غذایی می شوند و از کارایی تبدیل (conversion efficiency) مواد غذایی در محیط آکواکلچر کاسته می شود. بعلاوه تراکم زیاد آبزیان از جریان یابی بهینه آب می کاهد، ایجاد اکسیژن محلول ناکافی می نماید و تولید طبیعی حذف می گردد. اکسیژن محلول برای تنفس ماهیان ضروری است و غلظتش در کمتر از سطح بحرانی می تواند باعث تحریک استرس و حتی گرایش به خفگی (asphyxiation) شود (۵).

آمونیم که از ترکیبات دفعی و زائد (excretion) نیتروژن است، دارای سمیت تجمعی (accumulated) در ماهیان بویژه در زمان کاهش غلظت اکسیژن می باشد. بسیاری از اینگونه تأثیرات و اثرات متقابل سبب بروز استرس در ماهیان می شوند بطوریکه می تواند ماهیان را پذیرای بیماریها نمایند. در مورد بسیاری از پارازیت ها، سرایت آنها به درجه تحرک میزبان، تراکم جمعیتی میزبان و آسیب پذیری سیستم دفاعی میزبان بستگی دارد. شپشک های دریایی (sea lice) از نخستین مشکلات پارازیتی برای ماهیان حقیقی در شرایط آکواکلچر هستند که در تعداد زیاد سبب خراشیدگی پوست و خونریزی (haemorrhaging)، احتقان روده ای (gill congestion) و افزایش تولید مخاط (mucus) می شوند. در اینجا همچنین تعدادی از ویروس های مهم و پاتوژن های باکتریایی وجود دارند که اثرات سختی بر ارگان های داخلی و سیستم عصبی آبزیان پرورشی وارد می سازند (۵).

کلید بهبود رفاهیت ارگانیزم های آبی پرورشی این است که میزان استرس آنها را به حداقل برسانید زیرا افزایش میزان و یا تکرار دفعات استرس سبب مجموعه ای از اثرات مخرب می گردند. تلاش برای کاهش استرس می تواند در سرتاسر فرآیند پرورش صورت پذیرد آنچنانکه در ضمن دوره پرورش سعی گردد تا تراکم آبزیان در حد مناسب و ویژه هر گونه و سرعت رشدشان حفظ شود و رفتارهای تهاجمی و اثرات متقابل منفی به حداقل برسند.

مراقبت از تورها و قفس ها از طریق پاکیزگی مداوم باعث بهبود جریان آب و کاهش احتمال نزول کیفیت آنها می شود. هیچگونه بیماری و عامل انگلی خطرناکی قادر به تأثیرگذاری در محیط های مطلوب و پاکیزه پرورش آبزیان نیست و بدینگونه از سرایت بیماریها جلوگیری می گردد. هرچند برخی شیوه های جلوگیری از بیماریها نظیر واکسیناسیون بواسطه تماس و تزریق می توانند سبب بروز استرس شوند ولیکن سایر شیوه ها مثل افزودن آنتی بیوتیک ها به جیره غذایی، افزودن مواد شیمیایی به آب جهت تیمارهای شستشو و همچنین کنترل بیولوژیک از جمله استفاده از ماهیان سپور (cleaner wrasse) برای حذف شپشک های دریایی از مزارع قزل آلا نیز بر رفاهیت تأثیر می گذارند.

برخی مراحل انتقال آبزیان نظیر: صید کردن، محرومیت غذایی جهت جلوگیری از آلودگی های مدفوعی درون محفظه ای حین انتقال، انتقال به کامیون های حمل و نقل توسط تورها یا پمپ ها بعلاوه حمل و جابجایی به شرایط محیطی جدید نیز باعث آسیب بر رفاهیت ماهیان می شوند. در ضمن انتقال آبزیان باید کیفیت آب مطلوب باشد، حرارت تنظیم گردد، اکسیژن محلول کفایت نماید و فضولات در کمترین میزان حضور یابند. در برخی مواقع ممکن است از داروهای بیهوشی (anaesthetics) نیز بمیزان کم جهت آرامش بخشی ماهیان قبل از انتقال استفاده گردد. آکواکلچر گاهاً بعنوان بخشی از یک برنامه احیای شرایط زیست محیطی و یا برای کمک به حفظ گونه های در حال انقراض (endanger) بکار می رود (۵).

ج - کشمکش های اجتماعی "آکواکلچر":

ظهور "آکواکلچر" صنعتی نه تنها مایه نگرانی های زیست محیطی بلکه منشأ بسیاری از معضلات اجتماعی شده است. عملیات فشرده ای که توسط "آکواکلچر" صنعتی مطرح می گردند، نوعاً تهدید بارزی برای اجتماعات سنتی و مرکزیت محور محسوب می شوند. بعنوان مثال میگوهای آب شور از گونه های آبزیان با ارزش در ایالات متحده آمریکا، ژاپن و اروپا بحساب می آیند، هر چند آنها غالباً در مزارع پرورشی مناطق گرمسیری توسط شرکت های چند ملیتی تولید می شوند. برای اینکه عملکرد میگوی تولیدی از سود بالایی برخوردار شود لذا شرکت های خارجی و افراد غیر محلی تمایل به نهایت بهره جویی از این مناطق دارند بطوریکه به بالاترین رشد تولیدات دست یابند درحالیکه کمترین توجهی به الزامات اجتماعی و زیست محیطی ندارند و بازاریابی محصولات را در خارج از این مناطق برای کسب بالاترین منفعت انجام می دهند.

صدمات اکولوژیکی مزارع پرورش میگو در مقیاس وسیع می تواند فقط اراضی نامطلوب را برای مزارع پرورش کوچک مقیاس باقی بگذارد که به صنعت ماهیگیری محلی و در نهایت اقتصاد منطقه خسارت می رساند. متقابلاً پرورش ماهیان حقیقی بویژه قزل آلا در مناطق روستایی ساحلی موجب فواید اجتماعی گردیده و در زندگی روستائیان ایجاد تحول و ترقی نموده است. همچنانکه شیوه های پرورش آبزیان فشرده تر می شود آنگاه فرصت های شغلی آنان کمتر می گردند. بعنوان مثال بر طبق گزارشات دولت نروژ در فاصله سال های ۲۰۰۰-۱۹۹۴ میلادی تعداد افرادی که در پرورش قزل آلا از مراحل تخم گیری و پرورش نوزاد (hatchery) تا برداشت اشتغال داشتند بمیزان ۱۸ درصد کاهش یافته اند درحالیکه میزان تولیدشان دو برابر گردیده است. بعلاوه همچنانکه صنعتی شدن پرورش آبزیان باعث کاهش هزینه ها و افزایش سود می شود ولیکن بدینطریق مداوماً بر میزان پیچیدگی فرآیند پرورش افزوده و از اشتغال کاسته می گردد.

صنعتي شدن پرورش آبزیان همچنین باعث خسارت بر گروه هاي پرورش ساحلي مي گردد يعني مناطقي كه قزل آلا بعنوان ماهي تجارتي مطرح مي باشد. اين موضوع ضمن دهه ۱۹۹۰ ميلادي در مزارع پرورش قزل آلا كشور شيلي مشاهده شد. شيلي از جمله مناطقي است كه از كارگران كم مزد براي پرورش قزل آلا بهره مي برد و محصولاتش را بصورت انبوه وارد بازارهاي دنيا مي كند و باعث کاهش قيمت هاي جهاني مي شود بطوريكه ماهيگيران تجاري قزل آلا در آمريكا و كانادا در ضمن سال هاي مذكور متحمل خسارات زيادي گرديدند تا حديكه ماهيگيران سواحل اقيانوس آرام در آمريكاي شمالي بسياري از سرمايه هاي خود را از دست دادند و يا حتي از شغل خويش دست برداشتند. در فاصله سال هاي ۲۰۰۲-۱۹۹۰ ميلادي، تعداد ماهيگيران تجاري قزل آلا در آلاسكا از ۱۰۴۸۷ نفر به ۶۵۶۷ نفر و ارزش قزل آلاي حاصله از ۵۵۹ ميليون دلار به ۱۳۰ ميليون دلار کاهش داشته است (۴).

اصلاح ساختارهاي "آكوالكچر" :

اخيراً برخي از صنايع و حكومت ها در صدد محدودسازي فعاليت "آكوالكچرهاي" فاقد پايداري توليد بوده اند. آنها بر توسعه انواعي از "آكوالكچر" تأكيد مي ورزند كه علاوه بر صنعتي بودن و پايداري توليد از جنبه هاي اجتماعي و زيست محيطي نيز مطلوب باشند بنابر اين با تغييرات مثبتي كه در شيوه هاي "آكوالكچر" انجام گرفته است، باعث اصلاح روند پايداري توليد و افزايش رغبته به آن مي گردند. در راستاي انتظاراتي كه براي گسترش "آكوالكچر" در سال هاي آتي وجود دارند وليكن همچنان حياتي است كه عمليات آنها با كمك ابزارها و شيوه هايي انجام دهند كه در ضمن توسعه يابي از بروز مشكلات اجتماعي و زيست محيطي اجتناب گردد (۴).

راهكارهاي پايداري مسير توليد :

راه هاي چاره اي نيز براي کاهش معضلات زيست محيطي و اجتماعي "آكوالكچر" صنعتي وجود دارند كه شامل بكارگيري : "آكوالكچر اكلوژيك"، "آكوالكچر ارگانيك"، "پلي كالچر" و "پرورش نرم تنان" در سيستم هاي بسته با كمترين ميزان تخليه ضايعات به محيط اطرافشان مي باشند. اينگونه عمليات جايگزين بنحو موفقيت آميزي در نقاط مختلف دنيا اجرا شده اند اما بايد آنها را در مقياس هاي وسيع نيز آزمايش نمود. زمانيكه هر يك از عمليات توليد بصورت بالقوه داراي توان خسارات محيطي هستند آنگاه بايد با کاربرد سيستم هاي مديریتی بهينه به کاهش خسارات دست يافت. بعلاوه بايد از جنبه هاي اقتصادي، اجتماعي و ملاحظات زيست محيطي به زمان بكارگيري هر يك از عمليات توليدي توجه نمود (۴).



"آکواکالچر" اکولوژیک :

"آکواکالچر اکولوژیک" عبارت از مدل دیگری از "آکواکالچر" است که در زمینه جنبه های تکنیکی اثرات اقتصادی، اجتماعی، اکولوژیکی و محیط زیستی بحث می نماید.

اینگونه از "آکواکالچر" بر ۶ اصل اساسی تأکید می ورزد :

- (۱) حفاظت از اشکال و کارایی منابع طبیعی
- (۲) کارایی مطمئن سطوح غذایی (استفاده از ضایعات و گیاهان بجای ماهیان در تغذیه آبزیان پرورشی)
- (۳) اطمینان از عدم تخلیه مواد غذایی مازاد و مواد شیمیایی بعنوان آلاینده ها از سیستم به محیط زیست
- (۴) استفاده از گونه های بومی که نقشی در آلوده سازی بیولوژیکی محیط زیست ایفاء نمی کنند.
- (۵) اطمینان از اینکه سیستم تلفیقی به اقتصاد منطقه ای، تولید غذا و اشتغال زایی کمک می نماید.
- (۶) به مشارکت گذاردن عملیات و اطلاعات در مقیاس جهانی.

--- "آکواکالچر اکولوژیک" بر توسعه سیستم های پرورشی تمرکز دارد و باعث حفاظت از محیط زیست بموازات حفظ کارایی تولید در سیستم می شود. تمامی جنبه های عملیات آن در ارتباط با کاهش اثرات منفی بر اجتماعات منطبق می باشند. "آکواکالچر" اکولوژیک همچنین می تواند در امر مدیریت ماهیگیری پایدار و حفاظت از مناطق ساحلی مشارکت جوید (۴).

"آکواکالچر" ارگانیک :

ثبات و پایداری از مهمترین اهداف تولید مواد غذایی ارگانیک می باشند. متخصصان "آکواکالچر" که در موضوع مزارع ارگانیک فعالند، در صدد مدیریت تلفیقی اجزاء تولید مواد غذایی بگونه ای هستند که ارگانیزم ها بعنوان بخش مؤثری از شبکه پیچیده تولید عمل نمایند. در تولید ارگانیک مواد غذایی، تمامی بخش های عملیاتی نظیر : عناصر غذایی ورودی، حیوانات، محیط زیست و ضایعات حاصله در ارتباط و تکامل یکدیگر می کوشند.

امروزه تولید کنندگان ماهیان ارگانیک تمامی مقرراتی را که برای پرورش سایر مواد ارگانیک بکار می روند، اجابت می کنند. کاربرد برخی از مواد اولیه و تکنیک ها در پرورش ماهیان ارگانیک منع شده اند. بعنوان مثال افزودن آنتی بیوتیک ها که بطور معمول در تغذیه ماهیان انجام می شوند و می توانند موجبات تغییرات ژنتیکی ارگانیزم ها را فراهم سازند، در تولید محصولات ارگانیک شیلاتی منع شده اند. در این سیستم ه بجای کاربرد داروها و مواد شیمیایی به مواردی نظیر : بهینه سازی شرایط زیست، کاهش تراکم آبزیان، پاکیزگی محیط و استفاده از آب سالم توجه می گردد. استانداردهای "آکواکالچر" ارگانیک در بسیاری از کشورهای جهان توسعه یافته اند بطوریکه اینک بالاترین مراتب آن در ایالات متحده آمریکا اعمال می گردند.

برخی از اصول اساسی "آکواکالچر" ارگانیک بر طبق اعلامیه "فدراسیون جهانی جنبش کشاورزی ارگانیک" (IFOAM) بشرح زیر هستند :

- ۱) برای تشویق طبیعی چرخه بیولوژیک در تولید ارگانیزم های آبی باید از مواد غذایی استفاده شود که برای مصرف انسانها مناسب نیستند و یا غالباً به مصرف آنها رغبتی ندارند.
- ۲) از روش های مختلف کنترل بیماری ها بهره گیرید.
- ۳) هیچگاه از کودهای مصنوعی (سنتزی) و سایر مواد شیمیایی در تولیدات غذایی استفاده نشود.
- ۴) در صورت امکان از تکنیک های "پلی کالچر" بهره برداری کنید.

غالباً موانعی در جهت استقرار "آکواکالچر ارگانیک" وجود دارند که عبارتند از :

- ۱) پرورش ماهیان گوشتخوار با رژیم غذایی ماهیان وحشی
- ۲) مدیریت و بازیافت ضایعات
- ۳) پدیده فرار ماهیان
- ۴) کنترل بیماریها و پارازیت ها

همانند گواهی ارگانیک باید دیگر تأییدیه ها و برنامه های استناد یا برچسب زنی (labeling) را تحت ملاحظه قرار داد. اینگونه برچسب های اکولوژیک (ecolables) به همراه پرورش ارگانیک غذاهای دریایی به مصرف کنندگان امکان می دهند که از شیوه تولید ماهیانی که خریداری و مصرف می کنند، آگاهی و اطمینان یابند. بعلاوه آنها می توانند به پرورش دهندگان از طریق افزایش تقاضا کمک نمایند و آنها را تشویق کنند تا از شیوه های دوستدار محیط زیست و قیمت منصفانه ای برای تولیداتشان بهره گیرند (۴).

مواد اولیه توربافی (netting material) :

از انواع مختلف مواد نظیر : نایلون، پلی استر، پلی پروپیلین، پلی اتیلین، سیم های دارای پوشش پلاستیکی، لاستیک، ریسمان های ویژه (مثل spectra، thorn-D و dyneema)، آهن گالوانیزه و مس برای تهیه تورهایی که در "آکواکلچر" برای محصورسازی ماهیان بکار می روند، استفاده می شود.

هر یک از مواد مذکور از جهاتی چون : سادگی بکارگیری، استحکام، هزینه و مقاومت به خوردگی انتخاب می گردند. اخیراً اهمیت زیادی به فلز مس بعنوان ماده اولیه توربافی در "آکواکلچر" داده می شود زیرا آنها دارای خواص ضد میکروبی هستند یعنی باعث تباهی باکتری ها، ویروس ها، قارچ ها، جلبک ها و سایر عوامل میکروبی بیماریزا می شوند فلذا از جرم گرفتگی زیستی (biofouling) نظیر : انباشتگی نامطلوب، چسبندگی و رشد میکروارگانیسم ها- گیاهان- جلبک ها- کرم های لوله ای (tubeworms)، صدفچه های چسبنده (barnacles) و نرم تنان جلوگیری می شود.

گواينکه فلز مس از رشد میکرب ها جلوگیری می کند وليکن برای کاهش هزینه های ساخت قفس های "آکواکلچر" لزوماً باید از آلیاژهای مس استفاده نمود یعنی فلز مس را در ترکیب با سایر فلزات بکار گرفت. مقاومت آلیاژهای مس سازنده قفس های "آکواکلچر" در برابر رشد ارگانیسم ها منجر به تدارك محیطی سالم تر و پاکیزه تر جهت رشد و کیفیت آبریان پرورشی می شود (۵).



آینده نگری و توصیه ها :

امروزه صید ماهیان وحشی در برخی سکونتگاه های قابل دسترس نظیر مصب رودخانه ها و خلیج های کوچک رو به افول می رود. برخی شیوه های آکواکلچر نظیر پرورش ماهیان همجنس خوار (piscivorous) مثل قزل آلا هیچگونه مساعدتی به حل معضلات موجود نمی کند زیرا آنها نیازمند تغذیه از سایر ماهیان بعنوان "جیره ماهی" (fishmeal) و "روغن ماهی" (fishoil) هستند. بررسی ها نشان می دهند که پرورش قزل آلا دارای نقش برجسته منفی بر قزل آلاهای وحشی است بگونه ای که از ماهیان مغذی (forage fish) مصرفی آنها تغذیه می کنند و از تعدادشان می کاهند و نتیجتاً ماهیانی که در سطوح بالاتر زنجیره غذایی قرار دارند، به منابع غذایی کمتری برای تأمین انرژی زیستی دسترسی می یابند (۵).

بجز میگوها و ماهیان، برخی دیگر از اجزاء آکواکلچرها نظیر جلبک های دریایی و نرم تنان دوکفه ای (bivalve mollusk) از جمله : صدف های دریایی، حلزون های دوکفه ای، صدف های دوکفه ای و گوش ماهیان از طریق تغذیه مواد معلق (filter-feeding) به تجدید حیات محیط آبی کمک می کنند. "معلق خوارهای تصفیه کننده" از مواد آلاینده ای نظیر مواد غذایی موجود در آب تغذیه می کنند و باعث اصلاح کیفیت آب می گردند.

گیاهان دریایی نظیر "کلپ ها" باعث جذب مستقیم مواد غذایی مثل نیتروژن و فسفر غیر آلی از آب می شوند و نرم تنان دوکفه ای نیز می توانند ذرات درشت غذایی مثل فیتوپلانکتون ها و ذرات درشت مواد زائد رودخانه ای را ببلعند و بدینگونه برخی فواید مشارکتی آکواکلچر باعث ترقی عملیات پرورش و پایداری تولید می شوند. روش های نوین آکواکلچر سبب کاهش خطرپذیری ناشی از آلودگی های شیمیایی و بیولوژیک می گردند، تنش های وارده بر ماهیان را به حداقل می رسانند، محدوده های پرورش را به آیش (fallow) می گذارند و از شیوه مدیریت تلفیقی آفات (IPM) بهره می گیرند. واکسن ها (vaccines) نیز امروزه برای کاهش مصرف آنتی بیوتیک ها و در جهت کنترل بیماریها مصرف می گردند (۵).

"سیستم های آکواکلچر چرخشی" یا RAS (recirculating aquaculture systems) در سواحل موجب تسهیل در تکنیک های چند کشتی می گردند و بدینگونه باعث مدیریت اثرات منفی محیطی می شوند. "سیستم های آکواکلچر چرخشی" با عبور دادن آب از میان فیلترها به حذف فضولات ماهیان و اضافات غذایی منجر می شوند سپس آب را مجدداً به مخزن پرورش بر می گردانند. بدینگونه در مصرف آب صرفه جویی می شود و از فضولات جمع آوری شده نیز می توان بعنوان کمپوست در عرصه باغبانی و زراعت استفاده نمود. زمانیکه RAS تا محدوده آبهای شیرین توسعه یافت آنگاه سرویس های پژوهش کشاورزی به جستجوی راههایی جهت کاهش نمک های محلول در آبهای لب شور (شوری کم) پرداختند. گرچه ماهیان آب شور را در قفس های دریایی مناطق ساحلی با غلظت نمک ۳۵ در هزار (ppt) پرورش می دهند اما دانشمندان توانسته اند برخی ماهیان آبهای شور نظیر ماهی "پامپانو" (pompano) را در مخازنی با غلظت نمک ۵ در هزار پرورش دهند. "سیستم آکواکلچر چرخشی" تجارتی در شرایط لب شور می تواند نویدبخش اثرات مثبت اقتصادی و زیست محیطی باشد. عناصر غذایی ناخواسته حاصل از غذاهای ماهیان بدینگونه به محیط اقیانوس ها اضافه نمی گردند لذا از احتمال انتقال بیماریها بین ماهیان وحشی و ماهیان پرورشی بشدت کاسته

می شود. بهای گرانتر ماهیان آب شور نظیر "پامپانو" و "کامبیا" (combia) در طی بررسی ها کاهش یافتند (۵).

امروزه بیش از ۱۶ کشور جهان از جمله : چین، اسرائیل و ایالات متحده آمریکا از انرژی ژئوترمال یا زمین گرمایی (geothermal) در آکواکلچر بهره می گیرند. بعنوان مثال : ۱۵ مزرعه آبزبان در کالیفرنیا به پرورش تیلاپیا، ماهی خاردار و گربه ماهی با آبهای گرم زیرزمینی می پردازند که بدینگونه به کمک آبهای گرمتر می توانند به پرورش سریعتر ماهیان در سراسر سال مبادرت ورزند. جمعاً اینگونه مزارع پرورش آبزبان در کالیفرنیا به تولید سالانه ۴/۵ میلیون کیلوگرم ماهی نائل می آیند (۵). واضح است که "آکواکلچر" می تواند به تولیدات سالم آبزبان منجر شود، ضمن اینکه از برخی عملیات غیر ضروری نیز اجتناب می گردد. این شیوه در صورت تکامل یافتن می تواند مواد غذایی مورد نیاز بشر را فراهم سازد. متأسفانه امروزه بیشترین کوشش هایی که در راستای توسعه "آکواکلچر" صورت می پذیرند، در زمینه هایی نظیر: پرورش قزل آلا و میگو درون قفس های ساحلی هستند که بیشترین صدمات محیطی را وارد می سازند.

توصیه های زیر بمنظور بهبود سیستم های "آکواکلچر" بیان می شوند :

- ۱) سعی گردد تا از گونه های مختلف آبزبان بصورت های "پلی کالچر" و سیستم های تلفیقی استفاده شود مثلاً تلفیق ماهیان حقیقی با نرم تنان و گیاهان دریایی
- ۲) ضایعات سیستم را از طریق تصفیه کردن، احداث اراضی غرقاب و ته نشینی حذف نمایند.
- ۳) نسبت به پرورش نرم تنان و سایر گونه هایی که نیاز غذایی کمی دارند، مبادرت ورزید.
- ۴) در گذار بسوی بکارگیری گسترده تر سیستم های بسته با کمترین تخلیه ضایعات بویژه محبوس سازی ماهیان و بازیافت مواد زائد اقدام شود.
- ۵) کاهش معنی دار و یا قطع کامل وابستگی به ماهیان وحشی
- ۶) دولت ها باید با تدوین قوانینی از بکارگیری سایر آبزبان در جیره غذایی ماهیان پرورشی گوشتخوار تحت عنوان "جیره ماهی" و "روغن ماهی" جلوگیری نمایند.
- ۷) باید استانداردهای ارگانیک و دیگر مقررات دوستدار محیط زیست جهت تولیدات "آکواکلچر" تدوین گردند.
- ۸) توسعه پایدار "آکواکلچر" باید دربرگیرنده فواید اقتصادی و اجتماعی دراز مدت برای جوامع باشند.
- ۹) مزارع سنتی باید تشویق گردند تا از تنوع منابع درآمدی بهره گیرند مثلاً پرورش ماهی را در کنار زراعت گیاهان خشکی زی انجام دهند.
- ۱۰) نسبت به استقرار سیستم های "آکواکلچر چرخه مجدد" در مناطق شهری اقدام شود آنچنانکه دولت ها باید به تشویق تلاش هایی بپردازند که با بازسازی برخی ساختمان های موجود به بکارگیری آنها جهت اهداف "آکواکلچر" مبادرت ورزند.
- ۱۱) باید به صدمات اجتماعی توسعه صنایع "آکواکلچر" توجه شود زیرا ممکن است باعث کاهش مشاغل در بخش های مختلف جامعه گردند (۴).

«جدول ۵) سیستم های "آکواکلچر" و صدمات محیطی آنها (۴):»

نوع سیستم	گونه های رایج	انتشار محیطی	صدمات کلی
پرورش نرم تنان (mollusk culture)	صدف خوراکی، حلزون دوکفه ای، گوش ماهیان، آبالون	معرفی گونه های غیر بومی (هدف و غیر هدف) و بیماریهایشان	حداقل صدمات بویژه در صورت برنامه ریزی و مدیریت صحیح، برخی مواقع باعث تصفیه آب
سیستم بسته/چرخه مجدد (recirculating/closed)	تیلاپیا، ماهی خاردار نواری، استروژن	تخلیه ضایعات بمقدار کم، مصرف شدید انرژی	حداقل صدمات ولیکن می تواند با مصرف منابع انرژی جایگزین اصلاح شود.
تالاب های زمینی (inland pond)	گره ماهی، کپور، تیلاپیا، ماهی خاردار نواری، ماهی خاردار زرد	گاهاً تخلیه ضایعات، بعضاً استفاده از گونه های غیر بومی	صدمات متوسط ولیکن با مدیریت بهینه به حداقل خواهد رسید.
جریان دائم/ جوی آب flow through/race) (way	ماهی خاردار نواری، قزل آلا نهری	تخلیه برخی ضایعات	صدمات متوسط ولیکن می تواند با مدیریت مناسب به حداقل برسد.
تالاب های ساحلی (coastal)	میگوی دریایی	تخریب جنگل های مانگرو، تخلیه فضولات	صدمات شدید محیطی
قفس ها و حصارهای توری (netpen/cage)	قزل آلا، ماهی خاردار دریایی، ماهی سیم، گروپر، ماهی تون، ماهی سرخو	تخلیه مستقیم ضایعات شیمیایی و بیولوژیک در محیط زیست، فرار ماهیان، معرفی گونه های غیر بومی، گسترش بیماریهای آبزیان	صدمات شدید محیطی

منابع و مأخذ :

- 1) DMR – 2006 – What is aquaculture? – Department of Marine Resources State of Maine , Maine.gov**
- 2) Little , D.C & et al – 2003 – Evolutionary development of integrated livestock_fish farming systems in Asia – Food and Agriculture Organization of the United Nations , Rome**
- 3) Little , D.C & et al – 2003 – Integrated livestock_fish farming systems – Inland water resources and aquaculture service , animal production service ; Food and Agriculture Organization of the United Nation , Rome**
- 4) White , Kathryn & et al – 2004 – At a crossroads : will aquaculture fulfill the promise of the blue revolution – A sea web aquaculture clearing house report**
- 5) Wikipedia – 2013 – Aquaculture – Wikipedia.com**

«سیستم های پرورش ماهی در شالیزارهای غرقابی» "Raise Fish systems in the rice paddy"

مقدمه :

برنج (rice) محصولی دانه ای (seed) و حاصل از گیاهی تک لپه ای (monocot) با نام علمی " Oryza sativa" می باشد. این عضو گروه غلات (cereal grain) جزو مهمترین و عمده ترین مواد غذایی (staple food) جمعیت عظیمی از جهان بویژه در مناطق شرقی و جنوبی آسیا، خاور میانه، آمریکای لاتین و مناطق غربی هندوستان محسوب می گردد (۱۵).

جدول ۱) عمده ترین کشورهای تولید کننده برنج جهان در سال ۲۰۰۷ میلادی (۱۵) :

ردیف	کشور	تولید (میلیون تن)	ردیف	کشور	تولید (میلیون تن)
۱	چین	۱۸۷	۶	تایلند	۳۲
۲	هند	۱۴۴	۷	میانمار	۳۱
۳	اندونزی	۵۷	۸	فیلیپین	۱۶
۴	بنگلادش	۴۳	۹	برزیل	۱۱
۵	ویتنام	۳۵	۱۰	ژاپن	۱۰

جدول ۲) عمده ترین کشورهای مصرف کننده برنج جهان در سال ۴-۲۰۰۳ میلادی (۱۵) :

ردیف	کشور	مصرف (میلیون تن)	ردیف	کشور	مصرف (میلیون تن)
۱	چین	۱۳۵	۹	فیلیپین	۹/۷
۲	هند	۸۵/۲۵	۱۰	ژاپن	۸/۷
۳	اندونزی	۳۶/۹۵	۱۱	مکزیک	۳/
۴	بنگلادش	۲۶/۴	۱۲	پاکستان	۶/۰
۵	برزیل	۲۴	۱۳	کره جنوبی	۵/۰
۶	ویتنام	۱۸	۱۴	مصر	۳/۹
۷	تایلند	۱۰	۱۵	USA	۳/۹
۸	میانمار	۱۰	۱۶	- - -	- - -

جدول ۳) ارزش غذایی هر ۱۰۰ گرم دانه برنج (۱۵) :

ردیف	موارد	مقدار	ردیف	موارد	مقدار
۱	کربونیدرات ها	۷۹ گرم	۱۰	اسید پانتوتینیک (B5)	۰/۰۱ میلیگرم
۲	قندها	۰/۱۲ گرم	۱۱	ویتامین B6	۰/۱۶ میلیگرم
۳	فیبر	۱/۳ گرم	۱۲	کلسیم	۲۸ میلیگرم
۴	چربی	۵۰۰ میلیگرم	۱۳	آهن	۰/۸۰ میلیگرم
۵	پروتئین	۷ گرم	۱۴	منزیم	۲۵ میلیگرم
۶	آب	۱۱/۶۲ گرم	۱۵	منگنز	۱/۰۹ میلیگرم
۷	تیامین (B1)	۰/۰۷ میلیگرم	۱۶	فسفر	۱۱۵ میلیگرم
۸	ریبوفلاوین (B2)	۰/۰۱۵ میلیگرم	۱۷	پتاسیم	۱۱۵ میلیگرم
۹	نیاسین (B3)	۱/۶۲ میلیگرم	۱۸	روی	۱/۰۹ میلیگرم

برنج براساس حاصلخیزی خاک و ارقام تا ارتفاع ۱/۸-۱ متر رشد می یابد. برگهای برنج بفرم دراز و باریک بطول $100 - 50\text{ cm}$ و با پهنای $2.5 - 2\text{ cm}$ می باشند. گل آذین برنج بطول $50 - 30\text{ cm}$ و دانه های خوراکی اش از نوع گندمه (caryopsis) بطول ۱۲-۵ میلیمتر و ضخامت ۳-۲ میلیمتر هستند (۱۵).

برنج را معمولاً بعنوان یک محصول زراعی یکساله بکار می گیرند درحالیکه این نبات در مناطق گرمسیری با تولید راتون (ratoon) بسان گیاهی چند ساله تا ۳۰ سال بقاء می یابد. ارقام مختلف برنج باوجودی که بومی جنوب آسیا و مناطقی از آفریقا هستند اما در گستره جهانی کاشت می شوند. زراعت برنج در مناطقی با نزولات آسمانی فراوان و نیروی انسانی ارزان رواج بیشتری یافته است اما این محصول قابلیت زراعت در بسیاری از نقاط گیتی حتی کوهپایه ها را دارد (۱۵).



برنج مرتبه دوم بیشترین تولید غلات را در جهان بعد از ذرت (maize = corn) بخود اختصاص داده است ولی با در نظر گرفتن اینکه مقادیر زیادی از تولید جهانی ذرت به مصارف مستقیم غذایی انسان نمی رسند لذا برنج را می توان مهمترین ماده غذایی و تأمین کننده $\frac{1}{5}$ انرژی مصرفی نژاد بشر دانست (۱۵).

روش سنتی زراعت برنج عبارت از شالیکاری غرقابی (flooding) می باشد که با نشاء بوته های جوان همراه است. این روش نیازمند مراحل دقیق کاشت و داشت بویژه آبیاری مکفی می باشد درحالیکه علفهای هرز و جانوران مضر (vermin) نیز باید کنترل شوند. غرقاب نمودن کرت ها برای زراعت برنج اجباری نیست ولی در دیگر روش های مدیریت آبیاری باید تمهیدات لازم را در بکارگیری کودها و کنترل آفات و علفهای هرز بکار گرفت (۱۵).

شالیزارها را در برخی مناطق جهان مثل تایلند و ناحیه "Apatani" هند بلافاصله بعد از برداشت برنج به زیر کشت گلهای زینتی (horticulture) و یا زراعت ارزن می برند. مرزهای شالیزارها نیز به کاشت سبزیجاتی چون: کلم گل، کلم برگ، گوجه فرنگی، تربچه، کدو تنبل (pumpkin)، خیار، لوبیا، بادنجان (brinjal)، فلفل قلمی (chillies) و زنجبیل (gingers) اختصاص می یابند (۱۱).

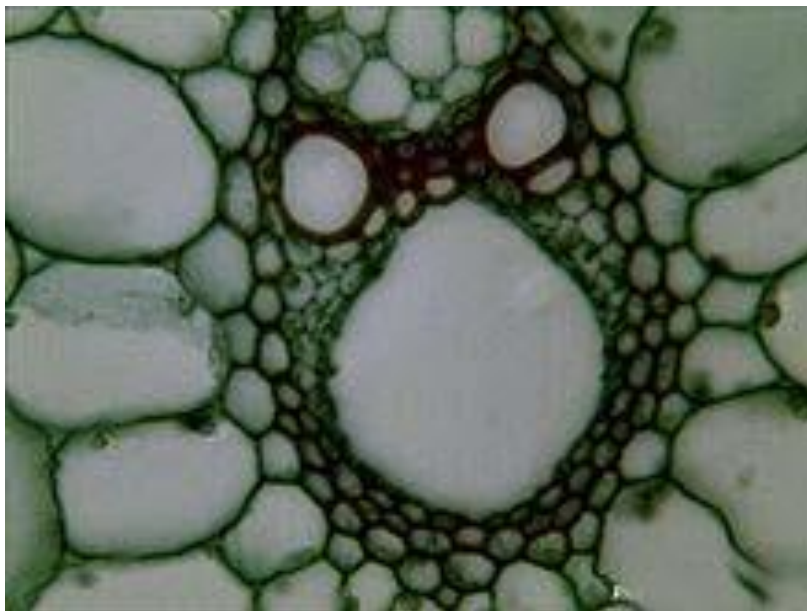
برنج مهمترین محصول اقتصادی در آسیا است. درحالیکه پرورش ماهی در استخرهای مخصوص پرورش در مبحث "fish rearing" یا "pisciculture" و "aquaculture" بعنوان مکمل درآمدزایی و تولید پروتئین مطرح می باشد اما پرورش ماهی در شالیزارها در مباحثی چون: "rice-fish culture"، "paddy cum fish"، "concurrent fish & paddy" و "simultaneous fish & paddy" قرار می گیرد که جزئی از فعالیت های "agro-pisciculture" است و بعنوان محصول دوم ارزیابی می گردد (۱۶، ۳، ۱۲).



برای مقابله با شرایط دشوار اقتصاد کنونی جهان در بسیاری از نقاط به تشویق بکارگیری شیوه های پرورش محبوس آبیان (net enclosure ، net cage & pen culture) پرداخته می شود همچنین پرورش انواع آبیان در کنار یکدیگر در راستای "پلی کالچر" بر ظرفیت تولید و بهره وری از فرصت ها افزوده است (۱۲). افزودن ماهیان پرورشی به مزارع برنج از ملاحظات مدیریتی کشاورزان است هر چند در برخی از مواقع ممکن است توجیه اقتصادی مکفی از اینگونه فعالیت های مدیریت جنبی عاید نگردد (۳).

پرورش توأم ماهی و برنج می تواند نقش بارزی را در کسب درآمد، تأمین و امنیت مواد غذایی خانوارها و پایداری تولیدات کشاورزی ایفاء کند (۱۰). پرورش همزمان ماهی و برنج ایده جدیدی نیست بطوریکه از قدیم الایام به پرورش "گره ماهی" (catfish) و "ماهی لجن" (mudfish) در پاره ای از شالیزارهای دنیا مبادرت می ورزیدند (۱۴). این نوع کشاورزی تلفیقی با قدمتی ۲۰۰۰ ساله بطور سنتی در بخش هایی از جنوب شرقی آسیا اجرا می گردد (۱۲).

پرورش ماهی در شالیزارها بصورت وسیع در دنیا اجرا نمی شود بلکه در برخی کشورهای آسیایی رواج بیشتری دارد. برنج اقتصادی ترین محصول کشاورزی این کشورها است و پرورش ماهی در برنجزارهای این نواحی توانسته است به بهبود معیشت زارعین بینجامد و بخشی از نیازهای آنان را به مواد پروتئینی برآورده سازد. اینگونه فعالیت ها غالباً در این نواحی از جهان بعنوان محصول مکمل مطرح است و کمتر بسان محصول اصلی محسوب می گردد (۴).



آکادمی علوم کشاورزی استان "Fujian" چین پرورش همزمان "ماهی- برنج- duck weed" را بعنوان کشاورزی "چند بعدی" (Stereoscopic) می خواند که از انواع کشاورزی تلفیقی است. ماهیان در این سیستم از علفهای هرز و حشرات مضر شالیزارها تغذیه می کنند و فضولات (feces) آنها سبب تقویت خاک

شالیزارها و رشد بهینه برنج می شوند و همچنین از نیاز به کنترل علفهای هرز و آفات برنج می کاهند و در نهایت نیز سبب تولید مقادیری ماهی و افزایش محصول برنج طی دو مرتبه کشت در سال می گردند (۸).

در سال ۱۹۹۹ میلادی به میزان ۸۵۰ هزار تن ماهی از روش پرورش توأم ماهی و برنج در جهان حاصل شد که معادل تولید ۸۶/۷ هزارهکتار استخر پرورش ماهی با عملکرد ۷/۵ تن در هکتار بوده است (۱۶). سازمان FAO ضمن سال های ۸۰-۱۹۶۰ میلادی با ایجاد چندین کمیته تخصصی به مطالعه در زمینه پرورش توأم ماهی و برنج پرداخت و به آن توجهات ویژه ای نشان داد (۱۳).



به دلیل اینکه زراعت توأم ماهی و برنج بطور گسترده در شالیزارهای جهان اعمال نمی شود لذا اغلب اطلاعات موجود در این زمینه مربوط به کشورهای آسیایی بویژه: فیلیپین، اندونزی، ژاپن، هند، مالزی، چین، بنگلادش، کره، لانوس، کامبوج، بنین، تایلند، ویتنام و میانمار (برمه) می باشند یعنی منطقه ای که روش های سنتی کشت برنج در طی قرن ها بمرور زمان اصلاح شده اند (۹، ۱۲، ۱۳، ۳)، بگونه ای که پرورش ماهی در شالیزارها در بعضی کشورهای آسیای جنوب شرقی از اهمیت بیشتری نسبت به پرورش ماهی در استخرها برخوردارند (۱۲).

سیستم های پرورش ماهی در شالیزارها در ایالت های فقیرنشین هند نظیر: "Bihar"، "Orissa" و بنگال غربی با اشتیاق بیشتری از جانب روستائیان مواجه شده است گوا اینکه ماهیان در این مناطق با قیمت بالاتری نیز عرضه می شوند (۱۲). در فلات "Apatani" واقع در استان "Arunachul Pradesh"

هند اقدام به پرورش ماهی در شالیزارها ضمن دو مرتبه زراعت برنج در هر سال می شود (۱۱). پرورش ماهی در شالیزارها علاوه بر کشورهای آسیایی در ماداگاسکار و ایالات متحده آمریکا نیز صورت می پذیرند (۱۲، ۱۳).

با کاهش اقتصاد متمرکز کمونیستی در چین از میزان شالیزارهای پرورش توأم ماهی و برنج کاسته شد زیرا مدیریت اینگونه مزارع بواسطه مزایای کاربری کودها و آفت کش های شیمیایی بسیار دشوار گردیده بود (۱۳).

با چنین اوصافی پرورش توأم ماه و برنج در بسیاری از نقاط آسیا به دلایل زیر از رواج افتاد:

- ۱- افزایش لجام گسیخته جمعیت
- ۲- کاهش ماهیان وحشی رودخانه ها
- ۳- وقوع انقلابات سبز (green revolution) که تأکید بر کاربرد نهاده هایی چون سموم شیمیایی در کشاورزی "تک کشتی" (monoculture) و فشرده (intensive) برای کسب حداکثر راندمان برنج داشتند و تمامی آنها زندگی ماهیان را به مخاطره می اندازند (۱۲).

یازدهمین گردهمایی کمیته ملی (national committee) چین با تملک بخشیدن کشاورزان بر چنین فعالیت های جنبی سبب نضج مجدد آن گردید لذا تلاش فزاینده کشاورزان و کارشناسان چین موجب:

- ۱- رواج کشت مستقیم و هراکش ارقام دیررس برنج
- ۲- رواج کشت مستقیم و هراکش ارقام فاقد توانایی پنجه زنی (tilling)
- ۳- اجرای نشاء هراکش ارقام فاقد توانایی پنجه زنی شد. تمامی موارد فوق به صرفه جویی در زمان و هزینه کارگری انجامید و بر راندمان محصول و درآمد شالیکاران افزود (۱۳).

تعداد و گونه های ماهیان رهاسونده و تغذیه تکمیلی آنان از جمله عوامل مؤثر در موفقیت این طرح هستند که باید دقیقاً مراعات شوند (۱۲).

پرورش ماهی در شالیزارها در صورت:

- الف- دستیابی به آفت کش ها و کودهای شیمیایی کارآمد ولی بی ضرر برای ماهیان
- ب - اصلاح ارقام برنج مقاوم به آفات و امراض
- ج - استفاده از ارقام ماهیان مناسب دارای آینده امیدبخشی می باشد (۱۳).



ملاک های انتخاب شالیزارها برای پرورش توأم ماهی و برنج (prerequisite) عبارتند از:

- ۱- مزرعه انتخابی بهتر است در جوار مکان زندگی کشاورز باشد تا محافظت و نظارت بخوبی میسر گردد.
- ۲- مزرعه باید از قابلیت غرقاب مداوم به عمق ۳۰ سانتیمتر در چند ماه از سال برخوردار باشد.
- ۳- کرت ها باید تا حد امکان بخوبی تسطیح گردند.
- ۴- مزارع باید بنحوی آماده شوند که قابلیت سرریز شدن نداشته باشند.
- ۵- خاک مزرعه باید دارای خاصیت نگهداری آب بالایی باشد لذا خاکهای رسی بدین منظور مناسب ترند.
- ۶- مقدار PH مناسب آب و خاک حدوداً ۵/۵-۷/۵ است.
- ۷- دسترسی به آب پس از برداشت برنج برای تداوم پرورش ماهیان اهمیت بسیاری دارد (۱۰).
- ۸- برای پرورش ماهی در شالیزارها نیازمند قطعاتی از مزرعه می باشد که بخوبی آبگیری شوند لذا اراضی پائین دست مناسب ترند (۱۴).
- ۹- قابلیت دسترسی اراضی به آب کافی و کیفی که آلوده به سموم شیمیایی نباشند (۱۲).
- ۱۰- اراضی باید از مرزهای مستحکمی برخوردار شوند تا نشت آب (leakage) به حداقل برسد و عمق آب در سطح مطلوب حفظ گردد.
- ۱۱- شالیزارهایی که در شیب ها قرار دارند، نیازی به مرزهای بالا دست ندارند. طراحی (layout) مناسب اراضی به محصور شدن بهینه ماهیان کمک می کند. اراضی حوضچه ای شکل (basin) نیاز کمتری به صرف وقت و هزینه برای آماده سازی دارند.
- ۱۲- تهیه بچه ماهیان از نظر: نوع ، اندازه و زمان مناسب (۱۰)
- ۱۳- نزدیک بودن شالیزار به محل پرورش تخم ماهیان (hatchery) از عواملی است که در انتخاب نوع ماهی پرورشی در شالیزارها مؤثر است (۱).

۱۴- بچه ماهیان مورد نیاز را می توان از زار عینی که در همسایگی مزارع به پرورش بچه ماهی اشتغال دارند، ابتیاع نمود.

۱۵- ارقام ماهیان انتخابی باید متحمل مواد شیمیایی و آفت کش های مرسوم در کاشت برنج باشند (۱۰).

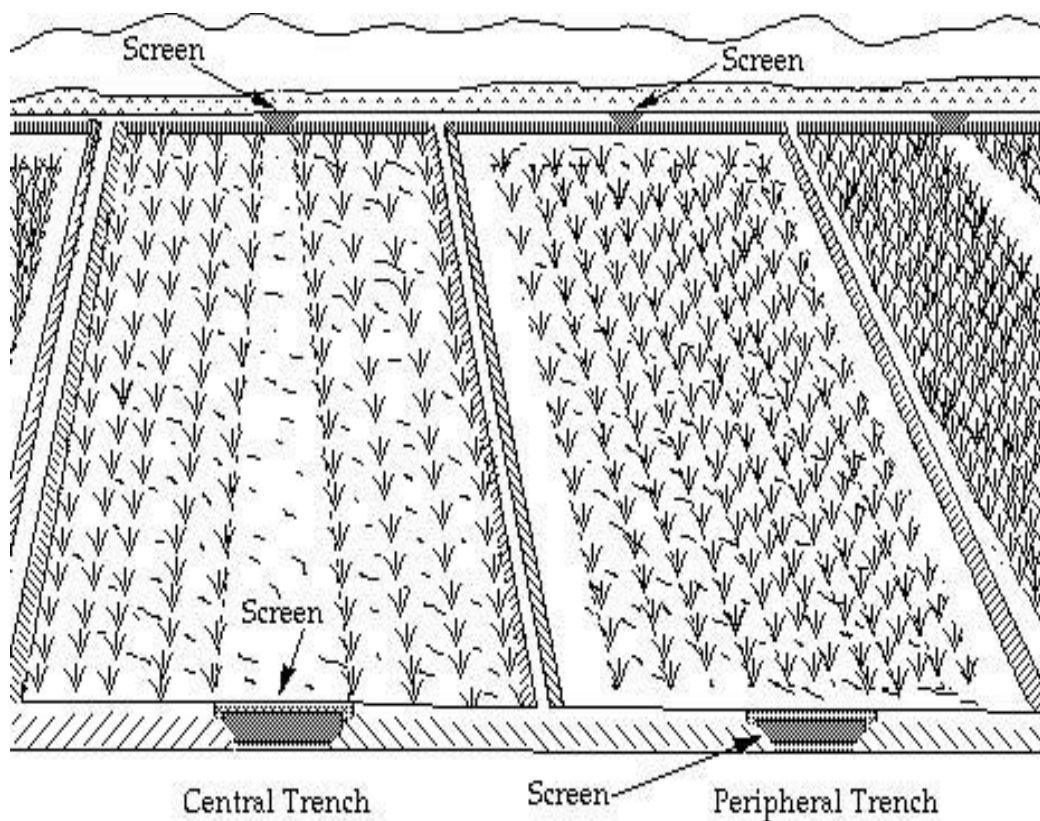
۱۶- در صورتیکه اقدام به تفریح (hatch) تخم ماهیان در جهت تهیه نوزادان سالم و کافی و آزاد سازی بموقع بچه ماهیان صورت نگیرد لزوماً می توان از بچه ماهیان بومی از طریق صید ماهیان وحشی به کمک تورها بدین منظور استفاده کرد (۱۲).

۱۷- شالیزارهایی که در جوار رودخانه های سیلابی قرار دارند، دچار ورود ناخواسته ماهیان بومی (wild fish) در زمان بارانهای سیل آسا و بالا آمدن آب رودخانه ها می شوند که آنها را فقط می توان در پایان دوره برداشت حذف نمود (۴).

۱۸- نقش دولت ها همواره در آموزش روستائیان و ارائه توصیه ها و همچنین تدارک بچه ماهیان و بیمه محصولات از اهمیت بسزایی برخوردار است (۱۲).

۱۹- قبل از تصمیم در مورد رهاسازی ماهیان پرورشی در شالیزارها باید با متخصصین (extensionist) کشاورزی در مورد منابع عمومی تأمین آب مزرعه مشورت نمود زیرا آب آبیاری بسادگی می تواند توسط سایر کشاورزان اراضی بالا دست که از نهاده های شیمیایی بهره می گیرند، آلوده شود (۳).

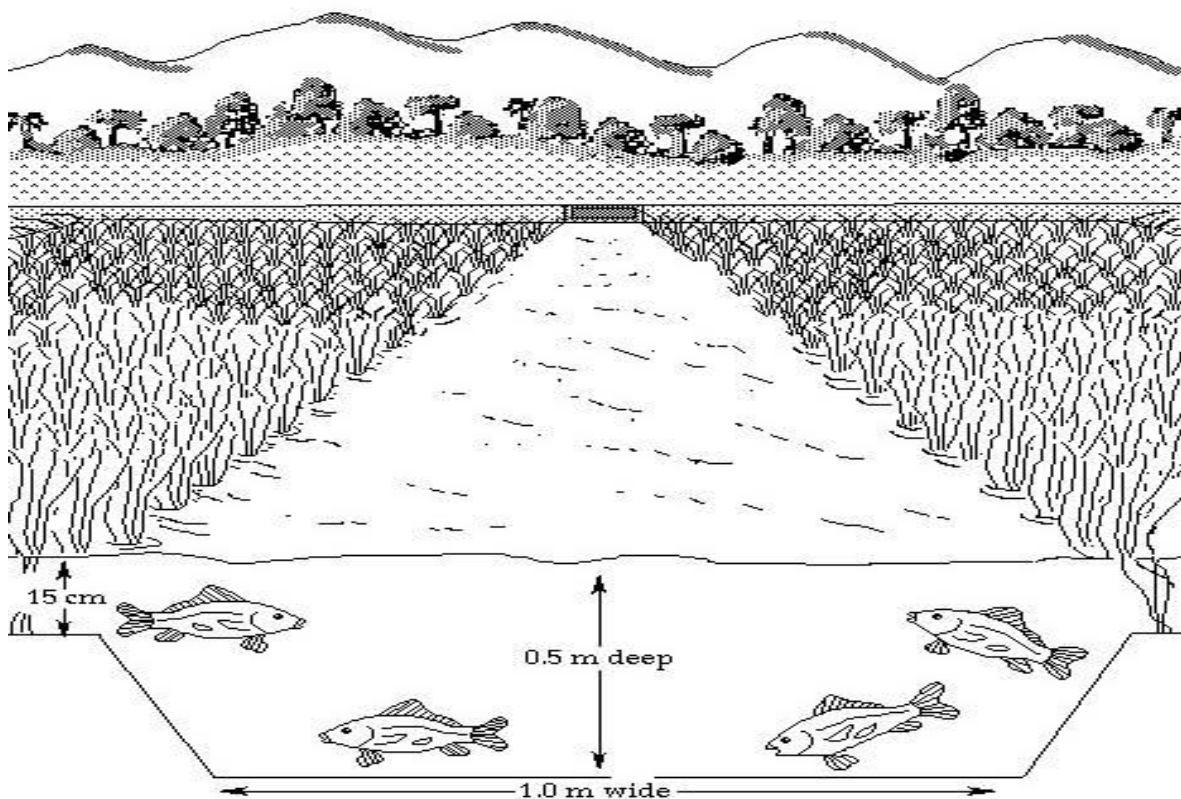
۲۰- در سال ۲۰۰۰ میلادی بیش از ۷۰ هزار خانوار کشاورز بنگلادشی سیستم پرورش ماهی در شالیزار را بکار بستند که "NGOs" و نشریات ترویجی دارای نقش برجسته ای در تشویق و هدایت آنها بوده اند (۱۲).



معیارهای انتخاب ارقام مناسب برنج :

ارقامی برای سیستم پرورش توأم ماهی-برنج انتخاب می شوند که حائز مشخصات زیر باشند:

- ۱- برخورداری از عملکرد بالا
- ۲- مقاوم به بیماریهای گیاهی
- ۳- کمترین خسارت پذیری از هجوم آفات
- ۴- ارقام "متوسط رس" و "دیر رس"
- ۵- عدم حساسیت به ورس
- ۶- کیفیت و بازارپسندی مناسب (۱۶).



معیارهای انتخاب ارقام ماهیان مناسب برای پرورش در شالیزارها:

- ۱- توانایی تحمل زندگی در آبهای خیلی کم عمق
- ۲- قادر به تحمل حرارت های بالاتر از 40°C و نوسانات حرارتی
- ۳- قدرت تحمل تیرگی (turbidity) نسبی و فقر اکسیژن آب شالیزار
- ۴- رشد سریع برای رسیدن به مرحله برداشت تا زمان درو برنج

۵- خصوصیات بازار پسندی مطلوب نظیر، طعم و اندازه ماهیان (۱۰) لذا تمایل زارعین همواره بر استفاده از ماهیان کیفی بجای ماهیان کم ارزشی چون کپور ماهیان استوار می گردد (۱۶).
استفاده از گونه های مختلف ماهیان و سایر آزیان باعث می شود که احتمال صدمه پذیری بواسطه تنوع در محیط آبی کاهش پذیرد و بهره وری بدلیل گزینش نیچ های مختلف اکوسیستم افزایش یابد. از آن گروه از ماهیان بومی و وحشی می توان بهره گرفت که در خارج از فصل بارانی به تخمیزی (spawned) مبادرت می ورزند تا بتوان بچه ماهیان مناسب را در زمان پرورش برنج فراهم ساخت. گونه های ماهیان بومی در برخی شرایط نسبت به ماهیان پرورشی مرسوم نظیر: "Common carp"، "Nile Tilapia" و "Silver barb" از ارجحیت افزون تری برخوردارند (۱۲).

استفاده از ارقام ماهیان متداول در منطقه می تواند بر موفقیت طرح به سبب سازگاری آنها با شرایط موجود بیفزاید چنانکه وارد کردن ارقام جدید ماهیان به منطقه می تواند باعث بروز برخی مشکلات نظیر انتقال بیماریها گردد لذا برای این منظور بهتر است از مشورت کارشناسان مجرب منطقه بهره گرفت (۱).

برای پرورش ماهی در شالیزارها می توان از انواع ماهیان گیاهخوار (herbivorous) و "همه چیز خوار" (omnivorous) استفاده نمود تا از علفهای هرز، کودهای دامی و ضایعات کشاورزی که به جهت تغذیه تکمیلی بکار می روند و همچنین از سایر جانوران آبی تغذیه کنند. این ماهیان از گروه های کپور هندی، کپور چینی و "Tilapia" از قبیل "Common carp"، "Cyprinus carpio"، "Nile tilapia" و "Oreochromis" می باشند درحالیکه گربه ماهیان (catfish) عموماً گوشتخوار (carnivorous) هستند (۱۲).

در مواردیکه علاقمند به پرورش بیش از یک نوع ماهی در شالیزارها هستید باید از امکان زندگی آنها در کنار همدیگر مطمئن شوید مثلاً گربه ماهیان از ماهیان کوچک سایر ارقام تغذیه می کنند لذا برای پرورش گربه ماهیان غالباً نیازمند پرورش و یا خریداری بچه ماهیان برای تغذیه آنها هستید (۱).

معمولاً گونه های ماهیانی که برای پرورش توأم توصیه شده اند شامل: کپور ماهیان (carp)، "Tilapia" و گربه ماهیان می باشند (۱).

گونه هایی از ماهیان که بصورت توأم با برنج در هند بکار گرفته می شوند شامل: "common carp"، "catla-catla"، "Labeo rohita" و "Cirrihnus marigalo" که به تعداد ۵ هزار بچه ماهی در هر هکتار شالیزار رهاسازی می شوند اما ارقام اینگونه از ماهیان را چنان بر می گزینند که ۴۵٪ "کف زی" (bottom feeder)، ۳۰٪ "میان زی" (column feeder) و ۲۵٪ "سطح زی" (surface feeder) باشند (۱۱).

در چین علاوه بر ماهیان مرسوم به انتخاب جانورانی چون: سخت پوستان (crustacean)، دوزیستان (amphibians)، نرم تنان (mollusk) و خزندگان (reptiles) برای کشت توأم با برنج مبادرت می ورزند (۱۶).

جدول ۴-الف) پرطرفدارترین آبزیان پرورشی در شالیزارهای چین (۸، ۱۶):

ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی	نام علمی
۱	کیپور چینی	Chinese carp	---
۲	---	Tilapia	Oreochromis sp
۳	مارماهی مرداب	Swamp eel	Monopterus albus
۴	مارماهی ژاپنی	Japanese eel	Anguilla japonica
۵	میگوی درشت آب شیرین	Grain prawn	Macrobranchium rosenbergii
۶	میگوی بومی آب شیرین	---	Macrobranchium nipponensis
۷	خرچنگ گیره درشت چینی آب شیرین	Chinese mitten- handed crab	Eriocheir sinensis
۸	خرچنگ درشت چینی آب شیرین	Chinese mitten- handed crab	Letiobus cyprinellus
۹	غوک آمریکایی	American frog	Rana nigromaculata
۱۰	کیپور کاراس	Crucian carp	Carassius auratus
۱۱	---	Snake head	Oxyeleotris marmorata
۱۲	---	Snake head	Ophicephalus argus
۱۳	ماهی تیان	Loach	---

جدول ۴-ب) پرطرفدارترین آبزیان پرورشی در شالیزارهای چین (۸، ۱۶):

ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی	نام علمی
۱۴	گربه ماهی	Catfish	Misgurnus anguillicaudatus
۱۵	گربه ماهی	Catfish	Clarias leatheri
۱۶	گربه ماهی	Catfish	Silurus meridionalis
۱۷	لاک پشت نرم پوسته	Soft-shell turtle	Trionyx sinensis
۱۸	حلزون خوراکی	Edible snail	---
۱۹	کیپور آینه ای	Mirror carp	---
۲۰	قزل آلاهی رنگین کمان	Rainbow trout	---
۲۱	کیپور معمولی	Common carp	Cyprinus carpio
۲۲	بیگ هد	Big head	---
۲۳	کیپور کاراس اروپایی	European crucian carp	---
۲۴	---	---	Xenocyprinus sp
۲۵	---	---	Macrobrachium sp
۲۶	---	---	Viviparous sp

آماده سازی شرایط برای پرورش ماهی در شالیزارها:
کشت سنتی برنج (traditional rice paddy) برای بکارگیری پرورش ماهی نیازمند برخی اصلاحات و بازسازی (renovation) می باشد و تأسیساتی که برای تطابق وضعیت زراعی به شرایط "agro-aquaculture" لازمند، حدوداً ۲۰-۱۰ درصد وسعت شالیزارها را اشغال می نمایند (۱۶،۳) و عبارتند از:

۱) مرزبندی (dike = dyke constructions):

برای این منظور از موادی که در اثر خاکبرداری (excavate) فراهم آمده اند، برای ایجاد پشته ها (embankment) و مرزها بهره می برند. مرزها باید بلند و قوی ساخته شوند تا از نشت آب جلوگیری گردد. جنس مرزها را از خاک رسی انتخاب می کنند. مرزها را غالباً به عرض و ارتفاع $40 - 50\text{ cm}$ احداث می نمایند تا قادر به ذخیره آب به میزان بیش از 7500 m^3 در هکتار ضمن مواقع بارندگی باشند اما در حالت عادی تنها تا ارتفاع 20 cm آبگیری می شوند و $20 - 30\text{ cm}$ ارتفاع باقیمانده برای جلوگیری از جستن و خروج ماهیان و ظرفیت مازاد پذیرش آب در مواقع بارندگی حفظ می شوند (۱۰،۱۶،۳،۷).

بر روی پشته ها و مرزهای پهن می توان گیاهانی نظیر: "water cane" ، "lotus" ، "duck weed" ، "chufa" و برخی سبزیجات که ارتفاعی کمتر از $80 - 100\text{ cm}$ داشته باشند، کشت نمود (۱۶).

۲) احداث انهار:

پژوهش های اخیر در مورد سیستم های رایج پرورش توأم ماهی و برنج منجر به توسعه سیستم های جدیدی چون "احداث نهرهای آب هدایتگر" (raceway) برای حذف "خود-آلودگی" (self-pollution) و اصلاح مدیریت شالیزارها شده اند (۱۲). مردم منطقه "apatani" هند معمولاً اقدام به ایجاد کانال هایی بنام "parkho" برای مدیریت آب در شالیزارها می کنند و آنها را بطریقی احداث می نمایند که شالیزارها را بصورت افقی و یا عمودی (perpendicular) به دو نیم (bisection) تقسیم می کنند. آنها همچنین پناهگاه مناسبی برای ماهیان پرورشی بویژه در مواقع کم آبی شالیزارها می باشند (۱۱).

۳) احداث تالاب ها، چاهک ها و خندق ها:

یکی از شرایط پرورش ماهی در شالیزارها عبارت از تخصیص بخشی از مزارع برای احداث ساختارهای فوق است که دارای فواید زیر هستند:

الف- پناهگاه (shelter = refuge) ماهیان در زمان کاهش سطح آب شالیزارها

ب - مسیرهای عبور ماهیان برای جستجوی غذا

ج - سهولت در برداشت ماهیان پس از زهکشی مزارع غرقاب (۳).

شرح ساختارهای فوق عبارت است از:

۱) ایجاد حوضچه ها (pond):

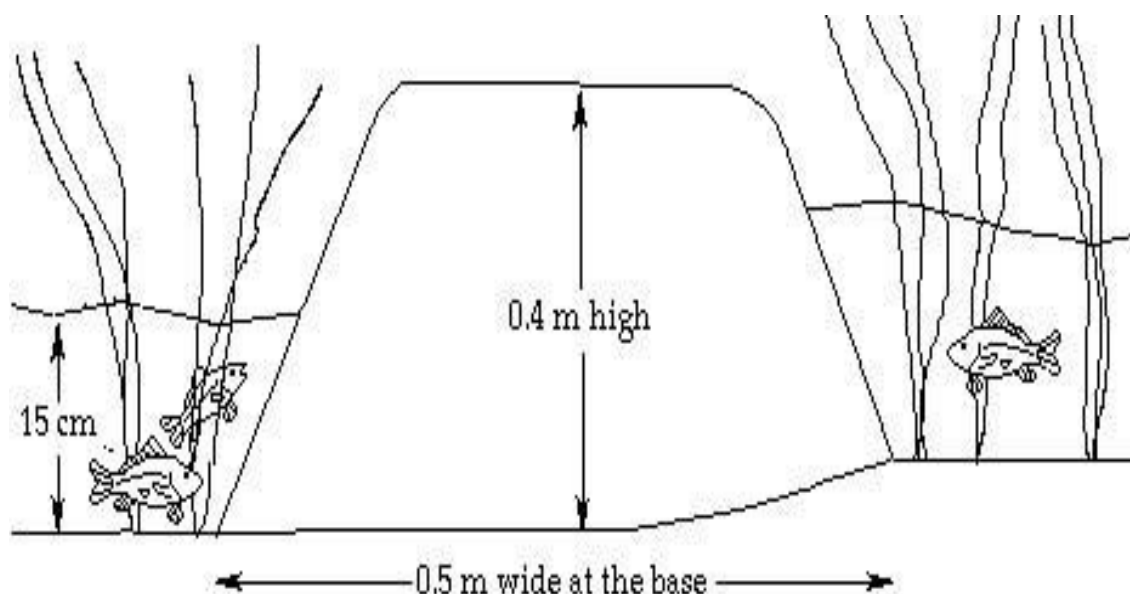
برای این منظور حوضچه هایی در جوار برنجزارها حفر (dig = excavate) می شوند تا ماهیان در مواقع الزام به کاهش سطح آب، هنگام کم آبی و یا زهکشی شالیزارها بمنظور برداشت برنج بدان پناه ببرند و بموقع باعث تسهیل در برداشت ماهیان گردند (۱۴).

حوضچه های احداثی باید در حدود ۶ مترمربع مساحت و تقریباً یک متر عمق داشته باشند. شیبدار بودن کناره های حوضچه ها به کاهش فرسایش آنها کمک می کند. دیواره های (bank) حوضچه ها را از سطح شالیزار بالاتر می برند تا مانع سرریز شدن (overflowing) ضمن بارندگی ها شوند. بخشی از دیواره حوضچه ها را که مجاور شالیزار قرار دارند، حذف می کنند تا ماهیان بتوانند به کرت ها وارد و یا خارج شوند (۱۴).

II) ایجاد چاهک ها (sump) :

چاهک ها ساختارهایی هستند به عمق $120 - 150\text{ cm}$ که در شالیزارهای پرورش ماهیان حفر می شوند. آنها حدوداً ۱۰-۷ درصد از مساحت شالیزارها را اشغال می کنند. چاهک ها نیز بعنوان پناهگاه ماهیان در زمان کم آبی برنجزارها عمل می کنند. همچنین از آب ذخیره شده چاهک ها می توان در مواقع لزوم برای آبیاری سایر گیاهان بهره گفت. دیواره چاهک ها را در بعضی موارد برای افزایش استحکام از آجر و سیمان می سازند (۱۶). اما برای جلوگیری از ریزش و فرسایش کناره های خاکی چاهک ها و خندق ها به کاشت گیاهان مناسبی چون "vetiver grass" اقدام می شود (۱).

خندق ها (trench = ditch)، نهرها (canal)، آبراهه ها (channel) برای حرکت روان تر ماهیان در داخل کرت ها ایجاد می شوند. آنها معمولاً دارای ۰/۵ متر عمق و ۱ متر پهنا هستند. ایده آل چنین است که هیچ بخش از کرت ها بیش از ۱۰ متر از خندق ها فاصله نداشته باشند. خندق ها اغلب ۵-۳ درصد و حداکثر ۱۰ درصد مساحت شالیزارها را بخود اختصاص می دهند (۱۶، ۳، ۱۲).



اراضی شالیزار براساس میزان شیب از سه نوع طراحی برای ایجاد خندق های پرورش ماهی در برنجزارها بهره می گیرند:

۱) مدل خندق های پیرامونی (perimeter trench) :

در این روش اقدام به حفر خندق هایی در پیرامون (periphery) شالیزارها می شود و بخش میانی کرت ها که دارای شیب ملایمی به سمت خندق ها هستند به کشت برنج اختصاص می یابند. بخش میانی حدود ۶۷ درصد مساحت شالیزارها را تشکیل می دهد درحالیکه ۲۰ درصد به خندق ها و ۱۲ درصد به مرزها اختصاص داده می شوند. معمولاً خندق ها را به عرض ۱ متر و عمق ۱/۲ متر احداث می کنند (۱۰).

۲) مدل حوضچه مرکزی (central pond) :

- منطقه پرورش ماهیان این سیستم در بخش مرکزی یا میانی کرت ها ایجاد می شوند و اطراف آنها را به کشت برنج تخصیص می دهند. در این روش حدود ۶۵ درصد اراضی به زیر کشت برنج می رود و ۳۵ درصد به احداث حوضچه پرورش ماهی تعلق می یابد و مرزها تنها ۰/۰۲ درصد را اشغال می کنند. اینگونه مرزها دارای ۳۰ سانتیمتر ارتفاع با قطر زیرین ۵۰ سانتیمتر و قطر فوقانی ۲۰ سانتیمتر هستند (۱۰).

۳) مدل خندق های عرضی (lateral trench) :

در این روش اقدام به حفر خندق های دوزنقه ای (trapezoidal) با قطر فوقانی ۱۸ متر و تحتانی ۱۵ متر و عمق ۱/۵ متر می نمایند و برای آن نیز مرزهایی همانند مدل قبلی ایجاد می کنند. مساحت تخصیصی برای کشت برنج در این روش حدود ۶۱ درصد است و ۲۷ درصد به حفر خندق ها و ۱۲ درصد به ایجاد مرزهای پیرامونی وقف می گردد (۱۰).

۴) ایجاد دریچه ها و سرریزها :

برای این منظور باید بخش هایی از مرزها جهت ورود و خروج آب شکسته شوند. مردم منطقه "apatani" هند برای هر کرت به ایجاد یک دریچه ورودی و دو دریچه خروجی اقدام می کنند لذا یکی از دریچه های خروجی برای تخلیه کامل آب از شالیزار بکار می رود و دیگری بعنوان سرریز آب مازاد تنظیم می گردد. محل دریچه ها و سرریزها را برای عدم خروج ماهیان پرورشی و جلوگیری از ورود جانوران و ماهیان شکارگر توسط باریکه ها (slats) ، قطعات (tubes) و حصیرهای (chutes) خیزران ، میله های فلزی ، سبدها و تکه هایی از تورهای ماهیگیری مستعمل که درون قاب چوبی جاسازی شدن اند، بحالت مشبک (screen) و راه بند (weirs) در می آورند (۱۰، ۱۱).

روش های افزایش حاصلخیزی شالیزارهای پرورش ماهی:

برای حاصلخیز نمودن شالیزارهایی که به پرورش ماهی اختصاص می یابند اغلب از : کودهای آلی به همراه فضولات حیوانی نظیر کود مرغی (poultry dropping = litter) ، فضولات "Pig" ، سرگین گاوها (cow dung) و ضایعات گیاهان (plant wast) نظیر پوسته برنج (husk) ، خاکستر حاصل از سوزاندن کاه و پخت و پز ، ضایعات میوه ها ، کمپوست علفهای هرز ، شاخ و برگ درختان (stalk) ، ضایعات خانگی و کاه و کلش استفاده می کنند (۱۱).

در برخی مناطق چین برای حاصلخیز نمودن شالیزارها به کشت کود سبز و همچنین پخش کودهای آلی بر سطح خاک بهره می جویند سپس آنها را توسط شخم و چنگک با خاک بستر شالیزار مخلوط می سازند (۷). در ناحیه "apatani" هند ضایعات خانگی، کودهای دامی و بقایای گیاهی را طی ماههای دسامبر تا ژانویه در شالیزارها کپه می کنند ولیکن عملیات نشاء برنج حدوداً سه ماه بعد صورت می پذیرد (۱۱). مقدار کودهای آلی برای پرورش ماهی در هر هکتار شالیزار ۳-۴/۵ تن توصیه می شوند (۷).

عملیات ضد عفونی شالیزارهای پرورش ماهی:

از روش هایی جهت ضد عفونی (disinfection) تالاب ها و شالیزارهای پرورش ماهی طی ماههای نوامبر تا فوریه استفاده می گردد که به افزایش عملکرد ماهیان پرورشی می انجامد و بقرار زیر است:

الف) شستشوی تالاب ها با جریان سریع آب (flushing water) :

آب موجود در کرت ها را باید طی زمستان با شدت تخلیه نمود و بلافاصله به استحکام جوانب و حواشی کرت ها پرداخت. در این هنگام از رسوبات کرت ها می توان بعنوان مواد حاصلخیز کننده سایر مزارع و شالیزارها بهره گرفت (۷).

ب) کاشت گیاهان اصلاح کننده خاک:

برخی پس از تخلیه آب کرت ها به کاشت گیاهان روغنی و یا کود سبز می پردازند تا خاک اصلاح گردد و بیماریهای مخصوص ماهیان نیز کنترل شوند (۷).

ج) ضد عفونی کرتها با پاشیدن آهک فعال (quick lime) :

این عمل را معمولاً در یک روز آفتابی و ۱۰ روز قبل از آزادسازی ماهیان انجام می دهند. آهک پاشی را در تالاب های کم عمق با پاشیدن محلول آهک خام (raw lime) به مقدار ۱۰۲۵-۷۵۰ کیلوگرم در هکتار بر سطح کرت ها انجام می دهند. کشاورزان در شرایط غرقاب بودن کرتها ترجیح می دهند که آهک خام را درون سبزی از جنس خیزران بریزند و آنرا به کمک طناب از یک طرف تالاب تا سمت دیگرش بر سطح زمین شالیزار بکشند (۷).

د) در برخی مناطق نیز شالیزار را تا ارتفاع ۲۵-۲۰ سانتیمتر از آب غرقاب می سازند و ۴۵۰ کیلوگرم آهک خام و یا ۶۲۵ کیلوگرم تفاله چای (tea bran) در هکتار به منظور ضد عفونی خاک به کرت ها می افزایند (۷).

روش اجرای طرح پرورش ماهی در شالیزار:

منطقه "lingnan" چین براساس مطالعاتی که بر روی برنج های ذغال شده (carbonized) انجام گرفت، دارای سابقه ای ۴۵۰۰ ساله در زراعت برنج است. تحقیقات نشان می دهند که پرورش ماهی در شالیزارها نیز در ابتدا از این منطقه آغاز گردید. برای این منظور از کرت های کوچکی استفاده می شد که با باران های بهاره مملو از آب می گردیدند. ماهی هایی که در این سیستم استفاده می شدند از نوع ماهی گول آب شیرین (tench) بودند که به کمک تخم ماهی تکثیر می یافتند و بسان ماهیانی چون: "grass carp"، "giant gourami" و "silver herb" با علفها تغذیه می شدند (۱۲، ۱۳).

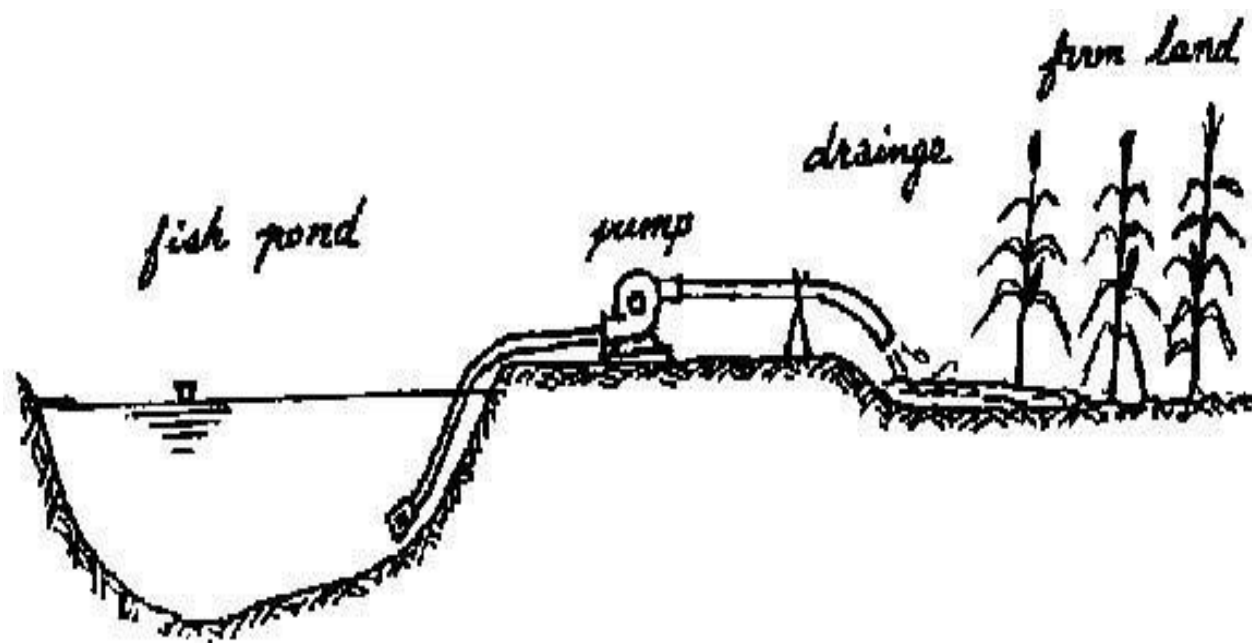
از کشت ماهی در شالیزارها بعنوان بهترین و سودمندترین شیوه مدیریت شالیزارهای غرقابی یاد شده است و غالب کشاورزان اذعان به مفید بودنش بویژه در راستای کنترل حشرات آفت، کنترل علفهای هرز، بهبود

حاصلخیزی و نرم شدن خاک سطحی می دارند. پرورش ماهی در شالیزارها دارای فواید اقتصادی (تهیه غذا و درآمد) ، اکولوژیک (نوعی همزیستی) و اجتماعی (سلامتی انسانها با تغذیه کافی) می باشد (۱۳).

پرورش ماهی در شالیزارها به دو صورت عمده اجرا می گردد:

۱) شالیزارها در اشکال ساده و رایج این سیستم صرفاً بعنوان جایگاه ماهیان (*fish stock*) در نظر گرفته نمی شوند. در این روش ماهیان را به شالیزارهای غرقاب و نشاء شده می افزایند سپس آنها را در پایان فصل رشد برنج و همزمان با برداشت محصول صید می نمایند. از این شیوه که دارای سابقه ای طولانی به قدمت برنجکاری است با عناوینی چون "*concurrent*" ، "*simultaneous*" و "*co-existing*" یاد می شود (۱۳، ۱۰، ۳).

۲) در برخی مناطق و موارد نیز به پرورش تناوبی برنج و ماهی در قطعات شالیزار می پردازند و از قطعات زمین بعنوان مزرعه برنج و یا استخر پرورش ماهی در مدتی از سال استفاده می شود که به آن سیستم "*rotated*" ، "*rotational*" و "*alternate*" گفته شود (۱۳، ۳، ۱۰).



کشاورزان شالیکار مناطق شرق و جنوب آسیا موفق به ابداع روش های مختلفی از پرورش ماهی در شالیزارها شده اند که برخی از آنها عبارتند از:

۱) سیستم آزاد سازی ماهیان در شالیزارها (*stocking patterns*):

ابتدا شالیزارها را پس از آبیگری نشاء می کنند ولی قبل از آزادسازی بچه ماهیان بوته های برنج باید بخوبی استقرار یابند. رهاسازی بچه ماهیان ۱-۳ هفته پس از نشاء و ۴-۶ هفته بعد از بذریاشی در روش کشت مستقیم انجام می شوند که بوته های برنج در این هنگام دارای ۲-۳ پنجه شده اند (۱۰).

از پرورش توأمان ماهی و برنج ممکن است برای تبدیل نوزاد ماهیان (*young fry*) به بچه ماهیان (*fingerling*) بسان استخرهای پرورش اولیه (*nursery*) و یا برای پرورش ماهیان کوچک بازارپسند استفاده نمود (۱۰).

انتقال بچه ماهیان می تواند برایشان تنش را باشد بنابراین باید از مدت زمان انتقال تا حد امکان کاست و آنها را سریعاً جابجا نمود. برای انتقال ماهیان از مخازن و تانکرهای حمل به درون شالیزارها باید توجه داشت که دمای آب آنها تقریباً یکسان باشند (۱).

بچه ماهیانی که در شالیزارها رهاسازی می شوند باید: سالم، دارای بدن سفت و پولک های کامل و بی عیب باشند (۸). بچه ماهیان را در خندق های پر از آب رهاسازی می نمایند گوا اینکه در برخی مناطق فیلیپین بطور همزمان اقدام به آزادسازی گونه هایی از سخت پوستان (*crustaceans*) از قبیل میگوها، حلزون ها و صدف ها (*clams*) و گونه های ماهی تیان (*loach*) آب شیرین می کنند (۱۰).

تراکم رهاسازی بچه ماهیان به اندازه و گونه ماهیان، نوع و مقدار مواد حاصلخیز کننده شالیزار، تکنیک مدیریت پرورش توأم و میزان تغذیه تکمیلی دارد (۸، ۱۰). مناسب ترین اندازه بچه ماهیان برای رهاسازی بشرح زیر توصیه شده اند (۸):

- ۱- رقم "*common carp*" به طول $6.6 - 8.3\text{ cm}$
- ۲- ارقام "*silver carp*" و "*big head*" به طول $10 - 13.3\text{ cm}$

در شالیزارهایی که به پرورش ماهیان نابالغ (*juvenile*) به طول $10 - 15\text{ cm}$ می پردازند، می توان به رهاسازی ۱۸۰-۱۳۰ عدد در هکتار مبادرت ورزید. میزان عملکرد این ماهیان به بیش از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار طی هر فصل رشد برنج بالغ می گردند (۸).

در مزارع برنج نواحی کوهستانی "*Guangsi*" چین که دارای خاکهای اسیدی ملایم و تعداد کم ارگانیسم های طبیعی می باشند، توصیه می شود که ۴۰۰-۸۰۰ بچه ماهی رهاسازی شوند ولیکن مقدار آنها بویژه انواع کپور ماهیان در خاکهای حاصلخیز به ۱۵۰۰-۱۰۰۰ عدد نیز افزایش می یابند (۸).

رهاسازی تعداد و گونه های ماهیان به حجم و کیفیت آب شالیزارها نیز بستگی دارد. بعنوان مثال می توان از فرمول زیر در اراضی برنج غرقاب و حاصلخیز بهره گرفت:

- الف) ماهیان "*silver carp*" و "*big-head carp*" حدوداً ۸۰٪
- ب) ماهیان "*grass carp*" و "*black carp*" حدوداً ۱۰-۵٪
- ج) ماهیان "*common carp*" ، "*crucian carp*" و "*bream*" حدوداً ۱۵-۱۰ درصد
- د) بذر خرچنگ (*crab seed*) به ازای هر ۲۰ هکتار شالیزار حدوداً ۰/۵ کیلوگرم
- ه) نوزاد مارماهی (*eel fry*) به ازای هر ۲۰ هکتار شالیزار حدوداً ۰/۵ کیلوگرم (۱۲).

در آزمایشی که به آزادسازی ۱۳۰۰ عدد "*grass carp*" بطول $3.5 - 8\text{ cm}$ اقدام شد، نهایتاً ماهیانی بطول $20 - 27\text{ cm}$ سانتیمتر در انتهای دوره رشد برنج حاصل آمدند (۸).

۲) پرورش متناوب ماهی در شالیزارها (*in rotation*):

این روش برای بهره برداری مجدد از شالیزارها بعد از برداشت برنج صورت می پذیرد. در این مواقع اقدام به غرقاب مزارع می نمایند تا تعداد پلانکتون هایش فزونی یابند. زمین این شالیزارها با غرقاب اراضی بمرور نرم می شوند اما صاف و هموار نیستند. در این زمان باید مقدار کمی آهک به شالیزارها افزود تا سبب تسریع در فساد بقایای برنج شود (۸).

در ادامه این سیستم به ترمیم مرزها می پردازند تا عمق آب به $66 - 33 \text{ cm}$ برسد. بر روی اینگونه مرزها می توان به کشت سبزیجات زمستانه و باقلا مبادرت ورزید سپس چاهک ها و خندق هایی برای نگهداری آب مازاد، ذخیره نمودن آب برای مواقع کم آبی و پناهگاه اضطراری ماهیان ایجاد نمود. روی چاهک ها را تابستان ها با شاخه ها می پوشانند تا سایه اندازی شود و از گرم شدن آب کاسته گردد که به اینگونه ساختارها اصطلاحاً "*fish net*" می گویند (۸).

افزودن کودهای دامی در زیر سرریزهای آب کرتها سبب بهبود تغذیه ماهیان می شود. سرریزها را با بامبو و ترکه های بید (*willow*) محفوظ می دارند تا از خروج ماهیان پرورشی و ورود ماهیان و جانوران شکارگر جلوگیری شود (۸).

۳) پرورش ماهی در طی آیش زمستانه شالیزارها (*in winter fallow*):

از این روش اصولاً برای پرورش نوزادان بهاره ماهیان جهت آزادسازی در استخرها و تالاب ها استفاده می شود و بچه ماهیان باقیمانده نیز در طی رشد برنج بهاره بالغ می گردند. در منطقه "*Sichuan*" چین برای این منظور ابتدا زمین را کاملاً خشک می کنند تا چندین روز در معرض آفتاب قرار گیرد سپس به میزان $200 - 250$ کیلوگرم در هکتار کود مستراح (*night soil*) بدان می افزایند و به عمق 30 سانتیمتر آبیگری می نمایند و $20 - 10$ هزار نوزاد ماهی رهاسازی می شوند. بعلاوه در هر روز بمیزان 5 کیلوگرم کود دامی در هکتار ریخته می شود تا آب شالیزار حاصلخیز گردد. هر روز به کرتها آب تازه می افزایند و زمانی که بچه ماهیان بطول 6 سانتیمتر رسیدند، صید می گردند و فقط تعدادی برای ادامه پرورش باقی می ماندند (۸).

در طی یک آزمایش در "*shanxi*" چین در مزرعه ای به مساحت $15/0$ هکتار اقدام به آزادسازی 1200 بچه ماهی "قزل آلاي رنگین کمان" گردید. دمای آب شالیزار $13^{\circ}\text{C} - 7$ بود و 3 بار در روز از اکتبر تا آوریل غذاهای می شدند و در نهایت 203 کیلوگرم ماهی با وزن متوسط $5/0 - 2/0$ کیلوگرم برداشت گردیدند (۸).

۴) پرورش ماهی ضمن آیش تابستانه شالیزارها (*in summer fallow*):

در این روش بعد از برداشت برنج های زودرس اقدام به غرقاب شالیزار و رهاسازی بچه ماهیان می کنند و صید آنها را تا زمان نشاء کُریه برنج به تأخیر می اندازند. طول دوره پرورش در این روش به $60 - 40$ روز می رسد لذا تغذیه تکمیلی توصیه می شود.

ایجاد خندق ها و چاهک ها ضروری است تا دما آب از حداکثر $30^{\circ}\text{C} - 20$ در بخش های عمیق تجاوز ننماید.

بهره گیری از ارقام برنج زودرس، نشاء هراکش و برداشت بموقع ضرورت دارد. امکان افزایش بیماریهای ماهیان با افزایش دمای آب فزونی می یابد که باید کنترل شوند.

باوجودیکه طول دوره آیش زمستانه بیش از آیش تابستانه است ولیکن میزان ماهیان تولیدی طی آیش تابستانه بدلیل بالا بودن دمای آب و در نتیجه رشد بهتر ماهیان فزونی دارد (۸).

۵) پرورش نوزاد ماهیان در شالیزارهای غرقابی:

پرورش نوزاد ماهیان در شالیزارهای غرقابی تا پیش از آغاز فصل برنجکاری از راه های مؤثر در تهیه منابعی از بچه ماهیان مورد نیاز تالاب ها (*ponds*) و آب بندان های (*reservoirs*) مناطق کوهستانی می باشند. نوزادان ماهی در این روش پس از ۲۰ روز به طول $2 - 4\text{ cm}$ می رسند و برای انتقال به تالاب ها و آب بندان های پرورش ماهی آماده می گردند سپس بزودی می توان اقدام به نشاء هراکش در این مزارع نمود.

غالباً برای تولید بچه ماهیان اقدام به آزادسازی $1/5 - 0/75$ میلیون نوزاد ماهی در هکتار طی زمانی می نمایند که دمای آب به $20^{\circ}\text{C} - 18$ رسیده باشد (۷).

۶) پرورش ماهی در شالیزارها بروش فی مابین (*intercropping*):

شالیزارها را در اوایل بهار نشاء می کنند و آنها به مدت یکماه اجازه رشد می یابند سپس بوته های ارقام دیررس برنج را در فواصل بین ارقام زودرس برنج نشاء می نمایند و آزادسازی بچه ماهیان بلافاصله صورت می پذیرند. در برخی مناطق "*Jiangsi*" به تعداد ۱ هزار بچه ماهی بطول $3 - 6\text{ cm}$ از نوع "*grass carp*" رهاسازی می شوند.

چاهک ها و خندق ها را چند روز قبل از رهاسازی بچه ماهیان حفر می نمایند. خندق ها به عمق $20 - 18\text{ cm}$ ایجاد می گردند و دیواره هایش نیز برای حداکثر بهره گیری از زمین با نشاء به زیر کشت می روند.

در برخی مناطق جنوبی چین نظیر "*Hunan*" اقدام به کشت ارقام برنج وحشی با ساقه های بلند با نام علمی "*zizania latifolia*" بجای ارقام دیررس در سیستم پرورش فی مابین برنج-ماهی می کنند (۸). کشاورزان معتقدند: پرورش برنج در شالیزارهای که بصورت متناوب به پرورش ماهی اختصاص می یابند تا چند سال به عملکرد برنج بالاتری منتهی می شوند (۱۳).

۷) پرورش بچه ماهی در مزارع برنج جلگه ای (*plain*):

برای این منظور مستقیماً اقدام به پرورش نوزاد ماهیان در شالیزارهای هراکش می نمایند سپس بچه ماهیان را زمانیکه به $4 - 5\text{ cm}$ رسیدند به شالیزارهای دیررس منتقل می سازند تا به اندازه بازارپسند نائل آیند (۱۲).

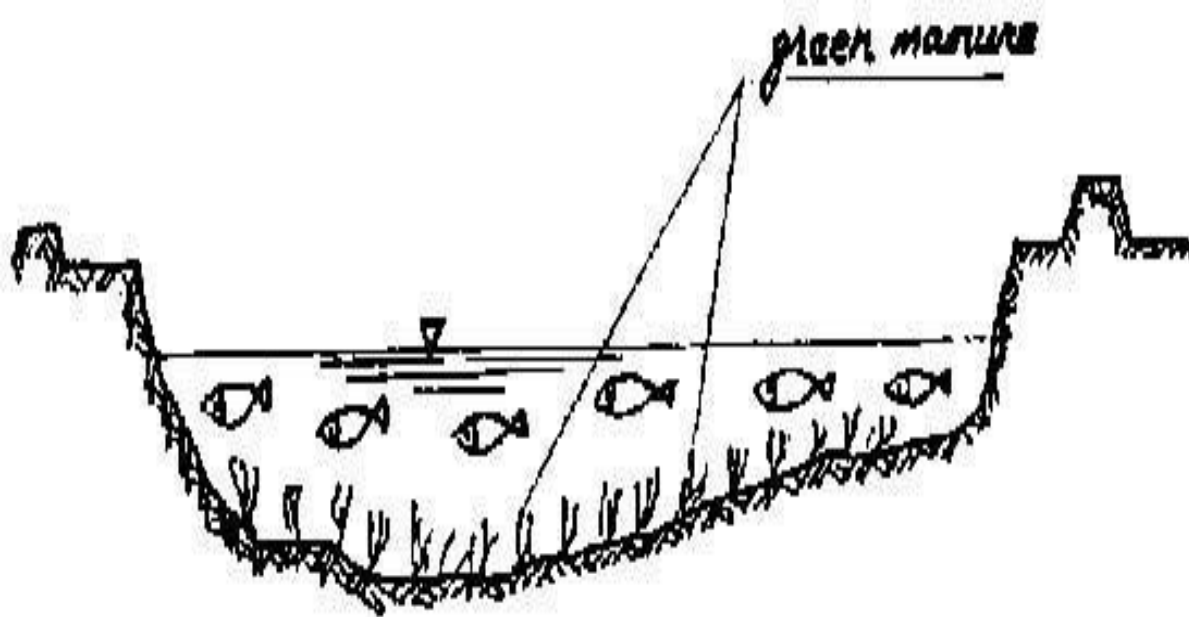
۸) کشت برنج در اراضی بالادست و پرورش ماهی در بخش های آبگیر و خندق ها:

در این سیستم بهتر است به ایجاد پشته های دربردارنده ۲ ردیف از نشاءهای برنج اقدام کنند و خندق هایی به عمق و عرض یک متر در اطرافشان حفر نمایند. برخی کشاورزان به کشت خربزه و سویا بر روی مرزها و "*duck weed*" برای تغذیه ماهیان در آب شالیزارها اقدام می کنند (۱۲).

۹) پرورش ماهی در خندق های وسیع:

در این روش به حفر خندق هایی در شالیزارها مبادرت می ورزند بطوریکه ۱۰-۵٪ از کل مساحت شالیزارها به این موضوع اختصاص می یابد (۱۲).

(۱۰) پرورش ماهی در حوضچه های مجاور و مرتبط با شالیزارها :
حوضچه ها در این سیستم بعنوان مخزن آب مازاد کرتها نیز عمل می کنند (۱۲).



(۱۱) پرورش ماهی طی چند سال در شالیزارها:
در شالیزارهای مناطق کوهپایه ای "sanjiang" از استان "Guang" و نواحی "hunan" و "Zhejiang" چین به پرورش ماهی در شالیزارهای آیش و متعاقباً در اراضی نشائی می پردازند و ماهیان طی چند دوره پرورش به رشد مناسب می رسند (۸، ۱۳).
در این شیوه تمامی ماهیانی که در زمان برداشت برنج بدرون چاهک ها و خندق ها پناه می برند، باید تا زمان آماده شدن مجدد شالیزار در همانجا تغذیه گردند و یا برای مصرف صید شوند (۱). در صورتیکه ماهیان به اندازه کافی رشد نیافته باشند، بعد از برداشت برنج و آبیگری شالیزارها مجدداً برای ادامه پرورش به کرتها برگردانده می شوند و از این مزارع بعنوان استخرهای موقت پرورش بهره می گیرند (۱۴).

(۱۲) پرورش همزمان گونه های مختلف آبزیان در شالیزارها:
ضمن دهه های اخیر به تغییراتی در جهت پرورش یک و یا چند نوع (مونوکالچر و پلی کالچر) از ماهیان نظیر: کپور معمولی و کپور چینی بطور همزمان پرداخته شده است و مجموعه وسیعی از آبزیان (aquatic

animal) با شرایط شالیزارها سازگاری یافته اند (۱۶). در موارد پرورش چند نوع از ماهیان توصیه می گردد که یک ماهی "*trench*" را با ۳ ماهی "*chub*" و یا ۹ ماهی "*carp*" جایگزین کنند (۱۳).

اغلب زارعین در تحت سیستم های پرورش آبزیان گوناگون در شالیزارها توانسته اند به درآمدهایی تا حدود ۱۸۱۳ دلار آمریکا در هکتار علاوه بر محول برنج دست یازند. برخی از چنین سیستم های اقتصادی پرورش آبزیان گوناگون در شالیزارها عبارتند از (۱۶):

الف- پرورش گونه های مرغوب ماهیان در شالیزارهای ناحیه "*Chongqing*"

ب - پرورش میگو آب شیرین (*prawn*) در شالیزارهای استان "*Jiangsu*"

ج - پرورش میگو معمولی (*shrimp*) در شالیزارهای ناحیه "*shanghai*"

د - پرورش خرچنگ های چینی (*Chinese crab*) در شالیزارهای استان "*Liaoning*"

۱۳) سیستم توت-ماهی-برنج-کرم ابریشم (*mulberry dyke-fish pond*):

در این روش گیاه توت را بر روی مرزها پرورش می دهند و برگهایش را به تغذیه کرم ابریشم می رسانند و از فضولات (*excreta*) و شفیره (*pupae*) آنها برای تغذیه ماهیان و باروری لجن تالاب ها بهره می گیرند. علاوه بر اینها افزودن دام های اهلی نظیر گوساله ها، نشخوارکنندگان کوچک، خرگوش و ماکیان نیز به این سیستم باعث افزایش تولیدات و درآمد زارعین خواهد شد. همچنین از آب ذخیره ای این تالاب ها می توان برای آبیاری سایر زراعت ها در فصول خشک سال بهره گرفت (۱۲).

۱۴) پرورش ماهی در اراضی شن درشت استان "*Guangdong*" چین:

کشاورزان در ماههای جولای تا آگوست اقدام به محصور سازی مزارع با بلوک هایی از جنس خاک و یا غربال هایی از جنس "نی شنی" (*reed-screen*) می نمایند و به پرورش ماهی، میگو، مارماهی، حلزون و سایر جانوران آبی برای تأمین غذای خانوارها می پردازند. زارعین پس از ۳ ماه که از نشاء برنج گذشت، به برداشت مزرعه اقدام می کنند و از ماهیان پرورشی بعنوان درآمد جنبی بهره می گیرند (۱۳).

۱۵) پرورش ماهی در شالیزارهای غرقاب دائم:

در استان "*gaoyao*" چین پرورش توأم ماهی و برنج را در شالیزارهایی بکار می گیرند که قابلیت ماندابی و غرقاب دائم (*submerged*) را دارند و برای کشاورزان به آسانی قابل دسترسی و نظارت هستند. در این منطقه از شالیزارها به سه روش زیر بهره برداری می شود:

الف- کشت توأم برنج و ماهی

ب - کشت متناوب برنج و ماهی بصورت یک در میان

ج - کشت متناوب برنج و ماهی به نسبت ۲:۱ سال (۱۳)

۱۶) پرورش ماهی در خندق های وسیع وسط شالیزارها:

در منطقه "*Fujian*" نیز شالیزارها را با مرزهای بلندی محصور می کنند و با ایجاد خندق های وسیع در شالیزار به ماهیان پرورشی در مواقع کاربرد سموم و کودهای شیمیایی پناه می دهند. خندق ها حداقل دارای ۲ فوت (*che*) پهنا و ۱ فوت عمق هستند که لبریز از آب می شوند. سطح آب شالیزارها را قبل از مصرف

مواد شیمیایی زهکشی می کنند تا از آلوده شدن آب خندق ها جلوگیری شود و پرورش ماهی بدون کاهش راندمان برنج صورت پذیرد (۱۳).

۱۷) پرورش ماهی در کرت های موقت شالیزارها:

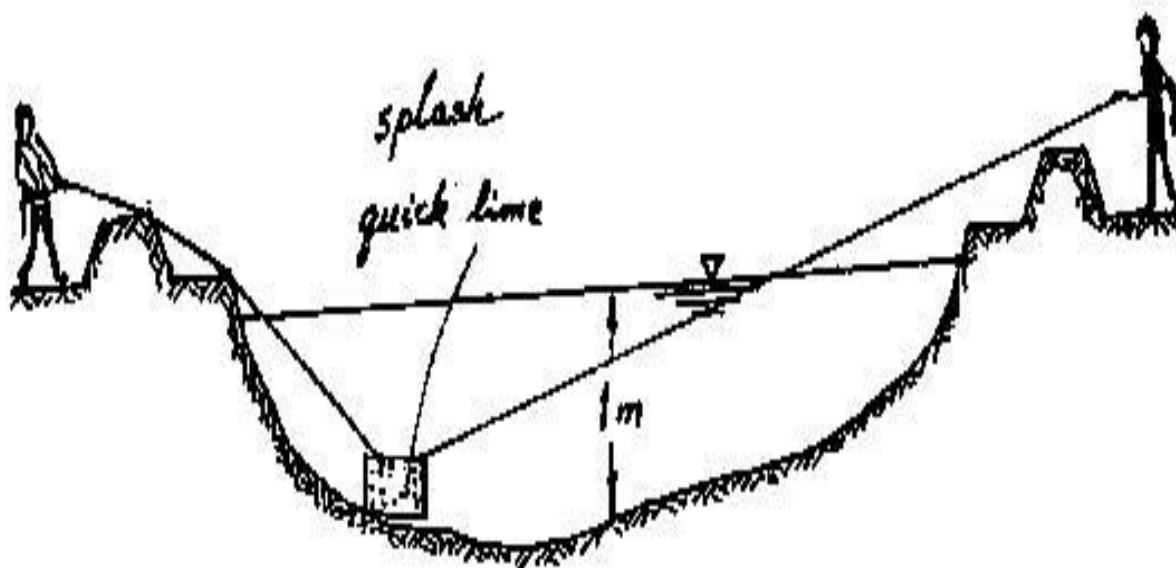
کشاورزان در این روش اقدام به گرفتن اطراف شالیزارها با بلوک های حاوی ذغال چوب و خاکستر (cinder) می نمایند تا آنرا بصورت تالابی به عمق ۱/۲ متر در آورند و بدین طریق یکبار در سال از محصول برنج و دو بار در سال از محصول ماهی بهره مند می گردند. این سیستم به حاصلخیزی خاک شالیزارها می انجامد لذا پس از ۲-۳ سال اقدام به برداشتن بلوک ها و انتقال آنها به دیگر کرت ها می کنند (۱۳).

۱۸) پرورش ماهی در منطقه "apatani" هند:

در این منطقه به دو روش اقدام به پرورش ماهی در شالیزارها می کنند:
الف- پرورش ماهی در ضمن آوریل تا سپتامبر یعنی زمانی که زراعت برنج در شالیزارها صورت می پذیرد و در این صورت نیازی به انجام عملیات اضافی نیست.
ب - پرورش ماهی در فاصله نوامبر تا فوریه بعد از خاتمه برداشت برنج که می تواند بعنوان یک شغل موقت به اشتغال بسیاری از جوانان جویای کار بینجامد (۱۱).

۱۹) پرورش ماهی در سیستم های محصور:

سیستم "net cage culture" از سال ۱۹۷۰ میلادی در جوار شالیزارها و در بخش هایی از دریاچه ها، رودخانه ها، مناطق کم عمق دریاها، خندق ها و آب بندها به اجرا در می آیند و انواع آبزیان را بدین طریق پرورش می دهند (۱۲).



وضعیت پرورش ماهی در شالیزارهای برخی کشورهای جهان:

فعالیت های مدیریتی پرورش ماهیان در شالیزارها شامل: آزادسازی ماهیان در شالیزارها (*stocking*)، کودپاشی، تغذیه تکمیلی، کنترل کیفی آب، برداشت ماهی و افزودن مجدد بچه ماهیان به سیستم می باشند که تمامی آنها به وضعیت اراضی، گونه ماهیان پرورشی و تعداد بچه ماهیان رهاسازی در واحد سطح شالیزارها بستگی دارند و در کشورهای مختلف بصورت های متفاوتی بشرح زیر اجرا می گردند (۱۶):

۱) پرورش ماهی در شالیزارهای چین:

بیش از ۶۰٪ جمعیت حدوداً ۱/۵ میلیاردی چین با فعالیت های کشاورزی درگیر هستند. چین کشوری پهناور با جمعیتی بسیار زیاد است لذا کشت توأم ماهی و برنج بعنوان روشی در جهت بهره وری بهینه از اراضی بمنظور تهیه غذای مردم از اهمیت وافری برخوردار است (۱۶).

سابقه پرورش ماهی در شالیزارهای چین به سالهای ۱۰۰ بعد از میلاد مسیح یعنی اواسط دوران سلطنت سلسله "هان" (*Han dynasty*) برمی گردد (۸). پرورش ماهی در شالیزارهای مناطق جنوب و جنوب غربی چین نظیر استان های "*Guizhou*" و "*Sichuan*" از سابقه ای بس طولانی بهره مند است (۱۶).

بطور کلی حدود ۳۳ میلیون هکتار شالیزار در چین وجود دارد که از ۲۵/۳ میلیون هکتارش می توان برای پرورش ماهی بهره گرفت (۸). حدود ۶/۷ میلیون هکتار از شالیزارهای چین از نظر کاربری پرورش توأم ماهی و برنج در وضعیت بسیار خوبی قرار دارند لذا در صورتیکه فقط ۵۰٪ از این مقدار را بدین منظور بکار گیرند، به محصولی معادل تولید ۲۰۰ هزار هکتار از استخرهای پرورش ماهی دست خواهند یافت (۱۶). وسعت شالیزارهای کشت توأم ماهی و برنج چین حدود ۸۵۳ هزار هکتار در سال ۱۹۹۴ میلادی بود که با ۷۱/۶ درصد افزایش به حدود ۱/۴۸۵ میلیون هکتار در سال ۱۹۹۹ میلادی و به حدود ۱/۵۲۹ میلیون هکتار در سال ۲۰۰۱ میلادی نائل آمد (۱۶).

تولید ماهی شالیزارهای پرورش توأم ماهی و برنج چین از ۲۰۷ هزار تن در سال ۱۹۹۴ میلادی با ۲۱۴ درصد افزایش به ۶۵۰ هزار تن در سال ۱۹۹۹ میلادی و ۸۴۹ هزار تن در سال ۲۰۰۱ میلادی رسید. با این وجود در این راستا هیچگونه هزینه اضافی به کشاورزان تحمیل نگردید ولیکن بطور متوسط حدود ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار بر عملکرد برنج طی سالهای ۹۹-۱۹۹۴ میلادی نیز افزوده شد (۱۶).

شالیزارهای غرقابی چین با عمق آب فراوان غالباً در اراضی کم ارتفاع (*low lying*) مجاور دریاچه ها و یا بموازات رودخانه ها واقع هستند و عمق آب در آنها به ۵۰ - ۳۳ cm می رسد. پرورش توأم ماهی و برنج در استانهای جنوب شرقی و بخش هایی از نواحی کوهستانی جنوب غربی چین نیز اجرا می شوند که طبیعتاً در این مناطق به میزان کمتری ماهی تازه بدلیل کمبود رودخانه ها و دریاچه ها به بازار مصرف عرضه می گردند (۸).

این روش خصوصاً در مناطق برخوردار از اقلیم گرم و پُرباران (*pluvial*) و مناطق کمتر توسعه یافته چین، رواج بیشتری دارد (۱۶).

پرورش ماهی در شالیزارهای چین طی سال های ۷۰-۱۹۵۰ میلادی به سبب فزونی مصارف سموم و کودهای شیمیایی کم رنگ شد ولیکن از سال ۱۹۷۸ میلادی با شروع اصلاحات اقتصادی در اجتماعات روستایی مجدداً به استفاده از روشهای اجدادی (*ancestors*) بویژه برای مصارف خانوادگی مبادرت گردید. سمینارهایی که از سال ۱۹۸۳ میلادی تشکیل شدند، بر فواید اجتماعی-اقتصادی و اکولوژیکی کشت

توام ماهی و برنج تأکید ورزیدند. سرانجام پرورش ماهی در شالیزارها از سال ۱۹۹۰ میلادی بعنوان یک سیستم مهم توسعه روستایی نضج گرفت تا به اصلاح اقتصاد کشاورزان و کاهش فقر روستائیان بویژه در مناطق دوردست کمک نماید(۶).

شالیزارهای کشت توام ماهی و برنج بعنوان مشوق های دولتی چین و بمنظور فقرزدایی از پرداخت مالیات معاف هستند. مشوق های دولتی نظیر حمایت های مالی و خدماتی مناسب در ترویج و توسعه پرورش توام ماهی و برنج طی دو دهه گذشته در چین مؤثر بوده اند(۱۶).

۲) پرورش ماهی در شالیزارهای مناطق شمال شرقی هند:

کشت برنج بعنوان محصولی در جهت مدیریت اراضی باتلاقی (*marsh*) مطرح می باشد. کشاورزان ایالت های هفت گانه شمال شرقی هند شامل: "*Assam*" ، "*Arunachal Pradesh*" ، "*Nagaland*" ، "*Meghalaya*" ، "*Mizoram*" ، "*Manipur*" و "*Tripura*" به کشت برنج بعنوان یک منبع اصلی غذایی اشتغال دارند(۵).

شالیزارهای این مناطق ممکن است در دوره ای از سال خشکانیده شوند ولی در بقیه مدت سال بحالت غرقاب اداره می گردند که در این مدت بر طبق وضعیت توپوگرافی منطقه، میزان بارندگی، منابع آبیاری و وضعیت سفره های آب زیرزمینی با عمق های مختلفی از آب مملو می شوند. این مزارع در حالت غرقابی به یک سیستم آبی-زراعی (*agro-aquaculture*) شامل بوته های برنج و موجودات آبی تبدیل می شوند که قادر به تأمین بخش هایی از غذای مردم هستند(۵).

پرورش ماهی بعنوان محصول دوم (*additional crop*) و بسان یک راهکار و فعالیت درآمدزا از دوران های پیشین در شالیزارهای هند بویژه در مناطق دور افتاده (*remote region*) و فقیر نشین از اولویت خاصی برخوردار بوده است و این فعالیت احتمالاً به ازمنه آغاز زراعت برنج در اراضی ماندابی (*water logged*) برمی گردد زیرا شرایط اراضی بگونه ای بوده است که بطور طبیعی در بخش هایی از سال بعنوان مأمن بسیاری از ماهیان وحشی در می آمده است. این روش احتمالاً بمرور سرآغاز انگیزش تفکر پرورش ماهی گردید(۵).

اراضی زراعی شمال هند دارای سه اکوسیستم متنوع بصورت های:

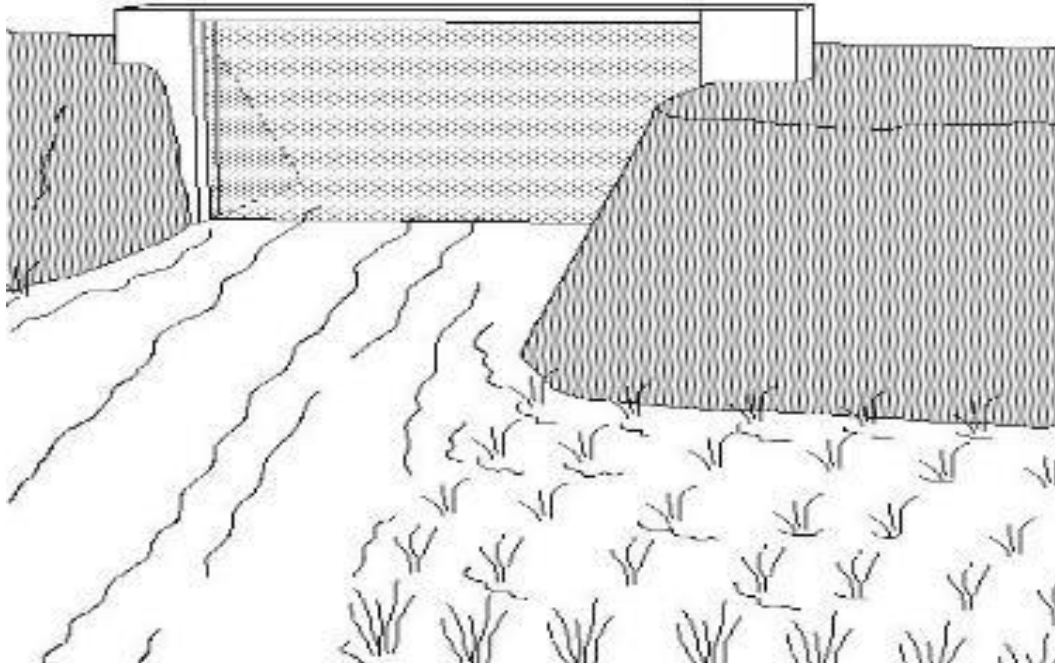
الف) کوهپایه ای (*upland*)

ب) کم ارتفاع (*lowland*) و

ج) آبگیر (*deep water*) می باشند که تماماً در دو دسته اراضی یعنی:

A) اراضی فاریاب (*irrigated*) و

B) اراضی مشروب از باران (*rainfed*) تقسیم می شوند لذا پرورش ماهی بطور معمول در شالیزارهایی که از عمق آب کم تا متوسط برخوردارند و جزو شالیزارهای مشروب از باران محسوب می شوند، به اجرا درمی آیند زیرا اینگونه مزارع نیازی به تهیه منابع آب و حفر انهار پُر هزینه ندارند(۵).



سیستم های پرورش ماهی در شالیزارهای شمال هند بشرح زیر است:

الف- "*Rice field capture fishing system*":

این اراضی بطور دائم با مقادیر زیادی از آبهای سطحی بحالت غرقاب درمی آیند. آنها ممکن است سالها بحالت غرقاب باقی بمانند که به مزارع "*Oxbow*" موسومند. اغلب این اراضی در مواقع سیلابی بعنوان حوزه رودهای پُر آب درمی آیند لذا بسیاری از ماهیان و میگوها بدانها پناه می برند و طی بروز بارانهای موسمی در این شالیزارها رشد می یابند. در این میان ماهیان نر و ماده آماده تخمیزی (*gavid*) در درون کانوپی شالیزارها به زادوولد می پردازند. چنین مواردی در دشت های آبگیر "*Brahmaputra*" و "*Barak valley*" منطقه آسام بمراتب وقوع می یابند(۵).

کشاورزان برای صید ماهیان پرورشی شالیزارها بطور شبانه با روشن کردن چراغ های سنتی و به کمک ابزارهای نوک تیز و یا بطور روزانه بوسیله دام های پره (*cast net*) و دام گستر (*gillo net*) و نظایر آنها می پردازند. در این روش به پرورش فون (*fauna*) متنوعی درون شالیزارها اقدام می شود. میزان میگوهای که بدین طریق صید می گردند، سالانه ۱۰-۳ کیلوگرم در هکتار و مقدار ماهیان بومی صید شونده سالانه به ۲۸۰-۴۵ کیلوگرم در هکتار بالغ می گردند. وسعت کل چنین شالیزارهایی در ایالت آسام هند به بیش از ۴۶۰ هزار هکتار می رسند(۵).

ب – "*wild aqua cropping system*":

این روش بطور معمول در شالیزارهای مناطق آسام، مانپور و کوهپایه های بخش های شمال شرقی هند اجرا می گردند. در این طریقه به حفر کانال هایی به عمق ۱/۵-۰/۶ متر می پردازند که مساحتی حدود ۸٪ کل

شالیزارها را اشغال می کند. در برخی مناطق نیز به حفر خندق هایی در حواشی کرتها می پردازند و اطرافش را با بامبو جهت ممانعت از فرار ماهیان و ضرورت جمع آوری آنها محصور می کنند که موسوم به "Dong" می باشند(۵).

در این سیستم از ارقام پابند برنج که بنام های "Sali"، "Aman" و "Bao" خوانده می شوند، بهره می گیرند. آب این شالیزارها در ماههای دسامبر تا ژانویه خشک می شوند ولی در طی نزول بارانهای موسمی به عمق ۲/۵ متر نیز می رسند. شالیکاری مزارع این منطقه بصورت کشت مستقیم بذور برنج انجام می گیرد. بذرها را طی آوریل تا مه می کارند که با شروع بارندگی ها جوانه خواهند زد سپس با نشاءهای بلند اقدام به واکاری ضمن ماههای ژوئن تا جولای در بخش های سبز نشده می نمایند(۵). کشاورزان در این سیستم به پرورش آن عده از ماهیان بومی می پردازند که وارد اکوسیستم شالیزارها می شوند. این ماهیان تا پس از برداشت برنج و فرو نشستن آب در درون مزرعه پرورش می یابند و با کاهش آب خندق ها (dewatering) صید می گردند. مقدار ماهیان استحصالی در این روش به ۲۰۰-۳۰۰ کیلوگرم در هکتار طی هر فصل رشد می رسند. در این مناطق معمولاً از سبدهایی که با ژوت (jute) بافته می شوند، برای بدام انداختن ماهیان استفاده می گردد(۵).

پ – "Mountain valley rice-fish system":

کشتزارهای برنج ایالت های کوهستانی شمال شرقی هند در دره ها یعنی محل تجمع آبها واقع شده اند. چنین شالیزارهایی بویژه در منطقه "Apatani" توسط ۲-۳ مرز جانی محصور می شوند و سایر جوانب در سیطره شیب طبیعی قرار می گیرند. کشت ارقام پاکوتاه برنج (dwarf) توأم با پرورش کپور معمولی در ضمن مواقع طغیانی (inundation) و سیلاب رودخانه ها صورت می پذیرد. این ماهیان با فروکش کردن سیلاب و آغاز دوره برداشت برنج درون کانال های حاشیه مزارع گردهم می آیند و توسط کشاورزان صید می گردند. مقدار ماهی استحصالی این سیستم حدود ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار طی هر دوره می باشند(۵).

ت – "Running water terrace rice-fish system":

این روش نیز در مناطق تپه ای مملو از ناهمواریهای طبیعی اجرا می شود. این قبیل شالیزارها را در شیب تپه ها بحالت تراس بندی احداث می کنند. بدین ترتیب شرایط پرورش ماهی در سیستمی از آب روان ایجاد می شود زیرا آب حاصل از باران و چشمه ها وارد کرتهاى بالادست می شوند و پس از مشروب ساختن آنها به کرتهاى پائین دست جریان می یابند و ضمن آن هوادار می گردند(۵). بخش های پائین دست اینگونه مزارع لزوماً باید دارای مرزهای محکمی برای نگهداری آب باشند که حدود ۸۰۰-۱۰۰۰ m² در هکتار را اشغال می کنند. آنها دارای سرریزهایی (spillway) برای تخلیه آب مازاد هستند که با بامبو تقویت شده اند. این سیستم با آزادسازی ۶ هزار بچه ماهی کپور معمولی در هکتار صورت می پذیرد و تغذیه مکمل ماهیان با کیک (cake) حاصل از نسبت ۱:۱ روغن خردل (mustard oil) و سبوس برنج به میزان روزانه ۱ کیلوگرم در هکتار انجام می شود(۵).

ث – تقابل سیستم های کشاورزی سنتی و مدرن(indigenous versus modern):

پرورش ماهی در شالیزارهای شمال شرقی هند از فعالیت های غالب این منطقه است و بجز در مزارع تراس بندی و کوهپایه ای که دسترسی کمتری به منابع ماهیان وحشی رودخانه ای دارند، با قوت پیگیری می شوند زیرا در تمامی شالیزارهای منطقه از نوزادان ماهیان بومی رودخانه ها که در زمان سیلاب ها به مزارع پناه می برند، بعنوان منابع پرورشی بهره می برند لذا هرگاه بدایلی از بچه ماهیان رودخانه ای کاسته شوند، به نزول فعالیت پرورش توأم ماهی و برنج می انجامد(۵).

۳) پرورش ماهی در مناطق کوهپایه ای هند:

منطقه "*Apatani*" در استان "*Arunachal Pradesh*" دارای ۳۲ کیلومتر مربع از اراضی دره ای است که در ارتفاع ۱۵۷۲ متری سطح آبهای آزاد واقع شده و با تپه ها و بلندی هایی محاصره گردیده اند لذا غالباً برای برنجکاری غرقابی (*wet rice*) مناسب نیستند. برطبق سرشماری (*census*) سال ۲۰۰۱ میلادی کل جمعیت ناحیه حدود ۲۶۶۵۰ نفر با تراکم ۹۴۸ نفر در کیلومتر مربع بوده است در صورتیکه ۰/۰۳ درصد از این اراضی دارای ۲/۲۶ درصد از کل جمعیت ایالت است. مقدار بارندگی سالانه منطقه ۲۲۴۰-۲۹۱۰ میلیمتر و بیشترین بارندگی ها ضمن تابستان و در ماههای ژوئن تا جولای رخ می دهند. حداقل و حداکثر دمای تابستان 6.3°C و 28.1°C و برای زمستان 1°C تا 18.4°C بترتیب می باشند. وضعیت آب و هوایی دارای مشخصه اقلیم کوهستانی و خاک دارای ظرفیت نگهداری آب مناسب است بطوریکه برای شالیکاری ارجحیت دارد و سیستم های بهینه کشاورزی براساس کمبود اراضی حاصلخیز و جمعیت فراوان منطقه اصلاح گردیده اند(۹).

زارعین مالک اراضی کوچک و حاشیه ای (*marginal*) حدوداً نیمی از جمعیت کشاورزی منطقه را تشکیل می دهند و بقیه افراد بر مزارع متوسط تملک دارند. کمبود اراضی کشاورزی در منطقه "*Apatani*" باعث شده است که کشاورزان در تنگنا قرار گیرند و مجبور به گشودن راهی برای بکارگیری تکنیک های بومی (*indigenous*) مؤثر برای پاسخگویی نیازهای غذایی جمعیت فراوان منطقه گردند و پرورش ماهیان در شالیزارها را بعنوان بخشی از رژیم غذایی خود بپذیرند. شالیزارهای منطقه بصورت تراس بندی و کرت هایی با مساحت های ۲۷۴۰-۲۳۵ مترمربع سازماندهی شده اند و مرزها (*dyke = bund*) را با بست هایی از چوب و بامبو استحکام می بخشند(۹).

اراضی برای حفظ حاصلخیزی و کاهش فرسایش با بیل (*spade*) شخم زده می شوند. حاصلخیزی مزارع از طریق بازیافت (*recycling*) و بکارگیری ضایعات کشاورزی، کاه و پوسته برنج، خاکستر، علفهای هرز، جمع آوری برگهای درختان جنگلی و مدفوع دام های آزاد حفظ می گردند. آب مازاد و زهکش اراضی بالادست برای آبیاری اراضی پائین دست بکار می روند(۹).

در شالیزارهای غرقابی منطقه اقدام به پرورش ماهیان بومی نظیر: "*Tali nguyi*" و "*Papi nguyi*" و ماهیان دیگری چون: "*grass carp*" و "*silver carp*" بویژه "*common carp*" می نمایند و در پایان فصل با کاهش سطح آب مزارع به صید آنها در محل دریچه های خروجی آب با سبدها و تورها می پردازند(۹).

این ماهیان از حشرات کوچک نظیر سوسک های آبی، لاروها و دیگر آفات مضر شالیزارها تغذیه می کنند. ماهیانی چون "*grass carp*" که از برگها تغذیه می نمایند، از قابلیت خسارتزایی بوته های جوان برنج

برخوردارند. بر روی مرزها نیز به کشت ارزن (*millet = sarse*) اقدام می کنند تا از تمامی بخش های شالیزارها بخوبی بهره برداری شود (۹).

بسیاری از زارعین که مالک اراضی دارای خاک نرم (*soft field*) هستند و به کشت ارقام مختلف برنج (*oryza = pyapin*) اشتغال دارند، به پرورش همزمان ماهی در این شالیزارها بصورت یکبار در سال راغب گردیده اند. نرمی خاک این شالیزارها بر احتمال خسارت پذیری آنها در اثر تحرکات و فعالیت های ماهیان پرورشی می افزاید. زارعینی که در اراضی دارای خاک سخت (*hard field*) شالیکاری می کنند، به پرورش دو دسته از ماهیان در هر فصل رشد می پردازند. اولین دسته از ماهیان ضمن اواخر مارس تا اوایل آوریل قبل از انتقال نشاءهای (*sapling*) برنج آزدسازی می شوند و در اواسط ژوئن برداشت می گردند. دومین دسته از ماهیان را در جولای رهاسازی و در سپتامبر برداشت می کنند (۹). در این اراضی اقدام به حفر خندق های طولی در راستای وسط کرتها می کنند تا در زمان کم آبی، وجین، گرم شدن آب در مواقع کاهش باران، گرمای هوا و رکود آب (*stagnant*) به پناهگاه ماهیان تبدیل شوند. خندق ها هر چقدر از عمق بیشتری برخوردار باشند، پناهگاه (*hide out*) خنک تری را برای ماهیان فراهم می سازند. در زمان برداشت برنج با کاهش و زهکشی آب شالیزارها باعث گردهمایی ماهیان در خندق ها می شوند تا صید آنها با دام های سنتی بسهولت صورت پذیرند (۹).

وزن متوسط ماهیان صیدشده به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین وزن ۴۰۰-۱۳۰ گرم می رسند. بیشترین راندمان برداشت ماهی زمانی اتفاق می افتد که با مرگ (*mortality*) تعداد کمتری از بچه ماهیان مواجه باشیم. این فعالیت سبب می شود که مردمان این نواحی با کمترین هزینه به مواد غذایی و درآمد بهتری دست یابند و در تمامی طول سال دارای شغل شوند و از تمامی توانایی ها و جوانب اراضی بخوبی بهره برداری گردد. با توجه به اینکه غالباً از سیستم پرورش توأم ماهی و برنج در شالیزارهای وسیع و با مقاصد تجاری استفاده نمی گردد لذا این روش همچنان از ظرفیت های مناسبی برای توسعه برخوردار است (۹).

ارقامی از برنج های بومی که در کشت توأم ماهی و برنج زراعت می شوند شامل: "*Mipya*" ، "*Empo*" ، "*Layi*" و "*Misang amo*" می باشند چنانکه "*Mipya*" از انواع برنج های زودرس را در اراضی کوچک و حاشیه ای (*verge*) و فقیر (*extinction*) کشت می کنند زیرا غالباً بر واریته هایی تأکید می شود که از راندمان و کیفیت بالاتری برخوردارند. این رقم در جولای برداشت می شود (۹).

۲) پرورش ماهی در شالیزارهای اندونزی:

در اندونزی از گونه های معمولی کپور ماهیان (*common carp*) با نام علمی "*Cyprinus carpo*" استفاده می کنند. خندق های پیرامونی (*peripheral*) به عمق ۵۰-۳۰ cm و ارتفاع ۲۵ cm احداث می گردند و مدخل های ورودی و خروجی آب با قلمه های خیزران مشبک می شوند. پنج روز پس از نشاء اقدام به آزدسازی نوزادان ماهی به طول ۱ cm به تعداد ۶۰ هزار قطعه در هکتار می کنند سپس دو هفته بعد که شالیزارها را برای وجین کردن زهکشی می نمایند، تمامی ماهیان بدرون خندق ها پناه می برند آنگاه شالیزارها را مجدداً غرقاب می کنند و وجین دوم را دو هفته بعد اجرا می نمایند و در این هنگام: الف- ماهیانی را که در این زمان به اندازه ۵-۳ cm رسیده اند، برداشت می کنند و به صاحبان استخرهای پرورش ماهی می فروشند.

ب - ماهیانی را که به اندازه $10 - 8 \text{ cm}$ هستند، به تعداد ۲-۱ هزار قطعه در هکتار مجدداً در شالیزارها رهاسازی می نمایند (۳).

- ماهیان رهاساده همراه با بوته های برنج به مدت ۲-۱/۵ ماه فرصت رشد کردن می یابند. آنها در زمان برداشت به وزن $50 - 75 \text{ g}$ و طول $14 - 16 \text{ cm}$ می رسند. عملکرد ماهی در هر هکتار شالیزارهای اندونزی به ۷۵-۱۰۰ کیلوگرم نائل می آید (۳).

پژوهش دیگری با پرورش کپور معمولی در شالیزارهای ۹ کشاورز از منطقه "*Totapmojawa*" از استان "*Simulungun*" در شمال سوماترای اندونزی انجام گرفت. مرزهای این شالیزارها به بالاتر از 40 cm برای نگهداری سطح آب ترمیم یافتند. آشکل (*stubble*) برنج در مزرعه حفظ گردید و کاه و کلش های خردشده (*loose straw*) محصول را بصورت پشته های کوچکی درون مزرعه در آوردند (۳).

بچه ماهیانی به وزن $52.9 - 111.2 \text{ g}$ به تعداد ۱۵۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۵۰۰ قطعه در هکتار بداخل ۹ قطعه شالیزار زیر کشت ارقام مختلف برنج رهاسازی گردیدند و هر تیمار با ۳ تکرار اجرا شد. ماهیان روزانه به اندازه ۵ درصد وزنشان با ترکیبی شامل: ۷۲ درصد سبوس برنج، ۲۰ درصد بلغور مغز نارگیل (*copra meal*) و ۸ درصد بلغور سویا تغذیه تکمیلی شدند و میزان این رژیم غذایی بطور هفتگی تعدیل گردید (۳).

شالیزارها پس از ۳۵ روز زهکشی شدند و نمونه های ماهی صیدشده از نظر میزان رشد ارزیابی گردیدند سپس شالیزارها مجدداً آبگیری و ماهیان به همان تعداد پیشین رهاسازی شدند. ماهیان را به مدت ۴۰ روز دیگر نگهداری و سپس مجدداً صید نمودند. اجرای این عملیات در مدت ۷۵ روز طی هر دوره آیش بین دو فصل رویش برنج در هر سال قابل اجرا است (۳).

جدول ۵) نتایج پرورش ماهی در شالیزارهای اندونزی طی دوره ۷۵ روزه آیش بین دو کشت متوالی برنج در سال:

ردیف	پارامترها	تراکم ماهیان در هکتار		
		۱۵۰۰	۳۰۰۰	۴۵۰۰
۱	متوسط وزن ماهی	۳۵۵ گرم	۳۰۴ گرم	۲۵۷ گرم
۲	عملکرد ماهی	۵۰۸ کیلوگرم/هکتار	۹۱۳ کیلوگرم/هکتار	۱۰۴۴ کیلوگرم/هکتار
۳	درصد بقاء	۹۵	۱۰۰	۹۰
۴	سودآوری	۳۵۶ دلار	۵۱۹ دلار	۵۷۴ دلار
۵	برگشت سرمایه	۶۶%	۴۷%	۴۵%

۳) پرورش ماهی در شالیزارهای ژاپن:

در ژاپن نیز از انواع کپور ماهیان معمولی برای این منظور بهره می گیرند. کشاورزان مرزهای شالیزارها را به ارتفاع $45\text{ cm} - 40$ و عرض 30 cm ایجاد می کنند و چاهکی (*sump*) به عمق 60 cm به وسعت چند مترمربع در نزدیکی دریاچه ورودی آب به کرتها حفر می کنند. تعدادی جوی (*channel*) به پهنای 30 cm از چاهک به طرف انتهای کرتها احداث می شوند سپس با قطعات خیزران اقدام به مشبک ساختن معبرهای ورودی و خروجی آب کرتها می نمایند (۳).

به تعداد ۳-۶ هزار قطعه نوزاد ماهی در هر هکتار ضمن ۱۰-۷ روز پس از نشاءکاری رهاسازی می شوند. عمق آب کرتها به میزان $18\text{ cm} - 6$ در طی پرورش حفظ می گردند. ماهیان بطور روزانه با شفیرة کرم ابریشم تغذیه تکمیلی می شوند و در خاتمه حدود یک هفته قبل از برداشت برنج به جمع آوری آنها اقدام می کنند. مابقی رشد این ماهیان را گاهاً در استخرهای پرورش ماهی تداوم می بخشند و یا مجدداً پس از آبیگری اراضی آیش در شالیزارها رهاسازی می کنند. عملکرد ماهیان در برداشت اول حدود ۷۰۰-۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار با وزن متوسط $30 - 60\text{ g}$ است ولی پس از ادامه رشد به میزان ۷۵۰-۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با متوسط وزن $100 - 250\text{ g}$ خواهند رسید (۳).



۴) پرورش ماهی در شالیزارهای ماداگاسکار:

در این کشور نیز از کپور ماهیان معمولی در شالیزارها بهره می گیرند. برای این منظور نشاءهای برنج را در فاصله اکتبر تا نوامبر به شالیزارها منتقل می کنند و مخلوطی از ماهیان پرورشی شامل: ۲۰۰ نوزاد کپور معمولی، ۱۵۰ کپور معمولی یکساله (*yearling*) و ۴۰۰-۱۰۰ نوزاد ماهیان زینتی (*gold fish*) در هر هکتار ضمن فوریه تا مارس آزادسازی می شوند (۳).

شالیزارها یکماه پس از رهاسازی ابتدا زهکشی و سپس برداشت ماهیان انجام می گیرد. آنگاه مزرعه برنج را پس از برداشت بصورت غرقاب نظیر استخر موقت پرورش ماهی در می آورند و برای ۵ ماه به این منظور بکار گرفته می شوند. مقدار کل عملکرد ماهیان به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار با متوسط وزن $20 - 250_g$ می رسند درحالیکه ماهیان زینتی حاصله نیز از اندازه های متفاوتی برخوردارند(۳).



۵) پرورش ماهی در شالیزارهای فیلیپین:

الف- در برخی مناطق فیلیپین از کپور ماهیان معمولی بدین منظور استفاده می شود. برای این منظور ابتدا شالیزارهای غرقابی را کاملاً می خشکانند تا آبزیان موجود از جمله ماهیان غیر مطلوب بهلاکت برسند سپس در محل های ورودی و خروجی آب اقدام به نصب توری می کنند. در این مناطق خندقی مرکزی به پهنای یک متر و عمق ۰/۵ متر در کرتها حفر می شود بطوریکه حداکثر فاصله خندق از تمام جوانب آن تا مرزها بیش از ۱۰ متر نرسد و وسعت خندق ها نباید بیش از ۱۰ درصد سطح شالیزار را اشغال نماید(۳).

آنگاه مزرعه برنج را نشاء می کنند و اجازه می دهند تا ریشه های گیاه طی دو هفته بخوبی استقرار یابند و در صورت نیاز ضمن این مدت به کاربرد سموم شیمیایی می پردازند. پس از ۱۴-۱۰ روز اقدام به زیست سنجی (bioassay) آب شالیزار برای تعیین بی خطر بودنش برای بچه ماهیان می کنند و در صورت مناسب بودن شرایط عمل آزادسازی ۳-۴ هزار بچه ماهی کپور در هکتار درون خندق ها به اجرا در می آید(۳).

عمق آب را به میزان $15 - 10$ cm در طول دوره رشد برنج حفظ می کنند و تغذیه تکمیلی را نیز برای بهبود رشد ماهیان پرورشی صورت می دهند. در مواردیکه نیازمند بکارگیری آفت کش ها باشد، اقدام به زهکشی شالیزارها برای تجمع ماهیان در خندق ها می گردد تا از صدمه مصون بمانند. طول دوره رشد ماهیان ۱۰۰-۷۰ روز است و عملکردش به ۲۰۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار می رسد(۳).

ب - در برخی دیگر از مناطق فیلیپین نیز از ماهیان نوع "*Nile tilapia*" با نام علمی "*Oreochromis niloticus*" استفاده می شود. زمین شالیزار را در این روش برای پرورش ماهیان و نشاءهای برنج آماده می سازند سپس بعد از نشاء به زیست سنجی آب شالیزار اقدام می نمایند که در صورت مناسب بودن شرایط به تعداد ۵ هزار بچه ماهی در هکتار درون خندق ها آزادسازی می شود. مدیریت شالیزار و تغذیه تکمیلی نیز برابر توصیه ها صورت می پذیرند. دوره پرورش این ماهیان ۱۰۰-۷۰ روز است و انتظار عملکرد ۲۰۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار می رود(۳).

پ - در پاره ای دیگر از مناطق فیلیپین از ماهیان گونه های کپور معمولی و "*Nile tilapia*" بصورت مخلوط بهره می گیرند. آماده سازی شالیزار در این روش برای پرورش توأم ماهی و برنج همزمان با زیست سنجی آب انجام می شود سپس از ماهیان کپور و "*Tilapia*" به تعداد ۲ هزار و ۲ هزار قطعه در هکتار بترتیب رهاسازی می کنند تا عملکردی بمیزان ۳۰۰-۲۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شود(۳).

ت - در بخش های دیگری از فیلیپین از ماهیان نر "تک جنسی" (*monosex male*) نوع "*Mossambique tilapia*" با نام علمی "*Oreochromis mossambicus*" برای پرورش در شالیزارها بهره می گیرند بطوریکه ابتدا عملیات آماده سازی و مدیریت شالیزارها اعمال می شود سپس جنسیت ماهیان با آزمایش مشاهده زائده تناسلی (*genital papillae*) انجام می شود و آنگاه به میزان ۵۰-۲۵ کیلوگرم در هکتار در شالیزارهای متفاوت رهاسازی می گردند. میزان عملکرد در محدوده $115 - 42$ کیلوگرم در هکتار با متوسط وزن $40 - 34$ g برآورد شده اند(۳).

۶) پرورش ماهی در شالیزارهای ساحلی لب شور (*brackish water*): در برخی از نواحی جهان نظیر ایالت های بنگال غربی ، "*Kerala*" و اغلب مناطق پُر جمعیت هند در مرداب های جزر و مدی (*tidal swamp*) نواحی ساحلی به برنجکاری می پردازند. عملیات برنجکاری در این مناطق معمولاً با بروز بارانهای فصلی موسوم به مونسون (*monsoon*) همزمان می گردد لذا مناطق سیل زده دچار شوری کمتری می شوند(۶).

ارقامی از برنج که در این نواحی استفاده می شوند، دارای ساقه های بلند و موسوم به ارقام شناور (*deep water = floating*) و مقاوم به شوری هستند. در شالیزارهای منطقه بنگال اقدام به حفر کانال هایی به عمق 30 cm قبل از بارانهای مونسون می کنند و مزارع را پس از افزودن کودهای دامی با بوته های برنج نشاء می نمایند. با شروع بارندگی ها بر عمق آب مزارع افزوده می شود لذا از میزان شوری آنها کاسته می گردد. در این زمان بر ارتفاع مرزهای شالیزارها می افزایند و اقدام به آزادسازی نوزادان ماهی و میگوهای آب شیرین می شود و اجازه می دهند که رشدشان تا زمان برداشت برنج تداوم یابد(۶).

بعد از برداشت محصول برنج به صید ماهیان و میگوهای پرورشی از داخل کانال ها می پردازند که مقدارش سالانه به حدود ۲۰۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار می رسد. ارقامی از ماهیان که در این نواحی از شالیزارهای لب شور بنگال استفاده می شوند عبارت از: "*M.tade*" ، "*Muqil parsia*" ، "*Rhinomuqil*" ، "*corsula*" ، "*Late calecrifer*" و "*Mystus gulio*" هستند درحالیکه میگوهای بکار رفته جزو ارقام: "*Palaemon carcinus*" ، "*Macrobrachium rude*" ، "*Metapenaeus*" ، "*monoceros*" ، "*M.brevicornis*" و "*Penaeus semisulcatus*" می باشند(۶).

پرورش ماهی در آبهای لب شور ایالت "*Kerala*" در مناطق ساحل غربی هند اندکی متفاوت است. شالیزارهای این منطقه به مدت کمی از سال آزاد می شوند و به کشت برنج اختصاص می یابند که به آنها "*low lying paddy*" یا "*Pokkali*" گفته می شود. کشاورزان این مناطق اقدام به پرورش توأم میگوی آب شیرین و "*Tilapia*" در آبهای لب شور شالیزارها می نمایند(۶). مزارع "*pikkali*" ایالت "*kerala*" معمولاً به زراعت تک محصولی (*single crop*) برنج اختصاص دارند و مساحت آنها حدود ۱۰ هزار ایکر است که جمعاً از عملکرد سالانه ای معادل ۵ هزار تن برخوردارند. شالیزارهای این منطقه را پس از برداشت برنج با آب بندهایی (*sluices*) مجهز می سازند تا در زمان مدّ (*tide*) مملو از آب و غالباً میگوهای شونده که به همراه آنها وارد آب بند می گردند سپس آب حاصل از مدّ را از غربال هایی که در محل معبرها نصب کرده اند، تخلیه می کنند و میگوها و ماهیان را صید می نمایند. در برخی مواقع نیز اجازه می دهند تا ماهیان و میگوهای بدام افتاده به رشدشان در تالاب های موقت ادامه دهند ولیکن برای جلوگیری از فرار مجددشان طی مدّ بعدی به بالا بردن فزون تر مرزها اقدام می ورزند(۶).

شالیزارهای این منطقه ضمن جولای تا سپتامبر یعنی دوره فعالیت بارانهای مونسون و کاهش شوری آب به زراعت اختصاص دارند و در طی پائیز که بیشترین جزر و مدّها حاصل می شوند، به صید و پرورش ماهی و میگو اقدام می گردد. کشاورزان برای جلب بیشتر میگوها بدرون شالیزارهای محصور به آویزان کردن چراغ های نفت سوز (*kerosene oil lamp*) در محل معبرهای ورودی آب دریا می پردازند. میگوها را طی ۸-۷ شب هنگامیکه ماه در حالت بدر کامل است و یا ضمن روزهای ماه نو برداشت می کنند بطوریکه لااقل ۸۰٪ کل میگوها صید شوند(۶).

در این مناطق وسعت شالیزارهای پرورش توأم برنج و ماهی "*Tilapia mossambica*" که در مرحله 36 – 80mm رهاسازی می شوند به ۴۸۰۰ هکتار می رسند. در آبهای لب شور اینگونه تالاب های موقت علاوه بر ماهی به پرورش میگو نیز در صورت عدم افزودن کودهای شیمیایی بدون اعمال هیچگونه تغذیه تکمیلی اجرا می شود که میزان برداشت به ۱۰۰ کیلوگرم ماهی و ۲۰۰ کیلوگرم میگو در هکتار طی ۴ ماه (ژانویه تا آوریل) می رسد گوا اینکه شالیزارهایی که به تغذیه تکمیلی دست می یازند به تولیدات بیشتری نیز نائل می آیند. قابل ذکر است که شالیزارهای ساحلی بخش وسیعی از مزارع برنج دنیا را تشکیل می دهند لیکن در صورت اصلاح ارقام برنج مقاوم به شوری می توان بخوبی تمامی آنها را به پرورش توأم ماهی و برنج اختصاص داد(۶).



مزایا و معضلات پرورش ماهی در شالیزارها:

(الف) مزایای پرورش ماهی در شالیزارها عبارتند از:

۱- مساحت کل شالیزارهای غرقابی جهان حدود ۱۰۰ میلیون هکتار است و ۹۰ درصد آنها در جنوب شرقی آسیا واقعند که اگر بطور متوسط ۷۵ کیلوگرم ماهی از هر هکتار شالیزار حاصل گردد، به تولیدی معادل ۶/۷ میلیون تن ماهی دست می یابند. مقدار ماهیان پرورشی در بدترین شرایط مدیریتی و تغذیه ای به سالانه ۵۰-۲۰۰ کیلوگرم در هکتار تا در بهترین شرایط تغذیه و مراغبت به عملکرد سالانه ۱۰-۵ تن در هکتار می رسد (۱۲).

۲- از ماهیان پرورشی شالیزارها می توان برای مصارف خانگی در جهت بر طرف ساختن بخشی از نیازهای غذایی خانوارهای کشاورز به مواد پروتئینی بهره گرفت (۱۶، ۴، ۱).

۳- فروش بخشی از ماهیان استحصالی به کشاورزان کمک می کند تا درآمد بیشتری کسب کنند (۳، ۱۲).

۴- مزارعی که بدین منظور اختصاص می یابند از آسیب پذیری کمتری نسبت به بروز خشکسالی و سیلاب ها برخوردار می گردند (۱۶، ۴، ۳).

۵- پرورش توأم ماهی-برنج-میگوی آب شیرین موسوم به "gher" علاوه بر تأمین ماهی برای مصارف خانگی و منطقه ای می تواند به صادرات میگو نیز کمک نماید (۱۲).

۶- کشت همزمان ماهی و برنج نسبتاً آسان، کم هزینه و برخوردار از کمترین خطرپذیری اقتصادی است لذا در اجتماعات کشاورزی روستایی بمنظور اصلاح درآمدهای خانگی (household) و معیشتی (livelihood) بدون خطر انداختن پایداری تولید برنج اولویت می یابد (۱۶).

۷- کشت توأم برنج و ماهی در مقایسه با استخرهای پرورش ماهیان از وابستگی کمتری به سرمایه گذاری و نیروی کارگری برخوردار است (۱۶).

- ۸- از شالیزارها می توان برای اصلاح ماهیان پرورشی نیز بهره گرفت. برای این منظور باید شالیزارها را به عمق $10 - 13\text{ cm}$ مغروق ساخت سپس ۳-۴ دسته (mu) تخم ماهی شامل ۴۰-۳۰ هزار عدد در هکتار اضافه کرد که این مقدار را می توان برای تولید نوزاد ماهیان تا میزان ۱۰۰-۵۰ هزار تخم نیز افزایش داد(۸).
- ۹- تلفیق زراعت با پرورش ماهی سبب افزایش امنیت تولیدات کشاورزی و ایجاد فرصت های شغلی برای زارعین در سراسر سال می شود(۱۱).
- ۱۰- فزونی درآمد سیستم توأم ماهی و برنج باعث شده است تا بسیاری از شالیزارهای حاشیه ای که با آب باران سیراب می شوند به این منظور اختصاص یابند(۱۲).
- ۱۱- مزارعی که در جوار رودخانه های سیلابی قرار دارند، نیازی به رهاسازی بچه ماهیان پرورشی نخواهند داشت زیرا ماهیان وحشی در شرایط طغیان رودخانه ها ب داخل کرتها پناه می برند(۱۲).
- ۱۲- حرکت ماهیان سبب شل شدن و هوادار شدن خاک، افزایش تجزیه مواد آلی و فراهمی فزون تر عناصر غذایی شالیزارها می شوند(۳، ۴، ۸).
- ۱۳- آزمایشات نشان می دهند که غلظت فسفر، نیتروژن و پتاسیم شالیزارهای پرورش توأم ماهی و برنج از کشت مونوکالچر برنج بیشتر است(۸).
- ۱۴- تداوم غرقاب شالیزارهای پرورش ماهی موجب کنترل علفهای هرز می شود(۳، ۴).
- ۱۵- از پرورش ماهی در شالیزارها بعنوان روشی مکمل (*integrated*) و فراگیر (*comprehensive*) در راستای مدیریت بهینه این اراضی نام می برند بطوریکه حتی از علفهای روی مرزها می توان برای تعلیف دام ها بهره گرفت(۱۲).
- ۱۶- از کودهای دامی پوسیده می توان برای تغذیه ماهیان و حلزون های آبی استفاده نمود (۱۲).
- ۱۷- گیاهان زراعی که بر روی مرزها کشت می شوند، قادر به برطرف کردن بخشی از نیازهای غذایی کشاورزان هستند(۱۲).
- ۱۸- از بقایای محصولات کشاورزی، برگ درختان و علفهای هرز اراضی حاشیه ای برای تغذیه ماهیان بهره برداری می شود(۱۲).
- ۱۹- چرخه عناصر غذایی شالیزارها در اثر تغذیه ماهیان و رسوب فضولات آنها (*feces*) بر روی خاک سبب افزایش جذب عناصری چون فسفر و نیتروژن توسط گیاه برنج می شود(۱۲).
- ۲۰- از لجن کف خندق های داخل شالیزارها می توان برای باروری مزارع برنج و سایر محصولات استفاده نمود(۱۲).
- ۲۱- سیستم پرورش ماهی و برنج از نیاز کشاورزان به کاربرد کودهای شیمیایی تا حدود زیادی می کاهد(۱۲).
- ۲۲- پرورش ماهی در شالیزارها در بسیاری از شرایط می تواند بر عملکرد برنج بمیزان ۱۵-۴٪ بیفزاید و این عمل از طریق: بهبود رشد گیاه، آغاز گلدهی در ارتفاع بالاتر، پانیکول بلندتر، پنجه های بیشتر و قوی تر، دانه های بلندتر و درصد پوکی کمتر وقوع می یابد(۱۲، ۸).
- ۲۳- شالیزارهای غرقابی حاوی بسیاری از مواد غذایی مورد نیاز ماهیان هستند که از این مزیت می توان برای پرورش همزمان ماهی و برنج بهره گرفت(۱۴). ماهیان از لاروهای مگس ها و پشه ها، حلزون های آبی و سایر حشرات مضر در شالیزارها تغذیه می کنند لذا آفاتی چون ساقه خوار زرد، ملخ قهوه ای و

"*Liburria spp*" از ارگانیزم هایی هستند که توسط ماهیانی چون: کپور معمولی ، کپور کاراس و "*Tilapia*" تغذیه می گردند(۸).

۲۴- تغذیه ماهیان سبب کاهش حشرات آفت نظیر ملخ ها (*leaf hopper*)، ساقه خوارها (*stem borer*) ، شته ها و نرم تنان (*mollusk*) شالیزارها می شود(۴،۳،۱۲).

۲۵- کشت توأم برنج و ماهی می تواند افروزنده فعالیت های *IPM* در شالیزارها باشد و به رونق فعالیت های کشاورزی خرده مالکی بینجامد(۱۲).

۲۶- هزینه پرورش ماهی در شالیزارها بسیار کم است لذا عدم کاربرد کودها و سموم شیمیایی به کاهش هزینه ها منتج می شود(۱۴).

۲۷- مرکز پژوهش های بین المللی مدیریت منابع آبیان (*ICLARM*) در بنگلادش با بررسی ۲۵۶ مزرعه برنج به افزایش عملکرد محصول و کاهش سرایت آفات و علفهای هرز اذعان نموده است(۱۲).

۲۸- بسیاری از گیاهان شناور (*floating*) شالیزارها نظیر: "*Azolla imbricata*" ، "*Spirodela polyrhiza*" ، "*Salvinia natans*" بطور مستقیم توسط ماهیان بلعیده می شوند(۸).

۲۹- گیاهان غوطه ور (*submerged*) جوان همانند: "*Utricularia*" ، "*Coontail*" و "*Najas*" نیز غذای مناسبی برای ماهیان هستند(۸).

۳۰- ماهیان از بذور سبز شده گیاهانی چون: "*Monochoria korsakowii*" ، "*Scirpus yagara*" و "*Fimbristylis*" تغذیه می کنند و به کنترل آنها کمک می نمایند(۸).

۳۱- فتوسنتز جلبک های رشته ای (*Filamentous algae*) و سایر گیاهان آبی در آبهای کم عمق شالیزارها که سریعاً گرم می شوند، موجب آزاد شدن اکسیژن محلول و بالا رفتن مقدار آن نسبت به تالاب ها می شود(۸).

جدول ۶) علفهای شالیزارهای چین به حدود ۱۰۰ گونه می رسند که برخی از آنها عبارتند از(۸):

ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی	نام علمی
۱	عدسک آبی	<i>Duck weed</i>	<i>Lemna miror</i>
۲	گل مرواریدی	<i>Alligator weed</i>	<i>Alternanthera philoxeroid</i>
۳	کاشم	<i>Coontail</i>	<i>Ceratophyllum sp</i>
۴	---	---	<i>Rotala indica</i>
۵	---	---	<i>Myriophyllum spicatum</i>
۶	---	---	<i>Utricularia aurea</i>
۷	روغن واش	---	<i>Potamogeton franchetii</i>
۸	روغن واش	---	<i>Potamogeton crispus</i>
۹	روغن واش	---	<i>Potamogeton malainus</i>
۱۰	ناجاس	---	<i>Najas minor</i>
۱۱	تیروکمان آبی	---	<i>Sagittaria pygmaea</i>
۱۲	---	---	<i>Hydrilla verticillata</i>
۱۳	سوروف	<i>Barnyard grass</i>	<i>Panicum crus-galli</i>
۱۴	اویار سلام یکساله	---	<i>Cyperus difformis</i>
۱۵	خزلار	---	<i>Heleocharis yokoscensis</i>
۱۶	گالی	---	<i>Sparganium racemosum</i>
۱۷	سل واش	---	<i>Monochoria vaginalis</i>

ب) معضلات پرورش ماهی در شالیزارها عبارتند از:

- ۱- نیاز به نیروی انسانی اندکی افزایش می پذیرد (۳، ۱۲).
- ۲- امکان بروز خسارت در مواقع بروز سیلاب، خشکسالی، فرونشست ناگهانی آب (*poaching*) و مسمومیت ها در مقایسه با سیستم تک کشتی برنج افزایش می یابد (۱۲).
- ۳- امکان کاهش بهای ماهی در بازارهای منطقه ای وجود دارد (۱۲) بطوریکه برداشت اجباری ماهیان در پایان رشد برنج باعث بروز مشکلاتی در بازاریابی آنها می شود لذا پرورش توأم ماهی و برنج غالباً بیشترین مزیت را در شالیزارهای کم وسعت بروز می دهد که ماهیان پرورشی اکثراً به مصرف خانوار کشاورز می رسند (۳).
- ۴- ایجاد شرایط دشوار برای فعالیت زنان شالیکار (۱۲)
- ۵- ایجاد مشکل برای شالیزارهای پائین دست (*low-lying*) که به سیلاب ها حساسند (۱۲).
- ۶- عدم قابلیت اجرا در شالیزارهای فقیر از جمله با بافت شنی که آب را نگه نمی دارند (۱۲).
- ۷- دشواری اجرا در مناطق کم باران و یا عدم برخورداری از منابع آبی مطمئن (۱۲).
- ۸- امکان آلودگی آبها در صورت مصرف نهاده های شیمیایی کشاورزی و سرایت آنها از طریق ماهیان به مصرف کنندگان (۱۲).
- ۹- بالا رفتن جمعیت شکارگران ماهیان نظیر مارها در منطقه و خسارتزایی آنها (۱۲).
- ۱۰- امکان تخریب محیط زیست توسط پرورش دهندگان خوش نشین و اجاره کار به سبب صید تمامی موجودات آبی وحشی (۱۲).
- ۱۱- نیازمند برخورداری از شرایطی چون: آب کافی، بچه ماهیان مناسب، نزدیکی مزرعه به منازل مسکونی و خطرات کاربرد سموم شیمیایی (۱۲)
- ۱۲- امکان عدم دستیابی بموقع و منصفانه به گونه های مناسب بچه ماهیان در اندازه و تعداد مناسب (۱۲).
- ۱۳- غالباً از ماهیان ارقام کپور و "*Tilapia*" استفاده می شود که بازارپسندی کمتری نسبت به ماهیان دریایی، کپورهای کوچک آب شیرین (*milk fish*) و انواع ماهیان وحشی دارند (۱۲).
- ۱۴- ترجیح سایر مواد پروتئینی نظیر گوشت ماکیان، گوساله و "*pork*" بر گوشت ماهی در بسیاری از کشورها توسط مصرف کنندگان (۱۲).
- ۱۵- نیازمند سرمایه گذاری نسبی اولیه برای ایجاد مرزها، خندق ها، چاهک ها و تهیه بچه ماهیان (۳).
- ۱۶- اغلب شالیزارها از منابع آب عمومی مشروب می شوند لذا به سختی می توان به عاری بودن آبها از آفت کش ها اطمینان یافت که این موضوع به روند پرورش توأم ماهی و برنج آسیب می رساند (۳).
- ۱۷- کاربرد آفت کش ها محدود می شود (۳).
- ۱۸- نیاز آبی پرورش توأم ماهی و برنج بیشتر از نیاز آبی برنج به تنهایی است (۳).
- ۱۹- ماهیان پرورشی در این سیستم غالباً کوچک هستند و راندمان تولید در واحد سطح در مقایسه با استخرهای ویژه پرورش ماهیان کمتر است (۳).
- ۲۰- ماهیان بطور مرتب به شنا در سطح شالیزارها می پردازند و با حرکاتی که برای جستجوی غذا انجام می دهند، باعث بهم خوردن خاک اطراف بوته ها می شوند لذا برای اینکه بوته های نشاء برنج آسیب نبینند، باید بچه ماهیان را ۲۱-۱۰ روز پس از نشاءکاری و بعد از استقرار کافی بوته ها در شالیزارها رها سازی نمود (۱۴).
- ۲۱- نیاز به حفر خندقی با عمق ۵۰-۴۰ سانتیمتر در سطح شالیزارها دارند که این موضوع سبب:

الف) عملیات ضرور زهکشی شالیزارها را با دشواری همراه می سازد.
 ب) بدلیل اینکه مساحت تخصیصی به حفر خندق عملاً از کشت برنج محروم می ماند، نتیجتاً ممکن است از میزان کل عملکرد محصول کاسته شود (۳).



مراقبت ها و احتیاطات :

A) تنظیم عمق آب :

برای اجرای پرورش توأم ماهی و برنج نیازمند برخورداری از دانش برنجکاری و پرورش آبزیان می باشد لذا چگونگی غرقاب کردن، زهکشی، کاربرد کودها و سموم کشاورزی باید بخوبی آموخته شوند (۸).

اولویت های مدیریت روزمره مزارع برنج عبارتند از:

- ۱) ساختارهایی چون چاهک ها و خندق ها ایجاد می شوند تا فضای لازم برای زندگی ماهیان فراهم گردد.
- ۲) عمق آب بمیزان متوسط 16.6 cm ضرورت دارد و در زمان کاهش سطح آب باید ماهیان را به خندق ها و چاهک ها هدایت نمود.
- ۳) از نوسانات دمای آب شالیزار باید با روش هایی چون افزودن آب تازه به کرت ها و یا سایه اندازی چاهک ها جلوگیری نمود بطوریکه دمای آب از $38 - 40^{\circ}\text{C}$ فزونی نیابد زیرا ماهیان نابالغ (*juvenile*) حداکثر توانایی مقاومت به $30 - 38^{\circ}\text{C}$ و ماهیان جوان (*yearling*) توانایی تحمل $26 - 27^{\circ}\text{C}$ دما را دارند (۸).

۴) غرقاب نمودن شالیزارها تا حداکثر توان تحملی برنج بدون تأثیرات منفی بر عملکردش توصیه می شود که حدود $15 - 20\text{ cm}$ می باشد درحالیکه عمق آب در پناهگاه ماهیان به $65 - 70\text{ cm}$ برسد. عمق کافی آب در پناهگاه ها باعث ایجاد محیط آرام و امن در زمان کم آبی شالیزارها و مواقع گرم شدن هوا تا حدود 40°C می شود. همچنین افزایش عمق آب سبب فراهم شدن حجم بیشتری از آب برای گردش بهتر ماهیان در شالیزار می گردد (۱۰).

۵) در تمامی مدت پرورش ماهیان در شالیزارها باید آب کافی به عمق حداقل $10 - 15\text{ cm}$ فراهم گردد و همواره در این سطح حفظ شود. این موضوع از حضور ماهیان در بخش های کم عمق و در نتیجه به گل نشستن (*stranded*) آنها جلوگیری می کند و سبب می شود تا کمتر قربانی شکار پرندگان گردند (۳).

۶) سطح آب مزارع را در زمان برداشت برنج و یا مصرف مواد شیمیایی به حداقل ممکن می رسانند (۱۲).

۷) اغلب نتایج بیانگر افزایش محصول برنج در اراضی کم عمق می باشند زیرا اکسیژن بیشتری به ریشه های برنج می رسند و پنجه دهی گیاه تحریک می گردد. لزوم کاهش آبیاری و افزایش مجدد سطح آب پس از زهکشی سبب مصرف فزون تر آب در واحد سطح شالیزارها می شود که در این صورت باید تغییرات عمق آب در دوره بچگی و پُرترکی ماهیان صورت گیرد تا تضادی بین راندمان محصول برنج و ماهی وقوع نیابد (۸).

۸) پژوهش های انجام شده در "*Zhejiang*" چین نشان می دهند که آفتاب دیدگی (*sun-drying*) موقتی سطح شالیزارها پس از کاربرد کودها و سموم شیمیایی هیچگونه تأثیرات منفی بر رشد ماهیان ندارند ولیکن باید فضای غرقاب کافی در حاشیه کرتها برای پناه گرفتن ماهیان ایجاد شود (۸).



(B) کنترل معبرهای ورود و خروج آب:

- ۱- با تنظیم جریان آب کرت ها از طریق دریچه های ورودی و خروجی به هوادهی سیستم و غرقاب مطمئن شالیزارها مبادرت می ورزند (۱۲).
- ۲- در صورتیکه کرتها فاقد سرریز (shed) برای جریان آب باشند، سبب افزایش دمای آب کرتها به بالاتر از 39°C می شود (۸).
- ۳- شکارگران ماهیان در شالیزارها بوفور پیدا می شوند که از آنها می توان به: پرندگان، مارها، قورباغه ها، "cybister sp"، "Ranatra sp" و "Lacotorphes japonensis" اشاره نمود. پیشگیری از ورود آنها به شالیزارها بویژه در اراضی کوچک اهمیت بسزایی دارد. همچنین مدیریت سطح آب باعث محافظت ماهیان می شود زیرا ماهیان در صورت کم آبی شالیزارها آسیب پذیرند (۸).
- ۴- در محل تمامی ورودی ها (inlet) و خروجی های (outlet) آب به کرتها از توری سیمی (screen wire) استفاده می شود تا از ورود ماهیان ناخواسته و خروج ماهیان پرورشی جلوگیری شود. برای این منظور بهتر است از توری هایی با ۱-۲ سوراخ در هر سانتیمتر استفاده گردد و آنها را در قابی از جنس چوب یا خیزران قرار دهند ولیکن باید مرتباً تحت بازرسی قرار گیرند و بویژه در زمان بارندگیهای سنگین جهت روانی آب تمیز شوند (۳).



C) کنترل آلودگی آب کرت ها :

- ۱- تخلیه فاضلاب های خانگی و صنعتی (*sewage discharge*) بداخل آبهای آبیاری مزارع در صورت عدم نظارت می تواند به عامل مهم عدم موفقیت طرح های پرورش ماهی در شالیزارها بینجامد لذا تهیه قوانین استاندارد دولتی برای چنین مواردی ضرورت دارند (۱۲).
- ۲- آلودگی آبها به سموم شیمیایی می تواند باعث مرگ ماهیان و پلانکتون ها شود بنابراین باید از آبهای تمیز و فاقد بقایای سموم و رواناب بهره گرفت (۱).
- ۳- از آلوده شدن آب موجود در خندق های شالیزارها جلوگیری شود که این موضوع بویژه در طی وقوع بارندگی ها بسیار دشوار می نماید (۳).
- ۴- ماهیان و پلانکتونها جملگی برای زیستن به اکسیژن نیازمندند لذا در مواردیکه تراکم پلانکتونها در آب شالیزارها و استخرهای پرورش فزونی می پذیرد احتمالاً از مقدار اکسیژن قابل دسترسی ماهیان کاسته می شود لذا مراقبت و نظارت بر جمعیت پلانکتونها ضرورت می یابد (۱).
- ۵- پلانکتونها در تراکم زیاد باعث تغییر رنگ آب متمایل به سبز قهوه ای می شوند و آب را کدر (*cloudy*) می سازند چنانکه اگر دست را تا آرنج بدرون آب فرو برند، باید بتوان حداقل نیمی از طول دست را بخوبی دید اما اگر بدین کار موفق نشدند، باید از افزودن غذای مکمل جدید خودداری گردد (۱).
- ۶- ماهیان در موارد بروز کمبود اکسیژن محلول برای تنفس (*gasp*) به سطح آب می آیند که در چنین حالتی باید با انجام اعمال زیر به افزایش اکسیژن محلول در آب مبادرت ورزید:
 - الف) افزودن آب تازه حاوی اکسیژن
 - ب) افزودن حباب های هوا به آب از طریق بهم زدن سریع آب به کمک شاخه های درختان، دمنده های الکتریکی، فواره ها و پمپاژ آب
 - ج) تقلیل (*cut back*) مقدار غذای مکمل روزانه یا هفتگی
- ۷- در صورتیکه قبل از افزودن ماهیان به شالیزار از آفت کش ها استفاده شده باشد، بهتر است آب شالیزار از طریق رهاسازی آزمایشی تعدادی ماهی کوچک و سپس کنترل زنده ماندنشان زیست سنجی شود لذا در صورتیکه ماهیان کوچک در طی چند ساعت مردند، باید چند روز دیگر منتظر ماند و مجدداً آزمایش فوق را تکرار کرد و اینکار را تا امن شدن محیط شالیزار برای زیستن ماهیان تداوم بخشید. همواره باید سعی شود تا ماهیان ناخواسته و حشرات زیانبخش بنحو مناسبی از مزرعه حذف شوند (۳).



(D) تغذیه تکمیلی ماهیان در شالیزارها:

- ۱- در بسیاری از شالیزارهای کشت توأم ماهی و برنج چین بدون اجرای تغذیه تکمیلی حدود ۷۵۰۰ کیلوگرم برنج و ۷۵۰ کیلوگرم ماهی در هکتار برداشت می شوند که این میزان محصول را می توان با انتخاب ارقام مناسب برنج و ماهی و اجرای تغذیه مصنوعی بهبود بخشید (۱۶).
- ۲- ماهیان پرورشی بطور عادی از علفهای هرز و حشرات شالیزارها تغذیه می کنند ولیکن برای رشد سریعتر نیازمند تغذیه مکمل (*extra = supplement*) هستند (۱).
- ۳- تغذیه تکمیلی و مهیا ساختن آب کافی و مناسب از مهمترین عوامل موفقیت در سیستم پرورش ماهی در شالیزارها هستند (۷). تغذیه تکمیلی ماهیان از مقادیر صفر تا زیاد بستگی به کشاورزان و شرایط منطقه ای دارد (۱۲).
- ۴- عموماً برخی مواد در دسترس زارعین وجود دارند که از آنها می توانند برای تغذیه ماهیان پرورشی در شالیزارها بهره گیرند نظیر (۱، ۱۲): ضایعات آشپزخانه (*kitchen scarps*) ، چمن های کوتاه شده (*grass clipping*) ، کودهای دامی، سبوس برنج، برخی حشرات، خرد شده سبزیجات مازاد، ریز شده میوه پاپایا (*papaya*)، حلزون های له شده (*crushed snails*)، برگهای برخی گیاهان و موریهان (*termites*) ها.

۵- برای تسریع در رشد ماهیان می توان به مخلوط کردن سبوس برنج با روغن خردل به نسبت ۷۰:۳۰ پرداخت و آنها را بصورت کیک درآورد سپس روزانه به میزان ۲-۳ درصد وزن بدن ماهیان در شالیزارها پخش نمود(۱۰).

(E) مراقبت های بهداشتی ماهیان در شالیزارها:
میزان بقاء تخم ماهیان پرورشی در شالیزارها برای تبدیل شدن به نوزاد و سپس بچه ماهیان در مزارعی با عمق آب 8 – 10 cm غالباً در حدود ۵۰-۲۰ درصد است(۸). انجام هر گونه مراقبت های بهداشتی، تغذیه و صید (catching) ماهیان تنها در حوضچه ها و خندق ها صورت می پذیرند(۱۴).



(F) کاربرد ایمن کودها در پرورش توأم ماهی و برنج:
۱- عملیات کشت (husbandry) برنج در این سیستم دربرگیرنده : مبارزه با علفهای هرز، فواصل مناسب بوته های برنج، کنترل موش صحرایی (rat) و کاربرد بسنده کودها است. کودها و سموم شیمیایی در صورت مواظبت غالباً برای ماهیان زیانبخش نیستند(۳).
۲- کاربرد کودهای کشاورزی سبب افزایش غلظت عناصر غذایی در آب شالیزار می شود چنانکه باعث فزونی رشد (flourish) فیتوپلانکتونها (phytoplankton) می شود تا مستقیماً به مصرف ماهیان برسند و یا سبب رشد بهتر زئوپلانکتونها (zooplankton) شوند(۱۰).

۳- در مناطقی چون جنوب "**Jiangsi**" چین برای حاصلخیز نمودن شالیزارها از فضولات (**excretory**) کرم ابریشم استفاده می کنند که برخوردار از ۱/۴۵ درصد نیتروژن خالص، ۰/۲۵ درصد فسفات خالص و ۰/۱۱ درصد پتاسیم خالص است. کاربرد این فضولات در صورت تازگی بدلیل دربرداشتن اوره برای سلامتی ماهیان زیانبخش می باشد لذا آنها را پس از پوسیدن بکار می برند(۸).

۴- از کمپوست در بخش های عمیق تر آب شالیزارها بمیزان تا ۳۰ تن در هکتار می توان بهره گرفت. از کودهای ارگانیک در شرایط بهینه بشرطی بهره می گیرند که باعث افزودن نیتروژن خالص بمیزان حداکثر ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، فسفر خالص بمیزان حداکثر ۶۰ کیلوگرم در هکتار و پتاس خالص بمیزان حداکثر ۶۰ کیلوگرم در هکتار گردند(۱۰).

۵- در بسیاری از مناطق دنیا از کشت همزمان ماهی و برنج صرف نظر شده است زیرا ناچاراً از نهاده های شیمیایی برای افزایش تولید برنج در شالیزارها بهره می گیرند(۳).

۶- ایستگاه پژوهشی پرورش آبزیان "**Zhejiang**" چین در مورد میزان بی خطر مواد شیمیایی مصرفی در شالیزارها بر زندگی ماهیان تحقیقاتی داشته است که براساس آن میزان بی خطر سولفات آمونیوم در شالیزارهای حاوی نوزادان کپور با عمق آب ۶/۶ سانتیمتر بمیزان ۱۵-۱۰ کیلوگرم در هکتار، نترات آمونیوم بمیزان ۵ کیلوگرم، نترات پتاسیم بمیزان ۷/۵-۲/۵ کیلوگرم، سوپر فسفات بمیزان ۱۰-۵ کیلوگرم در هکتار، آهک بمیزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار، کربنات آمونیوم بمیزان ۱۵ کیلوگرم و اوره بمیزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار می باشند(۸).

۷- محققین توصیه نموده اند که تا حد امکان از بکاربردن سولفات آمونیوم و کلرید آمونیوم در شالیزارهای پرورش ماهی و برنج خودداری شود زیرا بر ماهیان تأثیر منفی می گذارند(۸).



۸- در صورت کاربرد کربنات آمونیوم حتماً باید آنرا به عمق ۷ سانتیمتر در خاک دفن نمود. مصرف آن در

صورت استفاده بفرم گرانول بمیزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار برای ماهیان بی ضرر است (۸).

۹- آب شالیزارها را قبل از مصرف کودهای شیمیایی تخلیه می کنند سپس کودپاشی را بمیزان مطمئن و بی ضرر برای ماهیان انجام می دهند و خاک سطحی را بخوبی بهم می زنند و چند روز را برای ایجاد زمان کافی جهت جذب آنها توسط ریشه های گیاه برنج و یا تثبیت آن در خاک بهمان حال باقی می گذارند و سپس آبیگری را انجام می دهند (۸).

۱۰- رشد و عملکرد برنج و ماهیان در ارتباط مستقیم با کاربرد: نوع، مقدار و روش استفاده از انواع مواد حاصلخیز کننده است. مواد حاوی K , P و N برای افزایش غذای مصرفی ماهیان نظیر پلانگتونها و آبزیان کفزی (*benthic organisms*) ضروری هستند (۸).

(G) کاربرد ایمن سموم شیمیایی در شالیزارهای پرورش ماهی:
بیش از ۵۰ گونه از حشرات آفت و ۱۰ نوع بیماری در شالیزارها گزارش گردیده اند (۸).

جدول ۷) مهمترین آفات نیازمند کنترل در شالیزارهای چین عبارتند از (۸):

ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی	نام علمی
۱	ساقه خوار زرد	<i>Yellow stem-borer</i>	<i>Chila simplex</i>
۲	---	---	<i>Tryporza incertulas</i>
۳	ملخ سبز شالیزار	---	<i>Nephotettix apicalis</i>
۴	---	<i>Rice plant skipper</i>	<i>Parana guttatus</i>
۵	ساقه خوار نواری سر سیاه (مالاوی)	<i>Dark headed striped-borer</i>	<i>Chilo polychrysa</i>
۶	ساقه خوار سفید (جاوه)	---	<i>Trypriza innotata</i>
۷	ملخ قهوه ای	---	<i>Nilaparrata lugens</i>

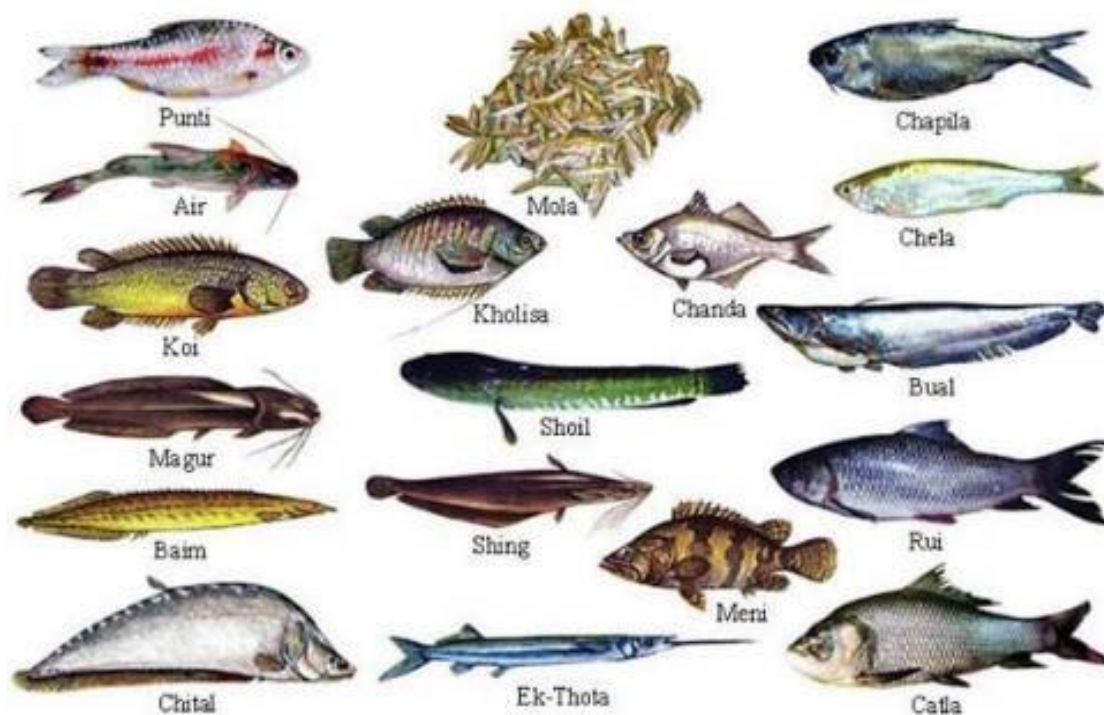
جدول ۸) مهمترین بیماریهای نیازمند کنترل در شالیزارهای چین عبارتند از (۸):

ردیف	نام فارسی	نام علمی
۱	بلاست برنج	<i>Lagynotomis assimulans</i>
۲	پیچیدگی برگ برنج	<i>Cnapholocrecis medinalis</i>
۳	---	<i>Lama flavipes</i>
۴	---	<i>Oxya velox</i>
۵	لکه قهوه ای برنج	<i>Cochliobolus miyabeanus</i>

ماهیانی که در شالیزارها پرورش می یابند گرچه از آفات برنج تغذیه می کنند اما قادر به کنترل تمامی آنها نیستند لذا کاربرد آفت کش ها و قارچکش ها ضرورت می یابند ولی باید بصورتی باشد که به مرگ ماهیان پرورشی نینجامد (۸).

آب مصرفی در سیستم پرورش توأم ماهی و برنج باید عاری از مواد سمی (*toxicant*) مثل آفت کش ها، علف کش ها و قارچکش ها باشد (۳). در ضمن دهه های اخیر، رشد لجام گسیخته جمعیت و اقتصاد مبتنی بر صادرات (*export-oriented*) سبب افزایش چشمگیر تولید برنج در شمال ویتنام شده است که بیشترین افزایش کاربرد مواد شیمیایی کشاورزی (*agro-chemicals*) را در سیستم های مختلف شالیزارها داشته اند آنچنانکه کاربرد آفت کش های بشدت سمی موجب صدمات سنگینی بر سلامتی انسان و محیط زیست گردیده اند (۲).

کاربرد حشره کش ها، آفت کش ها، علف کش ها و قارچکش ها طی سالهای اخیر حتی در مقادیر کم (*minute*) سبب افزایش بروز مسمومیت در اکوسیستم های آبی شده اند (۱۱). مزارع برنج فاریاب (*irrigated*) و مشروب از باران (*rain-fed*) از منابع اصلی و غیر متمرکز آلاینده های سطحی و زیر زمینی ویتنام به نهاده های شیمیایی کشاورزی محسوب می شوند که مستقیماً برای مصارف خانگی و شرب استفاده می شوند. از اینرو کمیت و نوع حشره کش های مصرفی الزاماً باید کاهش یابد تا آسیب های وارده بر محیط زیست نظیر آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی و تخریب مناظر به حداقل برسند (۲).



در مواردی که کاربرد آفت کش ها در شالیزارها ضرورت می یابد، توصیه می شود که سمپاشی را در غیاب ماهیان و بر سطح مزرعه انجام دهند تا احتمال تلفات ماهیان بدین منوال به حداقل برسد لذا:
 الف- سطح آب شالیزار را به حداقل کاهش دهید تا ماهیان به سمت خندق ها هدایت شوند (۸،۳).
 ب- هنگام استفاده از آفت کش ها سعی شود تا از پخش (*drift*) بقایای سموم مصرفی جلوگیری شود (۳).

پ- کودهای شیمیایی را باید در عمق خاک و در منطقه فعالیت ریشه های برنج دفن (*incorporated*) نمود (۳).

ت- باید پس از ۷-۱۰ روز اقدام به آبیگری شالیزار شود ولیکن سطح آبیگری بعدی باشد که ماهیان مجبور به باقیماندن در خندق ها بمدت لااقل ۱۴-۱۰ روز پس از سمپاشی شوند (۳).

ث- سموم گرانول در صبحگاهان مصرف شوند تا با رطوبت حاصل از شب‌نم شبانگاهی در سطح خاک شالیزار بحالت محلول درآیند (۸).

ج- سموم اسپری شونده را بهتر است پس از گرم شدن هوا و تبخیر شدن شب‌نم برگها بکار برد (۸).

چ- نتایج تحقیقاتی بر ممنوعیت کاربرد سمومی چون: "*Derris*" ، "*Toxaphene*" و

"*pentachlorophenol*" در شالیزارهای پرورش ماهی اذعان می دارند (۸).

ح- در یک آزمایش برای ارزیابی میزان آلاینده‌گی حشره کش ها در سیستم پرورش ماهی شالیزارها به اندازه گیری میزان آب ورودی و آب خروجی، سطح آب، رطوبت خاک و غلظت حشره کش ها در اجزاء سیستم زراعی نظیر: آب شالیزار، آب خاک، آب ورودی و مقدار رسوب موجود در آب ورودی پرداخته شد. بر این اساس دو حشره کش بکار رفته بنام های "*Dimethoate*" و "*Fenitrothion*" با خواص تخریب فیزیکوشیمیایی بصورت دستی بکار گرفته شدند. نتایج بیانگر این بودند که با اعمال مدیریت بر آبهای لایه سطحی مجاور کف شالیزار (*undercurrent*) می توان از مقدار آلاینده‌گی آبهای سطحی و زیرزمینی به اینگونه سموم کاست (۲).

منابع و مأخذ :

- 1) AFRRRI – 1995 – Raise fish in the rice paddy – Farm Radio International ; radio scripts International Development Research Center (IDRC) , Ottawa , Canada
- 2) Anyusheva , Maria & et al – 2009 – The environmental fate of agrochemicals in paddy rice fish farming systems in northern "Viet Nam" – University of Hohenheim , Department of Soil Science and Land evaluation , Germany
- 3) Bocek , Alex – 2010 – Introduction to fish culture in rice paddies – International Center for Aquaculture and Aquatic Environments , Auburn University, Alabama, USA
- 4) Bocek , Alex – 1992 – Water harvesting and aquaculture for rural development – International center for aquaculture and aquatic environments , Swingl Hall , Auburn University , Alabama , USA
- 5) Das , D . N – 2002 – Fish farming in rice environments of northeastern India – Dept. of Zoology , Arunarchal University , Itanagar , India

- 6) FAO – 2000 – Fish culture in rice fields – Fisheries and Aquaculture Department , FAO corporate document repository
- 7) FAO – 2000 – Fish raising for income generation – Forestry Department , FAO corporate document repository
- 8) FAO – 1986 – A review of rice-fish culture in China – Fisheries and aquaculture department , FAO corporate document repository
- 9) Fishsite – 2010 – Sustainable mountain paddy-fish farming – Aquaculture Asia Magazine , July
- 10) indg – 2010 – Rice-fish farming in Assam – Fisheries , Assam Agricultural University
- 11) L.S.D – 2005 – Paddy cum fish culture – Lower Subansiri District (L.S.D) , Arunachal Pradesh , India
- 12) Nayudamma – 2003 – Rice-fish culture – International Development Research Center (IDRC) , Ottawa , Canada
- 13) Shijiang , Peng – 2002 – The special method of rice cultivation in Lingnan in Chinese history and it`s expectation – Southchina agricultural , China university , GuangZhou
- 14) TearFund – 2005 – Fish in the rice paddy – <http://www.tearfund.org>
- 15) Wikipedia – 2010 – rice – Wikimedia Foundation Inc.
- 16) Xiuzhen , Fan – 2003 – rice-fish culture in China – Freshwater fisheries research center , Wuxi , Jiangsu , China

"تکثیر مصنوعی ماهی سفید در رودخانه سفیدرود"

مقاله مشترک :

اسماعیل نظافتی ؛ اسماعیل پورکاظم

مقدمه :

در سواحل جنوبی دریای خزر بیش از ۳۵۰ رودخانه جاری هستند ولی فقط تعداد محدودی از آنان از نظر جریان آب کافی ، عمق مناسب و شرایط اکولوژیک لازم قادرند تا محل تکثیر طبیعی ماهیان استخوانی باشند . امروزه عواملی نظیر برداشت بیرویه شن و ماسه از بستر رودخانه ها ، هدایت آلاینده های خانگی- صنعتی- کشاورزی و همچنین صید غیر مجاز از توان بالفعل رودخانه ها در جهت تکثیر طبیعی ماهیان کاسته اند لذا بکارگیری تکنولوژی تکثیر مصنوعی تا حدود زیادی قادر است در بازسازی ذخایر آبزیان مفید واقع شود . صید و جمع آوری تعداد متناهی از مولدین نر و ماده مناسب از رودخانه ها دارای اهمیت بسزایی در این راستا است . مهم ترین رودهای مهاجرت ماهی سفید در محدوده استان گیلان عبارتند از : سفیدرود ، شلمان رود ، خشک رود ، چکلوند ، چوبار ، طیر ، حویق ، کرکانرود ، پلورود ، تکی ، کلفارود ، ناورود ، دیناچال ، شفارود و تیمیر که هر ساله انبوهی از مولدین بالغ به آنها مهاجرت می نمایند و به تخمیزی جهت بقای نسل می پردازند . در این میان سفیدرود که پر آب ترین رودخانه منطقه محسوب می شود و از جریان آب کافی در فصل بهار یعنی زمان تخمیزی ماهیان برخوردار است ، در اولویت بررسی قرار می گیرد . تخمیزی طبیعی ماهیان در شرایط کنونی بدلیل دور بودن مکان بسترهای سنگی و ماسه ای از مصب رودخانه با وجود فعالیت های صید بیرویه غیر ممکن می نماید لذا در این مقاله به بررسی صید ماهیان مولد در ابتدای مسیر مهاجرت و تکثیر مصنوعی ماهی سفید پرداخته می شود .

دریای خزر :

مطالعات باستان شناسی جغرافیایی (paleo-geography) توسط آندروزوف (Androsof) نشان می دهند که دریای بزرگی بنام "مزوره" یا "تتیس" (Thetys) طی دوره اول تا اوایل دوره سوم زمین شناسی وجود داشته و شامل دریاچه های خزر ، سیاه و آرال بوده که بعدها در اثر وقوع زمین لرزه ها به بخش های کنونی تقسیم و تغییر یافته است (بهمنی- ۷۶) اما آثار مدونی که از "هرودت" ، ارسطو ، Polybe و Diodordocill برجای مانده است مؤید شکل گیری و مجزا بودن دریای خزر می باشند (غازی- ۷۶) . دریای خزر بزرگترین دریاچه جهان محسوب می شود که در موقعیت جغرافیایی ۳۸° و ۴۶° تا ۱۳° و ۴۷° عرض شمالی و بین ۵ کشور ایران ، آذربایجان ، روسیه ، قزاقستان و ترکمنستان قرار دارد . سطح آب این دریاچه حدود ۲۷ متر پائین تر از سطح آبهای آزاد است و طول آن ۱۲۰۶ کیلومتر با عرض متوسط ۳۴۴ کیلومتر و مساحت تقریبی ۳۷۸۴۰۰ کیلومتر مربع می باشد . عمق آن در بخش های شمالی به چند متر و در بخش های جنوبی حدود ۱۰۰۰ متر با متوسط ۱۸۰ متر برآورد گردیده است (شریعتی- ۷۸) . دریای خزر دارای ۶۴۴۰ کیلومتر حاشیه است که ۷۴۰ کیلومتر آن را سواحل ایران تشکیل می دهند (جوشیده- ۸۵) . سطح آب

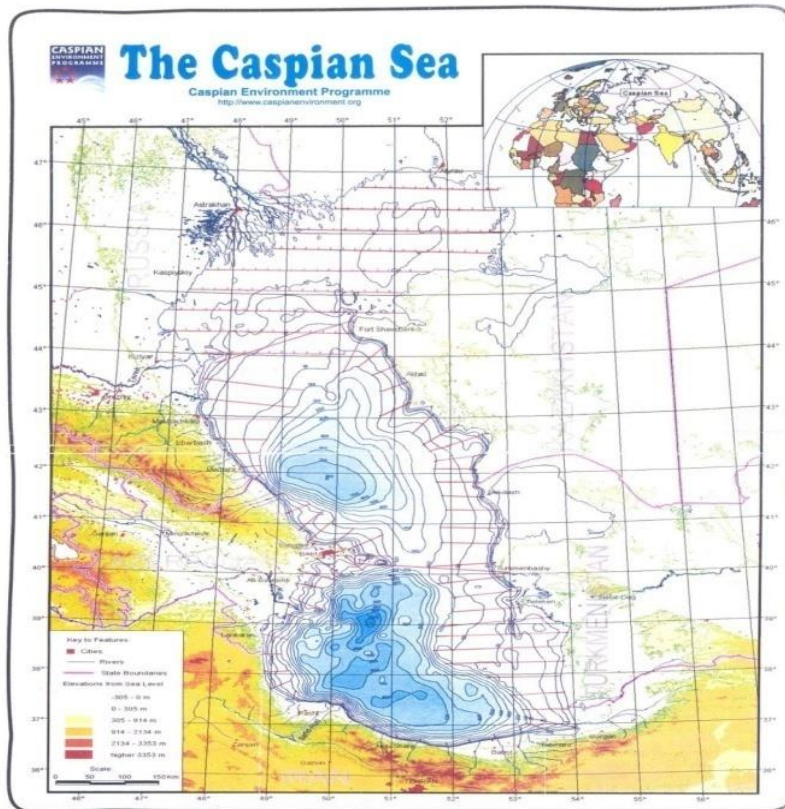
این دریاچه طی ادوار گذشته به تناوب نوسان داشته است که پژوهش های انجام گرفته به دلایلی چون کاهش نزولات آسمانی ، هدایت آب رودخانه ها با احداث پروژه های سدسازی برای آبیاری اراضی کشاورزی و افزایش تبخیر اشاره دارند . درجه شوری آب بخش های شمالی خزر حدود ۱۲ در هزار و در بخش های میانی تا جنوبی حدوداً ۱۲/۹-۱۲/۷ در هزار یعنی نزدیک به یک سوّم شوری اقیانوس ها می باشند و از غرب به شرق دریاچه بر میزان شوری آب افزوده می شود . املاح دریاچه خزر در مقایسه با آب اقیانوس ها از نظر سدیم و کلر فقیر بوده ولی از نظر کربنات ها ، سولفات ها و منزیم غنی تر است (قاسم اف- ۱۹۸۷) . دریای خزر زیستگاه گونه های جانوری و گیاهی مختلف و با ارزشی است بطوریکه تاکنون ۲۱ خانواده ، ۶۴ جنس ، ۱۱۴ گونه ، ۶۳ زیر گونه و ۱۳ نژاد شناسائی شده اند که ماهیان خاویاری ، آزاد و سفید از نمونه های بارز آنها می باشند (Lukyanenko-99) . معمولاً ماهیان تجاری دریای خزر را به سه گروه عمده شامل ماهیان خاویاری (تاسماهیان) ، شک ماهیان و ماهیان استخوانی تقسیم می کنند .

- دریای خزر را از نظر خصوصیات اکولوژیکی به شرح زیر به سه بخش یا ناحیه تقسیم نموده اند :
- (۱) ناحیه خزر شمالی : این ناحیه حدوداً ۲۵ درصد از مساحت دریاچه را تشکیل می دهد که دارای ۰/۵ درصد حجم آب و عمق متوسط ۴/۴ متر و حداکثر عمق ۲۵ متر می باشد . دمای آب این منطقه در تابستان ها معتدل و در زمستان ها به صفر درجه سانتیگراد می رسد .
 - (۲) ناحیه خزر میانی : این بخش حدود ۳۵ درصد از مساحت دریاچه را با عمق متوسط ۲۱۳ متر و حداکثر عمق ۷۰۰ متر تشکیل می دهد .
 - (۳) ناحیه خزر جنوبی : حدوداً ۴۰ درصد از مساحت کل دریاچه با بیش از دو سوّم حجم آب آنرا با عمق متوسط ۳۴۵ متر و حداکثر عمق ۱۰۲۵ متر بخود اختصاص داده است . دمای آب این ناحیه در زمستان ها معتدل و در تابستان ها تا ۲۷ درجه سانتیگراد می رسد (جوشیده- ۸۵) .
- دریای خزر بوسیله رودخانه های زیادی تغذیه می شود بطوریکه رودهای نواحی شمالی حدود ۸۵ درصد و رودهای بخش های جنوبی تقریباً ۱۵ درصد از آب ورودی آنرا تأمین می نمایند (پورکاظمی-۷۶) .

جدول ۱) ویژگیهای دریای خزر در سه بخش شمالی، میانی و جنوبی

بخش ها	مساحت دریا (کیلومتر مربع)	حجم آب دریا (کیلومتر مکعب)	درصد از کل مساحت دریا	درصد از کل حجم آب دریا	حداکثر عمق (متر)	عمق متوسط (متر)
خزر شمالی	۹۱۹۴۲	۳۹۷	۲۴/۳	۰/۵	۲۵	۴/۴
خزر میانی	۱۳۷۸۱۲	۲۶۴۳۹	۳۶/۴	۳۳/۹	۷۰۰	۲۱۳
خزر جنوبی	۱۴۸۶۴۰	۵۱۲۴۵	۳۹/۳	۶۵/۶	۱۰۲۵	۳۴۵

اشکال ۱ و ۲) نقشه های دریای خزر



رودخانه سفیدرود :

از این رودخانه در کتب تاریخی به نام هایی چون مردوس ، آمردوس ، اولانمورن ، سپت رت ، اسپید زوج ، اسپید روح ، اسپید رود و سپید رود نام برده اند . حوزه آبریز رودخانه سپید رود از محل سد منجیل تا مصب دریا ۲۶۱۲ کیلومتر مربع و به طول ۱۱۰ کیلومتر با شیب متوسط ۲ در هزار می باشد . بلندترین قله های حوزه سفید رود را کوه های دُرفک و هزارخانی بترتیب با ارتفاعات ۲۷۲۰ و ۲۱۰۰ متر از سطح دریا تشکیل می دهند . بستر رودخانه در محل خروجی سد به ارتفاع ۱۹۰ متر و در محل ورود به دریا ۲۶/۵- متری سطح آبهای آزاد می باشد. طول واقعی رودخانه در منابع مختلف ۷۸۰-۶۰۰ کیلومتر برآورد شده است که در ردیف پنجم طویل ترین رودهای ایران پس از هیرمند (۱۳۹۰ کیلومتر) ، هریرود (۱۱۲۰ کیلومتر) ، ارس (۹۱۰ کیلومتر) و کارون (۸۹۰ کیلومتر) قرار دارد. مهمترین شاخه های سفیدرود در دلتا عبارت از : گيله رود ، خمام رود ، حشمت رود ، صیقلان رود و نورود هستند . سفیدرود اهمیت زیادی در جذب انواع ماهیان استخوانی و خاویاری از دریا در فصول تخمیزی دارد چنانکه ماهیان نیمه مهاجر زودکوچ (anadoromous) جهت ازدیاد نسل به این رودخانه مهاجرت می کنند . رودخانه قزل اوزن یکی از دو سرشاخه مهم سفیدرود است که از کوه های شمال غربی ایران سرچشمه می گیرد و در حوالی شهر منجیل با رودخانه شاهرود تلاقی می نماید و رودخانه سفیدرود را ایجاد می کند. رودخانه شاهرود سرشاخه دیگر سفیدرود نیز از کوه های البرز مرکزی و از تلاقی رودخانه های الموت و طالقان منشاء می گیرد .

تغییرات دلتای سفیدرود :

از مطالعه تصاویر هوایی سال ۱۹۵۵ میلادی تاکنون چنین برمی آید که سفیدرود از آن تاریخ تا زمان حاضر شش دفعه تغییر مسیر داده است و حاصل آن ایجاد دلتای وسیعی از تالاب انزلی تا چمخاله لنگرود می باشد. همچنین پس از مهار کردن آب رودخانه سفیدرود توسط سدهای منجیل ، تاریک و سنگر از میزان رسوب گذاری در مصب کم شده است و فشار حاصل از طغیان رودخانه سفیدرود که قادر بود اثرات امواج دریا را در منطقه مصب خنثی نماید، به حداقل رسید لذا بر فرسایش ساحل در منطقه دلتای سفیدرود افزوده گردیده و بدین دلیل مصب سفیدرود طی سالیان اخیر مداوماً در حال تغییر و تحول بوده است.

شکل ۳) نقشه مصب رودخانه سفیدرود



تقسیم بندی سفیدرود از نظر مهندسی رودخانه :

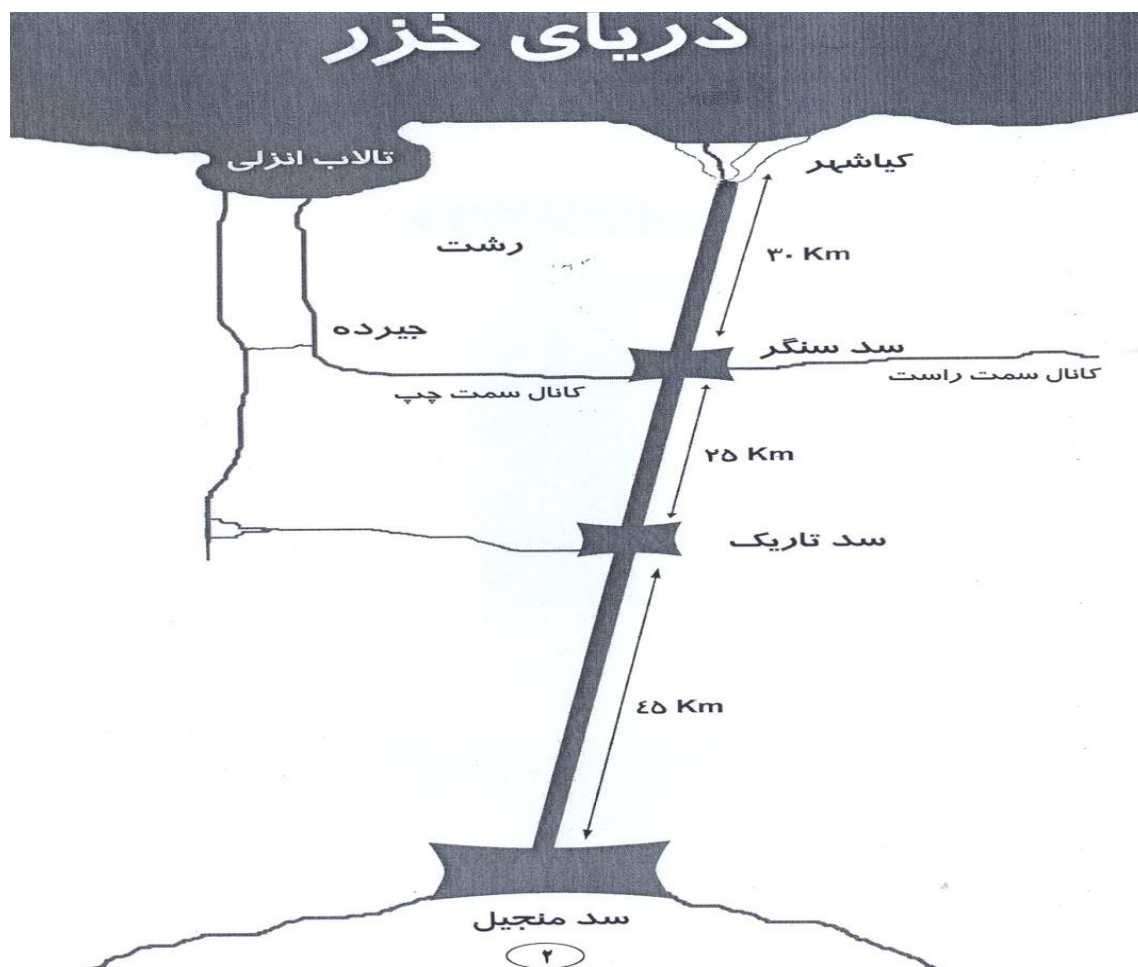
منطقه ۱) حد فاصل سد مخزنی سفیدرود تا سد انحرافی تاریک : بخش نخست این منطقه از سد منجیل تا شهر گنجه دارای بستری کوهستانی با سنگ های بزرگ ، عرض کم ، عمق زیاد ، فرسایش اندک و پایداری نسبتاً خوب حاشیه ها در مواقع سیلابی می باشد. شیب کف رودخانه حدود ۲/۴ در هزار و عرض متوسط ۱۸۰ متر با برداشت شن ناچیز است . بخش دوم این منطقه از شهر گنجه تا سد انحرافی تاریک ادامه می یابد. این ناحیه با شیب بستر ۲/۹ در هزار و عرض متوسط ۸۵۰ متر می باشد.

منطقه ۲) حد فاصل سد انحرافی تاریک تا پل آستانه اشرفیه : بستر رودخانه در این قسمت عمدتاً از شن درشت تشکیل می گردد و از عرض زیاد ، عمق کم ، پایداری جانبی اندک در وقوع سیلابها ، بستر متغیر ، برداشت شن شدید و الگوی جریان شاخه شاخه برخوردار است. بخش نخست آن از سد تاریک تا سد سنگر با شیب ۲/۷ در هزار و عرض متوسط ۱۰۰۰ متر می باشد و بخش دوم آن از سد سنگر تا پل آستانه دارای شیب ۱/۹ در هزار و عرض متوسط ۱۰۰۰ متر و یک خم تند بزرگ با زاویه ۹۰ درجه است.

منطقه ۳) حدفاصل پل آستانه اشرفیه تا بندر گیاسهر : این قسمت دارای شیب ۰/۴ در هزار و عرض متوسط ۱۰۰ متر با بستر ماسه ای ، الگوی ماندی ، پایداری جانبی بسیار کم ، استخراج ناچیز شن و ماسه ، ظرفیت کم عبور آب و حدفاصل نامشخص آب دریا و مصب می باشد.

منطقه ۴) حدفاصل بندر کیشهر تا دریای خزر : این ناحیه در حقیقت دلتای سفیدرود است و دارای شیب ۰/۱۹ در هزار ، نشست رسوبات ، ظرفیت عبوری کم آب و غرقاب شدن اراضی حاشیه در زمان سیلاب می باشد.

شکل ۴) نقشه تقسیمات مهندسی رودخانه سفیدرود



هیدرولوژی سفیدرود :

سفیدرود برخوردار از رژیم هیدرولوژی برفی- بارانی است و ذخیره برف ماههای سرد سال در ارتفاعات بالاتر از ۱۵۰۰ متر نقش عمده ای در جریانات بهاره آن دارد. بیش از ۳۰ درصد کل آب ورودی ۱۳/۵ میلیارد متر مکعبی رودخانه های شمال ایران به دریای خزر از طریق سفیدرود بعنوان پرآب ترین و طولانی ترین رودخانه کشور در حوزه جنوبی دریای خزر تأمین می شود که ۷۵ درصد آن با منشاء رودخانه قزل اوزن است. آبدهی ماهانه سفیدرود براساس آمارهای ۲۰ ساله با حداقل ۲۵ میلیون متر مکعب و حداکثر ۳۵۰۰ میلیون متر مکعب برآورد شده است. دبی رودخانه سفیدرود با حداقل ۱۴/۲ مترمکعب در ثانیه ، دبی متوسط ۵۳۲/۵ متر مکعب در ثانیه و دبی حداکثر ۱۴۵۷ مترمکعب در ثانیه ثبت گردیده است. آب حوزه

آبریز سفیدرود پس از ذخیره شدن در مخزن سد منجیل به مصارف تولید برق و کشاورزی می‌رسد لذا دبی خروجی آن در ماه‌های مختلف سال متفاوت می‌باشد. بخشی از آب سفیدرود در منطقه رستم آباد توسط سد تاریک بطرف منطقه فومنت برای مصارف کشاورزی منحرف می‌گردد و بخش دیگرش به‌همراه سایر انهار واریزی در منطقه سنگر رشت مجدداً توسط سد انحرافی دیگری بسوی مزارع هدایت می‌گردد و تنها مقدار مازاد آب به همراه پساب‌های کشاورزی در منطقه کیشهر به دریای خزر می‌ریزد.

اشکال ۵ و ۶) تصاویری از رودخانه و مصب سفیدرود





بررسی رسوبات سفیدرود :

براساس آمارهای ۲۴ ساله به میزان سالانه حدود ۴۱ میلیون تن مواد معلق با جریانات قزل اوزن و شاهرود وارد رودخانه سفیدرود می شوند که ۸۲ درصد متعلق به رودخانه قزل اوزن است و حدود ۲۱ درصد آنها بطور سالانه از مخزن سد منجیل تخلیه می گردند و وارد جریان رودخانه سفیدرود می شوند. غلظت مواد معلق در آب خروجی سد از ۲۰-۴ گرم در لیتر متفاوت است که در زمان تخلیه رسوبات به بیش از ۲۵ گرم در لیتر می رسند و حیات آبریان را دچار اختلال می نمایند. برآوردها بیانگر وزن مخصوص مواد معلق بمیزان ۱/۲۰-۱/۰۰۶ گرم در سانتیمتر مکعب ، EC معادل ۱۹۵۶-۱۳۳۴ زیمنس بر سانتیمتر ، سختی کل ۴۷۰ میلی گرم در لیتر ، مقدار کلرور ۴۸۷ میلی گرم در لیتر ، غلظت کادمیم و سرب کمتر از حد مجاز ولی میزان کروم و نیکل بیشتر از حد استاندارد می باشند.

بیولوژی سفیدرود :

بیوماس کفزیان در سفیدرود نسبتاً فقیر است که بدلیل تغییر و تحولات مداوم بستر رودخانه در اثر تخلیه رسوبات سد سفیدرود و رسوبات حاصل از طغیانهای فصلی و سیلابهای ناشی از ارتفاعات البرز می باشد. سفیدرود در اکثر اوقات دارای آب گل آلود است لذا بیشترین بیوماس در مناطقی دیده می شوند که جریان آب کند می گردد و عرض بستر رودخانه گسترده می شود. مقدار بیوماس در منطقه مصب برابر ۶۷۵ میلی گرم بر مترمربع می باشد و شامل موجوداتی چون *Nereis* ، *Cardium* ، *Chironomid* و *Tubifex* هستند اما مقدار بیوماس در مناطق بالاتر از مصب برابر ۱۱۵۹ میلی گرم بر مترمربع و شامل موجوداتی نظیر

Gammarus ، Chironomid و لارو حشرات می باشند . مقدار بیوماس در مناطق بالاتر بدلیل ریزش فضولات و سموم کشاورزی نقصان می یابد لذا نتیجتاً این منطقه از سفیدرود فقط برای تخمیزی ماهیان مهاجر مناسب می گردد و تمامی بچه ماهیان رها شده در تکثیر مصنوعی به جهت فقر غذایی بستر رودخانه بزودی برای ادامه زندگی به سوی مصب رودخانه و آبهای ساحلی دریا کوچ می کنند.

الف» زئوپلانکتون ها:

بررسی های سالهای اخیر نشان می دهند که جمعیت زئوپلانکتون ها در آب دریاچه پشت سد منجیل به ۱۲۰۰ عدد در لیتر رسیده اند و انواع غالب را Anthoropoda و Rotatoria تشکیل می دهند اما در آبهای خروجی از دریاچه بعثت گل آلودگی و سیلابی بودن از تراکم زئوپلانکتون ها کاسته می گردد و به حدود ۲۰۰ عدد در لیتر می رسند که عمدتاً از جنس های Areella ، Centrapyxis و Diffugia از شاخه "پروتوزوا"(Protozoa) می باشند که مشخصه کیفیت نامناسب آب هستند. نتایج نشان می دهند که زئوپلانکتون هایی مانند Daphina که رژیم غذایی دوره لاروی ماهیان استخوانی را تشکیل می دهند ، از تراکم کمی در منطقه مصب رودخانه سفیدرود برخوردارند.

ب» وضعیت ماهیان رودخانه سفیدرود :

بررسیهای ماهی شناسی سفیدرود در سال های ۷۷- ۱۳۷۶ ه.ش از مصب رودخانه تا زیر سد منجیل به طول ۱۰۸ کیلومتر نشان می دهند که این ماهیان از ۵۷ گونه ، ۳۴ جنس ، ۱۷ خانواده ، ۱۲ راسته و ۲ رده تشکیل شده اند که از نظر اکولوژیکی می توان آنها را در سه گروه از ماهیان رودخانه ای یعنی ماهیان مصبی ، ماهیان بومی و ماهیان مهاجر قرار داد.

جدول ۲) فهرست ماهیان رودخانه سفیدرود

ردیف	نام گروه	نام فارسی	نام علمی
۱	دهان گردان	دهان گرد خزری مهاجر	<i>Caspiomyzon wagneri</i>
۲	تاسماهیان	تاسماهی روس	<i>Acipenser(Gueldenstaedtii)</i>
۳	" " "	تاسماهی ایران	<i>Acipenser(Persieuse)</i>
۴	" " "	شیب	<i>Acipenser(Nudiventris)</i>
۵	" " "	آزون برون	<i>Acipenser(stellatus)</i>
۶	" " "	فیل ماهی	<i>Huso Huso</i>
۷	دهان گردان	مارماهی حقیقی	<i>Anguilla angulla</i>
۸	شک ماهیان	زالون	<i>Alosa capio persica</i>
۹	" " "	کیلکا	<i>Clupeonella cultiviventris</i>
۱۰	آزاد ماهیان	آزاد ماهی خزری	<i>Salmo trutta caspius</i>
۱۱	آردک ماهیان	آردک ماهی	<i>Esox lucius</i>
۱۲	کپور ماهیان	سیم	<i>Abramis brama orientalis</i>
۱۳	" " "	کولی	<i>Acanthal burnus microlepis</i>
۱۴	" " "	ماهی خیاطه	<i>Alburnoides bipuncatus</i>
۱۵	" " "	مرورید ماهی	<i>Alburnus charusini</i>
۱۶	" " "	ماش ماهی خزری	<i>Aspius aspius taeniatus</i>
۱۷	" " "	سس ماهی سر بزرگ	<i>Barbus capito</i>
۱۸	" " "	سیاه ماهی لنکران	<i>Capoeta capoeta gracilis</i>
۱۹	" " "	شاه کولی مهاجر	<i>Chalcal burnus chalcoides</i>
۲۰	" " "	کپور معمولی	<i>Cyprinus carpio</i>
۲۱	" " "	ماهی سر مخروطی بومی	<i>Leuciseus cephalus</i>
۲۲	" " "	ماهی مخرج لوله ای	<i>Rhodeus sericeus amarus</i>
۲۳	" " "	ماهی سفید	<i>Rutilus frisii kutum</i>
۲۴	" " "	کولی خزری مصبی	<i>Rutilus rutilus caspicus</i>
۲۵	" " "	لای ماهی	<i>Tinca tinca</i>
۲۶	" " "	سیاه کولی	<i>Vimba vimba persa</i>
۲۷	رفتگر ماهیان	ماهی رفتگر خاردار طلانی	<i>Cobitis aoratu</i>
۲۸	" " "	ماهی رفتگر خاردار خزری	<i>Cobitis caspia</i>
۲۹	" " "	ماهی رفتگر خاردار	<i>Cobitis taennia</i>
۳۰	گریه ماهیان	اسپله	<i>Silurus glanis</i>
۳۱	پشت خاردار ماهیان	ماهی ۹ خار	<i>Pungitius platygaster</i>
۳۲	گل آدین ماهیان	گل آدین ماهی	<i>Atherina</i>
۳۳	سوزن ماهیان	سوزن ماهی	<i>Syngnathus abaster</i>
۳۴	سوف ماهیان	سوف ماهی	<i>Sander lucioperca</i>
۳۵	گاو ماهیان	گاو ماهی مترسک ستاره ای	<i>Benthophilus stellatus</i>
۳۶	" " "	گاو ماهی شبی	<i>Neogobius fiuriatilis pallasi</i>
۳۷	" " "	گاو ماهی سر بزرگ	<i>Neogobius kesleri gorlap</i>
۳۸	" " "	گاو ماهی دهان گرد خزری	<i>Neogobius melanostomus</i>

عوامل بازدارنده مهاجرت ماهیان در سفیدرود :

(۱) تخریب شرایط مناسب اکولوژیکی در اثر کاهش آبدهی :

تخلیه رسوبات پشت سد منجیل که از سال ۱۳۵۹ ه.ش آغاز گردید، باعث ته نشینی سالانه میلیونها تن مواد رسوبی در رودخانه سفیدرود تا مصب می گردد. کاهش آب رودخانه سفیدرود بواسطه ذخیره سازی در پشت سد منجیل سبب کاهش ماهیان بومی و نزول کوچ ماهیان مولد به این رودخانه شده است و از سوی دیگر ماهیان مولدی که از دریا صید می گردند، بدلیل عدم تماس با آب رودخانه از آمادگی لازم ارگان جنسی جهت تکثیر برخوردار نیستند لذا اغلب قادر به تأمین نیازهای تکثیر مصنوعی بعلت نارس بودن نمی باشند.

(۲) افزایش صید بیرویه توسط صیادان غیر مجاز :

کاهش آب رودخانه سفیدرود بویژه در دوره مهاجرت و تخمیزی ماهیان سبب هجوم صیادان محلی می گردد بطوریکه باعث نابودی ذخایر موجود در راستای بازسازی نسل آنها می شوند. ضمناً طولانی بودن مسیر رودخانه و کمبود تجهیزات و نیروی انسانی از امکان حراست کافی ماهیان مهاجر به شدت می کاهد.

(۳) ایجاد سدهای انحرافی :

بطور کلی سدها و آب بندانهایی که برای ذخیره کردن آب و یا انحراف مسیرش احداث می شوند، به لحاظ ایجاد مانع و جلوگیری از مهاجرت ماهیان مولد به قسمت های علیای رودخانه ها بعنوان عامل منفی محسوب می شوند. بعلاوه سدها سبب تغییرات شدید حرارتی و زیستی منطقه می گردند که ممکن است برای تخمیزی ماهیان نامناسب باشند. عدم تخلیه رسوبات معلق در جریان آب ورودی به سدها باعث کاهش پلانکتون های موجود در آب رودخانه سفیدرود می شوند و برعکس تخلیه یکباره رسوبات نیز سبب مرگ و میر آبزیان در اثر دشواریهای تنفسی می گردند.

(۴) آلودگی های رودخانه :

ورود فاضلاب کارخانجات روغن کشی ، دباغی و شهری به همراه مازاد سموم و کودهای کشاورزی سبب آلودگی رودخانه سفیدرود و درنتیجه مرگ و میر ماهیان می گردند و محیط را برای زندگی و تکثیر ماهیان نامساعد می سازند.

مشخصات ماهی سفید :

ماهی سفید با نام علمی *Rutilus frisii kutum kanesky* از فوق رده ماهیان حقیقی (Pisces) ، رده ماهیان استخوانی (Osteichthyes) ، زیر رده ماهیان باله شعاعی (Actinopterygii) ، فوق راسته ماهیان عالی (Teleostei) ، راسته کپور سانان (Cypriniformes) و تیره کپور ماهیان (Cyprinidae) می باشد. ماهی سفید با رنگ سفید نقره ای دارای بدنی دوکی شکل با فلس های دایره ای (cycloid) به قطر ۱۲-۵/۶ میلیمتر در تمامی بدن بجز سر می باشد. دهان ماهی سفید بفرم انتهایی ، تحتانی ، متحرک و فاقد سیبلیک است و خط جانبی بدن (sensory line) از سر تا دم با کمی انحنا در ناحیه شکمی امتداد دارد. فلس های روی خط جانبی به تعداد ۶۲-۵۳ عدد ، باله پشتی دارای سه شعاع سخت و ۹ شعاع نرم ولی باله مخرجی دارای سه شعاع سخت و ۱۰ شعاع نرم می باشند. این ماهی دارای کیسه شنای دو بخشی physostomouse است که توسط لوله غشایی با روده ارتباط دارد و نقاط سفید برجسته ای بنام "اپی

تلیال" (epitelial) بر روی تمامی بدن ماهیان نر بالغ ظاهر می گردند که وسیله تحرک جنسی برای تخمیزی هستند. برخی محققان (Sadlayev-56) معتقدند که بطور کلی دو گروه ماهی سفید در آب های شمال ایران زندگی می کنند. گروه اول ماهیان سفید گیاه دوست (phytophilous) هستند که در اواخر پائیز تا اوایل زمستان برای تخمیزی به طرف خلیج های باتلاقی و مصب های پوشیده از علف و نی مهاجرت می کنند ولی گروه دوم ماهیان سفید سنگ دوست (lithophilous) می باشند که در اواخر زمستان تا اوایل بهار وارد رودخانه ها می شوند و برای تخمیزی به بخش های علیای رودخانه ها وارد می گردند و بر روی بستر سنگریزه ای و شنی تخمیزی می نمایند. برخی از پژوهندگان (Nikolsky-61) نیز عقیده دارد که ماهی سفید برای تخمیزی گاهاً تا ۱۰۰۰ کیلومتر را طی می نماید.

مناطق انتشار و رفتارشناسی ماهی سفید :

ماهی سفید خاص دریای خزر و دریاچه آرال است و در سایر نقاط کره زمین یافت نمی شود. این ماهی عموماً در سواحل جنوبی دریای خزر و به میزان کمتری در نواحی جنوب شرقی خزر یعنی سواحل ترکمنستان و نواحی جنوب غربی یعنی سواحل جمهوری آذربایجان یافت می شود. ماهی سفید بیشتر دوره زندگی را در آبهای شور دریا می گذراند و تمامی طول بهار، تابستان و پائیز را بصورت گله ای در سواحل کم عمق جنوبی خزر می گذراند ولی ماههای سرد زمستان را در گودال های بستر دریا به عمق ۸۰-۳۰ متر با فعالیت کمتر طی می کند لذا فقط برای تخمیزی و تولید مثل به سمت آبهای شیرین رودخانه ها کوچ می کند. آنها پس از مدتی به ترک محل های تخمیزی اقدام می کنند و بار دیگر به دریا باز می گردند (کازرونی-۷۴).

تغذیه ماهی سفید :

مطالعات بعمل آمده (اکبرنژاد-۵۶) نشان داد که ماهی سفید در دریا از فیتوپلانکتون ها ، زئوپلانکتون ها ، سخت پوستان و نرم تنان (صدف ها) وسیعاً تغذیه می نماید بطوریکه بررسی روده این ماهیان مؤید تغذیه ۸۵/۲ درصدی از کرم ها و سخت پوستانی نظیر خرچنگ و گاماروس و همچنین تغذیه ۱۴/۸ درصدی آنان از صدف ها می باشند.

جدول ۳) فهرست جانداران یافت شده از نمونه های روده ماهی سفید (اکبرنژاد-۸۶)

ردیف	فیتوپلانکتون ها	زنوپلانکتون ها	سخت پوستان	نرم تنان
۱	Navicula	Rotatoria	Astacus	Cerastoderma
۲	Synedra	Cyclops	Rhithropanopeus	Didacna
۳	Microspora	Copepoda	Ballanus	Mytilaster
۴	Tabellaria	Diffugia	Palaemon	Pyrgula
۵	Gomphonema	Ostracoda	Niphargoides	Hydrobia
۶	Fragilaria	Arcella	-----	Pyrgohydrobia
۷	Surirella	Paramoecium	-----	Hypanis
۸	Diatoma	Dapnnia	-----	Theodoxus
۹	Closterium	Nauplius	-----	Horatia
۱۰	Ocellatoria	-----	-----	Physa

تولید مثل ماهی سفید :

تکثیر طبیعی ماهی سفید پس از مهاجرتش از دریا به رودخانه هایی با شرایط مناسب آبدهی ، درجه حرارت و شفافیت آب و بستر خوب انجام می گیرد. وضعیت تخمدان (Gonad) ماهی سفید در هنگام مهاجرت به رودخانه ها در مرحله ۴ رسیدگی جنسی قرار دارد. در زمان تخم ریزی همواره ۲- ۱ ماهی نر همراه با هر ماهی ماده شنا می کنند. ماهی ماده در نقاط کم عمق تخم ریزی می نماید بطوریکه باله پشتی و بخشی از پشت ماهی بیرون از آب قرار می گیرند. ماهی ماده در این مواقع سینه و شکم خود را به کف بستر می مالد و با حرکات موجی عضلات سبب خروج تخم های داخل تخمدان از مجرای تناسلی می گردد. ماهی نر نیز در همین زمان خود را به ماهی ماده نزدیک می کند و با حرکاتی نظیر آن به دفع مقداری اسپرم به داخل آب اقدام می نماید. تلقیح تخم ها در داخل آب صورت می پذیرد و تخم های لقاح یافته به سطح سنگ های بستر می چسبند و اکسیژن لازم را از جریان آب کسب می کنند. این تخم ها پس از مدتی که بستگی به حرارت آب دارد ، تفریخ خواهند شد. لاروها در ابتدا فاقد کیسه هوا هستند و از محتویات کیسه زرده تغذیه می کنند لذا پس از اتمام آن جهت پر کردن کیسه هوا به سطح آب می آیند. تغذیه ثانویه لاروهای ماهی با زنوپلانکتون ها تا رشد کافی آنها ادامه می یابد. ماهیان پس از کسب آمادگی به طرف مصب مهاجرت می کنند سپس برای تطبیق با آب شور دریا مدتی را در آن محل تأمل می نمایند تا برای حرکت به داخل آبهای دریا و ادامه سیر تکاملی خود آماده گردند.

فرآیند تکثیر مصنوعی ماهی سفید :

تاریخچه :

اولین اقدام در جهت تکثیر مصنوعی ماهی سفید در سال ۱۳۱۸ ه.ش صورت گرفت و تا سال ۱۳۴۲ ه.ش حدود ۲۸۹ میلیون بچه ماهی سفید پس از تکثیر به رودخانه های سیاه درویشان ، شفارود و شلمانرود رهاسازی شدند. از سال ۱۳۴۳ ه.ش نیز مراکز کوچک پرورش ماهی در جوار رودخانه های حویق و سفیدرود احداث شدند که به تکثیر و آزاد سازی منطقه ای ماهی سفید اقدام می نمودند. تأسیس مجتمع تکثیر و پرورش شهید بهشتی و مرکز تکثیر و پرورش سیاهکل تا سال ۱۳۴۶ ه.ش با همکاری کارشناسان روسی از دیگر اقدامات مهمی بوده اند که بر اساس نظریه ای بقرار ؛ وزن ماهیان برای رها سازی ۱/۳ گرم ، بازگشت شیلاتی ۲ درصد ، وزن متوسط ماهیان قابل صید و عرضه به بازار ۱/۷ کیلوگرم و لزوم آزاد سازی سالانه ۲۱ میلیون بچه ماهی برای استحصال ۷۰۰ تن ماهی سفید پایه ریزی شدند. در سالهای پس از انقلاب اقدام به تولید بچه ماهی سفید به میزان سالانه ۱۴۰ میلیون در مراکز شهید رجایی ساری و شهید انصاری رشت می گردد که با ۹ درصد بازگشت شیلاتی به صید حدود ۱۲ هزار تن ماهی سفید در سال امید می رود.

صید و انتقال مولدین :

گروه های صید و تکثیر قبل از شروع مهاجرت ماهی سفید در مناطق مناسب رودخانه ها مستقر می گردند و با ایجاد "شیل" یا "کلهم" به سد مسیر مهاجرت آنان اقدام می کنند و به روش "پره کشی" به صید ماهیان مولد مهاجر و جمع آوری آنها می پردازند تا با تانکرهای مجهز با دستگاه اکسیژن دهی به مراکز تکثیر انتقال یابند. شروع مهاجرت ماهیان سفید همبستگی زیادی با دمای آب رودخانه ها دارد. در گذشته از این مولدین در محل رودخانه تخم گیری می شد و تخمک های لقاح یافته را به مراکز تکثیر و پرورش انتقال می دادند اما امروزه مولدین را بلافاصله به مراکز تکثیر و پرورش منتقل می کنند. حد مجاز نگهداری مولدین در تانکر های مخصوص ۳۰-۲۵ کیلو گرم به ازای هر متر مکعب آب می باشد. آب و ماهیان تانکر ها را در محل مراکز پرورش به آرامی تخلیه و سپس ماهیان را به تفکیک جنسیت به مخازن آرامش انتقال می دهند.

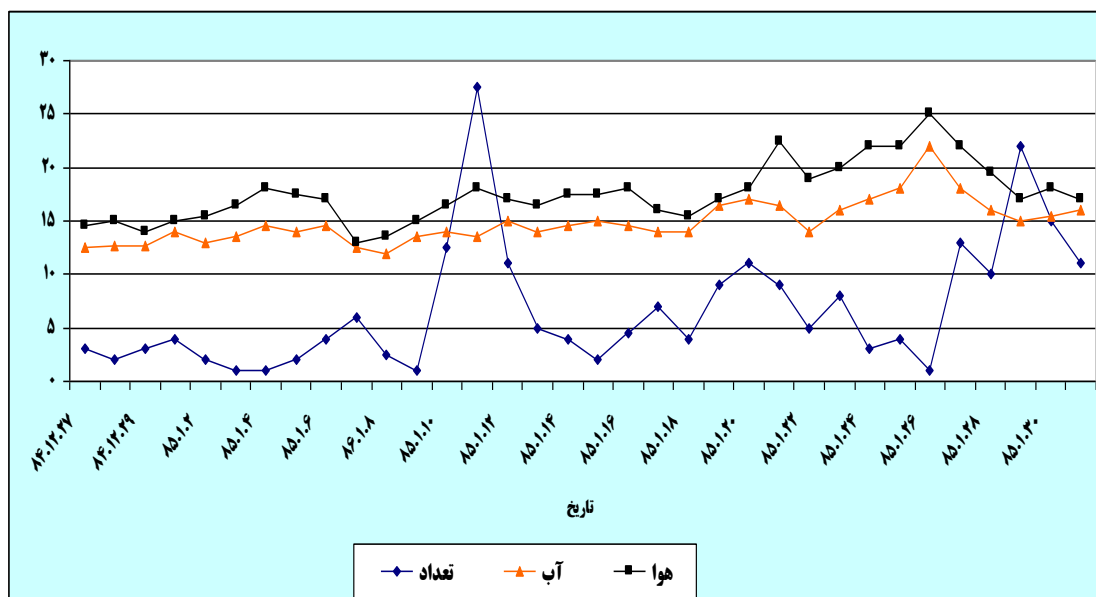
(جدول ۴) آمار صید مولدین و استحصال تخم ماهی سفید در رودخانه سفیدرود (۸۵- ۱۳۷۸)

سال	تعداد مولدین صید شده			مقدار تخم استحصالی (کیلو گرم)
	مولد نر	مولد ماده	جمع مولدین	
۱۳۷۸	۱۶۸۲	۱۲۰۴	۲۸۸۶	۵۷۷
۱۳۷۹	۱۴۷۶	۱۳۱۵	۲۷۹۱	۳۸۱
۱۳۸۰	۲۲۲۵	۲۸۱۹	۵۱۱۶	۵۴۸
۱۳۸۱	۳۱۳۶	۳۸۶۹	۷۰۰۵	۱۵۰۰
۱۳۸۲	۳۳۱	۲۱۹	۵۵۰	۱۲۵
۱۳۸۳	۷۶۴	۹۴۸	۱۷۱۲	۴۰۰
۱۳۸۴	۶۵۵۴	۷۶۴۵	۱۴۱۹۹	۲۰۰۰
۱۳۸۵	۲۸۲۹	۳۴۳۰	۶۲۵۹	۱۰۱۵

شکل ۷) تصویری از "شیل" یا "کلهم"



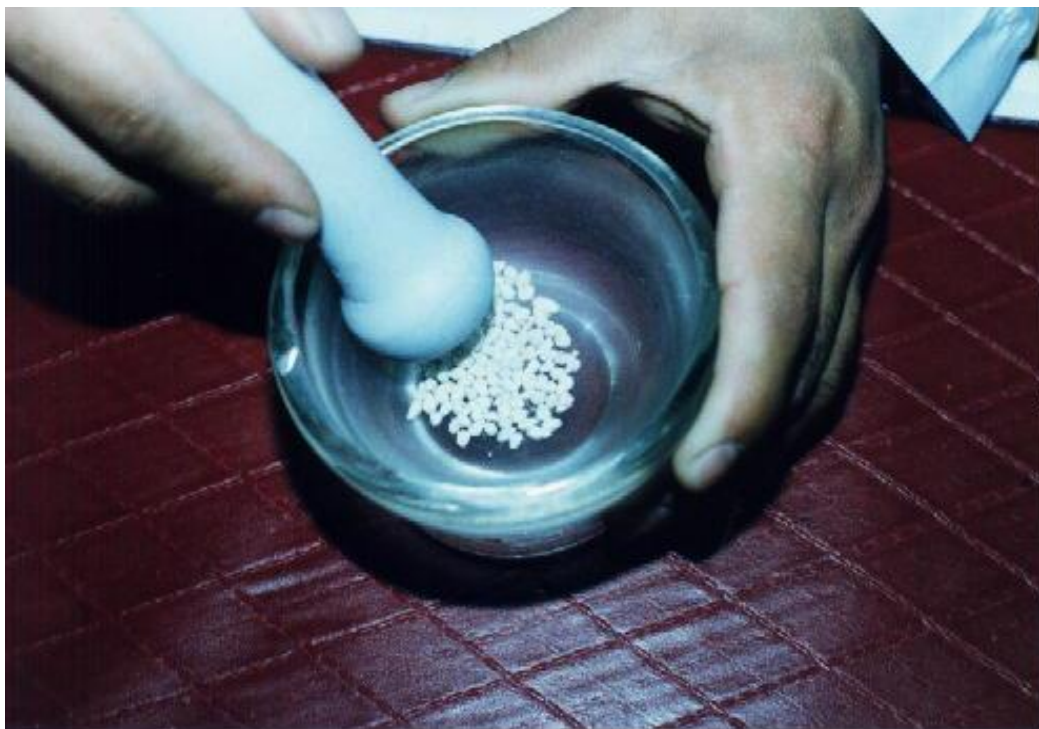
شکل ۸) نمودار درجه حرارت آب و هوا و میزان صید ماهی سفید مولد از سفیدرود (سال ۸۵-۱۳۸۴)



تخم گیری و لقاح :

هورمون های محرک تخمیزی پس از محاسبه به صورت تزریق منفرد (mono-infection) در پایه باله سینه ای و یا سایر بخش های عضلانی ماهی سفید تزریق می شود. میزان و نوع هورمون های مصرفی با یکدیگر تفاوت دارند چنانکه عصاره غده هیپوفیز به میزان ۱-۳ میلی گرم به ازاء هر کیلو گرم وزن ماهی مولد و همچنین هورمون GnRh به میزان ۵-۲ میلی گرم به ازاء هر کیلو گرم وزن ماهی مولد مصرف می کردند. ماهیان نر معمولاً نیازی به تزریق هورمون ندارند ولیکن در صورت کمبود مولدین نر به آنان نیز به میزان نصف دُز مولدین ماده تزریق می شود. بیش از ۹۰ درصد مولدین پس از طی ۴۸۰-۴۶۰ درجه ساعت آماده عملیات تخم گیری می شوند. بری اینکار ابتدا ماهیان ماده را بر روی میز تخم گیری قرار می دهند و بدن آنها را خشک می کنند و سپس با فشار دو انگشت از ناحیه شکمی به سمت منفذ خروجی تخم (آنال) باعث تخلیه محتویات تخمدان به داخل لگنچه پلاستیکی می گردند. این عمل برای استخراج اسپرم از ماهیان نر نیز به صورت مجزا تکرار می گردد. پس از تخم گیری و استخراج اسپرم به ازاء هر کیلو گرم تخم به میزان یک سی سی اسپرم اضافه می شود و آنها را به آرامی به مدت ۱-۲ دقیقه مخلوط می سازند و عمل افزایش آب برای تسهیل اختلاط به آرامی انجام می شود. شستشوی تخم ها با آب معمولی و به کمک پَر برای از بین بردن چسبندگی آنها بلافاصله بعد از پایان لقاح اجرا می گردد و تا رفع کامل چسبندگی به مدت ۱-۰/۵ ساعت ادامه می یابد.

شکل ۹) تهیه عصاره هیپوفیز



شکل ۱۰) تزریق عصاره هیپوفیز به مولدین



شکل ۱۱) روش تخم گیری از مولدین



شکل ۱۲) لقاح اسپرم و تخمک



شکل ۱۳) انکوباتور "ویس"



شکل ۱۴) فرآیند تخم پروری



پرورش لارو ماهی :

تخم های لقاح یافته را پس از شستشو به انکوباتورهای شیشه ای (ویس) منتقل می کنند. این انکوباتورها به شکل بطری ۸ لیتری هستند که دو طرف آنها باز می باشند و هر بیست عدد از آنها بر روی یک پایه فلزی قرار دارند بطوریکه آب از یک مجرا وارد و از طرف دیگر خارج می شود و باعث حرکت دائمی تخم ها در داخل بطری می گردد. به هر انکوباتور ۷۵۰-۱۵۰ گرم تخم اضافه می شود چنانکه هر گرم آنها از ۷۴-۶۸ عدد تخم تشکیل یافته اند. مسیر جریان آب در انکوباتورها از پائین به سمت بالا است لذا سبب حرکت تخم ها و اکسیژن رسانی می شود ولیکن انکوباتورها هیچگاه نباید سر ریز شوند. پرورش تخم ها تا مرحله تفریخ (hatching) در این انکوباتورها ادامه می یابد ولی پس از تفریخ بلافاصله آنها را به استخرهای خاکی منتقل می کنند.

شکل ۱۵) مرحله خروج بچه ماهیان از تخم ها



شکل ۱۶) استخرهای خاکی پرورش بچه ماهیان



رها سازی بچه ماهیان سفید :

پس از پرورش لاروها و رسیدن آنها به ۱/۲ - ۱ گرمی نسبت به انتقالشان بوسیله تانکرهای مخصوص به رودخانه سفیدرود و سایر رودخانه های گیلان اقدام می شود. البته میزان رها سازی بچه ماهی سفید از سال ۱۳۸۱ ه.ش به بعد به دلیل صید مشارکتی با صیادان بومی دارای نوساناتی بوده است.

جدول ۵) آمار تولید بچه ماهی سفید توسط شیلات ایران طی ۸۴ - ۱۳۷۶ (میلیون عدد)

۱۳۸۴	۱۳۸۳	۱۳۸۲	۱۳۸۱	۱۳۸۰	۱۳۷۹	۱۳۷۸	۱۳۷۷	۱۳۷۶
۲۲۹/۴	۱۷۹/۴	۱۵۵/۰	۲۲۵/۲	۲۳۲/۰	۱۴۷/۴	۱۴۷/۹	۱۴۳/۴	۱۵۴/۴

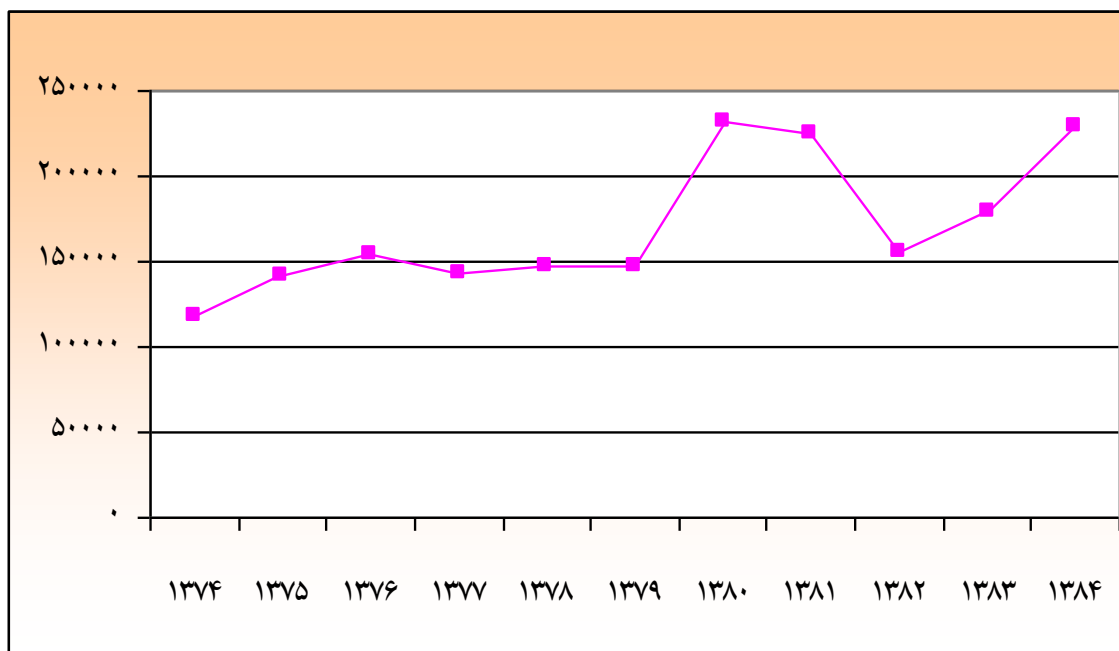
شکل ۱۷) صید بچه ماهیان جهت رها سازی



شکل ۱۸) رها سازی بچه ماهیان در رودخانه ها



شکل ۱۹) نمودار آزاد سازی بچه ماهیان سفید طی سالهای ۸۴-۱۳۷۴ ه.ش



منابع و مآخذ :

- (۱) آذری تاکامی ، ق - تعیین هم آوری ماهی سفید - ۱۳۵۸ - نامه دانشکده دامپزشکی ، شماره ۱
- (۲) بریمانی ، ا - ماهی شناسی و شیلات - ۱۳۵۲ - انتشارات دانشگاه تهران
- (۳) بهمنی ، م - مطالعه فیلوژنیک و رده بندی ماهیان خاویاری - ۱۳۷۶ - انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری
- (۴) پورکاظمی ، م - مدیریت و بازسازی ذخایر پایدار - ۱۳۷۹ - مجموعه مقالات علمی بازسازی ذخایر ؛ معاونت تکثیر و پرورش آبزیان
- (۵) جوشیده ، ه - بررسی رژیم غذایی طبیعی تاسماهی ایرانی - ۱۳۸۵ - پایان نامه کارشناسی ارشد ؛ دانشگاه آزاد لاهیجان
- (۶) رضوی صیاد ، ب - ارزیابی ذخایر و مدیریت ماهیان استخوانی و اقتصادی دریای خزر - ۱۳۷۹ - سازمان شیلات ایران
- (۷) سازمان شیلات ایران - سالنامه های آماری - ۱۳۷۳ لغایت ۱۳۸۳ - دفتر طرح و برنامه شیلات ایران
- (۸) سبحانی ، م - بررسی تکثیر مصنوعی ماهی سفید رودخانه سفیدرود با استفاده از عصاره هیپوفیز - ۱۳۷۷ - شیلات ایران
- (۹) شریعتی ، ا - ماهیان دریای خزر و حوزه آبریز آن - ۱۳۷۱ - سازمان شیلات ایران
- (۱۰) شریعتی ، ا - اکولوژی دریای خزر - ۱۳۷۸ - انتشارات مؤسسه تحقیقات شیلات ایران
- (۱۱) عباسی ، ک - اطلس ماهیان ایران - ۱۳۷۸ - سازمان شیلات ایران
- (۱۲) غازی ، ا - نوسانات دریای خزر و وضعیت رودخانه ولگا و دلتای آن - ۱۳۶۹ - مجله پژوهش های جغرافیایی شماره ۲۶ ، دانشگاه تهران
- (۱۳) فدائی ، ب - بررسی رهاکرد بچه ماهیان خاویاری از زمان رها سازی تا ورود به دریا - ۱۳۸۱ - گزارش نهایی پروژه ؛ سازمان شیلات ایران
- (۱۴) کازرونی منفرد ، ع - بررسی نرماتیو تکثیر ماهی سفید در رودخانه های حوزه جنوبی دریای خزر - ۱۳۷۶ - سازمان شیلات ایران
- (۱۵) کهنه شهری ، م - تکثیر مصنوعی و پرورش ماهیان خاویاری - ۱۳۵۳ - دانشگاه تهران
- (۱۶) کیوان ، آ - ماهیان خاویاری ایران - ۱۳۸۲ - انتشارات نقش مهر
- (۱۷) مرکز تکثیر و پرورش ماهی شهید انصاری - مجموعه گزارشات به کمیسیون بازسازی ذخایر آبزیان - ۱۳۸۰ لغایت ۱۳۸۵ - سازمان شیلات ایران
- (۱۸) مؤمنی ، م - رودخانه سفیدرود - ۱۳۸۴ - مرکز تحقیقات شیلاتی گیلان
- (۱۹) وثوقی ، غ - ماهیان آب شیرین - ۱۳۷۱ - انتشارات دانشگاه گیلان
- 20) Barclay , B – 1993 – Hudson River angler survey : A report on the adherence to fish consumption health advisories among Hudson River anglers – Hudson River sloop Clearwater , Poughkeepsie , NY
- 21) Belton , T & et al – 1986 – Urban fishermen : managing the risks of toxic exposure – Environment 28(9) : 18-20 , 30-37
- 22) Burger , J . K & et al – 1999 – Fishing in urban New Jersey : ethnicity affects information sources , perception and compliance – Risk Analysis , 19:217-229

- 23) Foster , K – 2004 – An evaluation of the possible effects of the proposed narrows reservoir on two stream segments eligible for inclusion in the wild and scenic river system – Matri_La Sal National forest
- 24)Karin , E & et al – 2003 – Fisheries of the Hudson River – Hudson , Limburg
- 25) Kirk , o & et al – 2000 – Fish assemblage structur in relation to environmental variation among Brazos River Oxbow Lakes – The American fisheries Society and Texas A&M University , USA
- 26) Lukyanenko , V . I & et al – 1999 – On the increasing threat of extermination of the unique Caspian Sturgeon population and the urgent measures required to save them – J . Appl. Ichthyol
- 27) <http://www.esf.edu/>
- 28) <http://www.utahrivers.org/>
- 29) <http://wfsc.tamu.edu>

"کاربرد آستاگسانتین در آبی پروری" ؛ "Astaxanthin for fish raising"

گردآوری و تدوین :

اسماعیل پورکاظم ؛ کارشناس ارشد زراعت ؛ مدرّس دانشگاه جامع علمی کاربردی گیلان

مقدمه :

امروزه هر کسی که به سلامتی طبیعی علاقمند است ، قاعداً چیزهای زیادی در مورد فواید "آنتی اکسیدان ها" (antioxidants) شنیده و فراگرفته است اما شاید آشنا نباشند که بسیاری از مواد غذایی فاقد تعدادی از "آنتی اکسیدان ها" هستند. اصولاً زمانیکه انسان به مصرف مواد غذایی فاقد "آنتی اکسیدان های" کافی می پردازد آنگاه سلامتی وی ممکن است در اثر ترکیبات شیمیایی دارای رادیکال های آزاد (free radicals) آسیب ببیند. از جانب دیگر هنگامی که افراد به مصرف مواد غذایی سرشار از "آنتی اکسیدان های" می پردازند ، از شانس بیشتری برای حفظ سلامتی خویش در برابر صدمات مواد غذایی دارای رادیکال های آزاد بهره مند می گردند (۵).

انواع آنتی اکسیدان ها :

"آنتی اکسیدان ها" را بطور کلی در دو گروه اصلی دسته بندی می کنند. البته بدن انسان نیازمند برخورداری از هر دو گروه مذکور می باشد زیرا هر کدام از آنها مسئول محافظت و پاکسازی سلول ها و بافت های بخصوصی از بدن انسان در برابر خسارات حاصل از حضور رادیکال های آزاد هستند (۵).

این دو گروه از "آنتی اکسیدان ها" عبارتند از :

۱) آنتی اکسیدان های محلول در آب :

آنتی اکسیدان های محلول در آب (water-soluble) همواره در محلول های زیستی نظیر : خون ، مایعات درون سلولی و مایعات برون سلولی وجود دارند. آنها با اکسیدان های (oxidants) موجود در "سیتوسول" (cytosol) یعنی "بخش مایع سیتوپلاسم سلول ها" و همچنین پلاسمای خون ایجاد واکنش می نمایند. از جمله آنتی اکسیدان های محلول در آب می توان به : ویتامین C ، گلووتاتیون و کاتچین ها (Catechins) یعنی "ترکیبات اسیدی چای سبز" اشاره نمود (۵).

۲) آنتی اکسیدان های محلول در چربی :

آنتی اکسیدان های محلول در چربی (lipid-soluble) در دیواره های سلولی و "لیپوپروتئین ها" (lipoproteins) موجودند. آنها دیواره های سلولی را از فرآیند "پراکسیداسیون" چربی ها محافظت می کنند. از این قبیل آنتی اکسیدان ها می توان : بتاکاروتن و ویتامین های E و A را نام برد (۵). آنتی اکسیدان ها می توانند مغز ، سیستم عصبی و اسکلت بدن انسان را از مضرات رادیکال های آزاد محافظت نمایند. مواد آنتی اکسیدان قادرند ورزشکاران را در تجدید قوای جسمانی (stamina) ، افزایش استقامت بدنی (endurance) ، بازیابی سریعتر توانایی های تحلیل رفته و کاهش صدمات ماهیچه ای یاری رسانند (۵).

امروزه بیش از ۷۰۰ منبع طبیعی نظیر : فلفل دلمه ای ، چغندر لبویی و گیاهان دریایی سرشار از کاروتنوئیدهای چون بتاکاروتن شناسایی شده اند. بنابراین کاروتنوئیدها را به سادگی می توان با مصرف رژیم غذایی سرشار از تولیدات آلی تازه کسب نمود (۵).

دو نوع از مهمترین منابع غذایی حاوی کاروتنوئیدها عبارتند از :

۱) جلبک های ریز و میکروسکوپی (microalgae) مثل : "هماتوکاکوس" (Haematococcus pluvialis)

۲) جانوران دریایی نظیر : ماهی سالمون ، قزل آلا و سخت پوستان ریز دریایی یا "کریل" (krill) که از جلبک های ریز تغذیه می کنند.

در حالت عادی برای رفع نیازهای بدن انسان به آنتی اکسیدان ها باید روزانه ۲ پوند سالمون اقیانوسی مصرف گردد و این موضوع در صورتی است که سالمون ها از غذاهای حاوی آنتی اکسیدان ها بهره گرفته باشند. این موضوع نیز فراموش نگردد که ماهیان دریایی گواهی که حاوی آنتی اکسیدان ها هستند ولیکن در برخی موارد حاوی عنصر جیوه و سایر فلزات سنگین می باشند که برای سلامتی انسان ها زیان بخشند (۵).

رنگدانه های کاروتنوئیدی :

کاروتنوئیدها (carotenoids) خانواده ای مشتمل بر بیش از ۷۰۰ رنگدانه طبیعی محلول در چربی می باشند که منحصرأ در جانداران زیر تولید می گردند :

۱) فیتوپلانکتون ها (phytoplanktons)

۲) جلبک ها (algae)

۳) گیاهان عالی (plants)

۴) تعداد معدودی از قارچ ها و باکتری ها (fungi & bacteria) (۴).

کاروتنوئیدها مسئول بروز طیف وسیعی از رنگ های طبیعی بویژه رنگ های زرد براق تا قرمز در میوه ها ، سبزیجات و برگ ها هستند. کاروتنوئیدها در گیاهان و جلبک ها دارای مشارکت حیاتی در فرآیند فتوسنتز به موازات کلروفیل و سایر رنگدانه های دریافت کننده نور (light-harvest) می باشند.

به دلیل این که حیوانات قادر به تبدیل کاروتنوئیدها به سایر اشکال مواد زیستی هستند لذا باید این ماده را در جیره غذایی (diet) خویش داشته باشند تا به رشد و نمو مطلوب دست یابند. بعنوان مثال فلامینگوهای

صورتی می توانند جلبک "اسپیریولینا" (spirulina) را از بدنه آب ها بدست آورند و سپس مواد زرد کاروتنوئیدی موجود در آنها نظیر : بتاکاروتن و "زی آکسانتین" را به کاروتنوئیدهای صورتی-قرمز ، "آستاکسانتین" و "کنتاکسانتین" تبدیل سازند. اینگونه کاروتنوئیدهای قرمز متعاقباً در پَرهای زینتی پرنده مذکور رسوب می کنند، تا منبعی برای استخراج رنگ قرمز طبیعی باشند (۴).

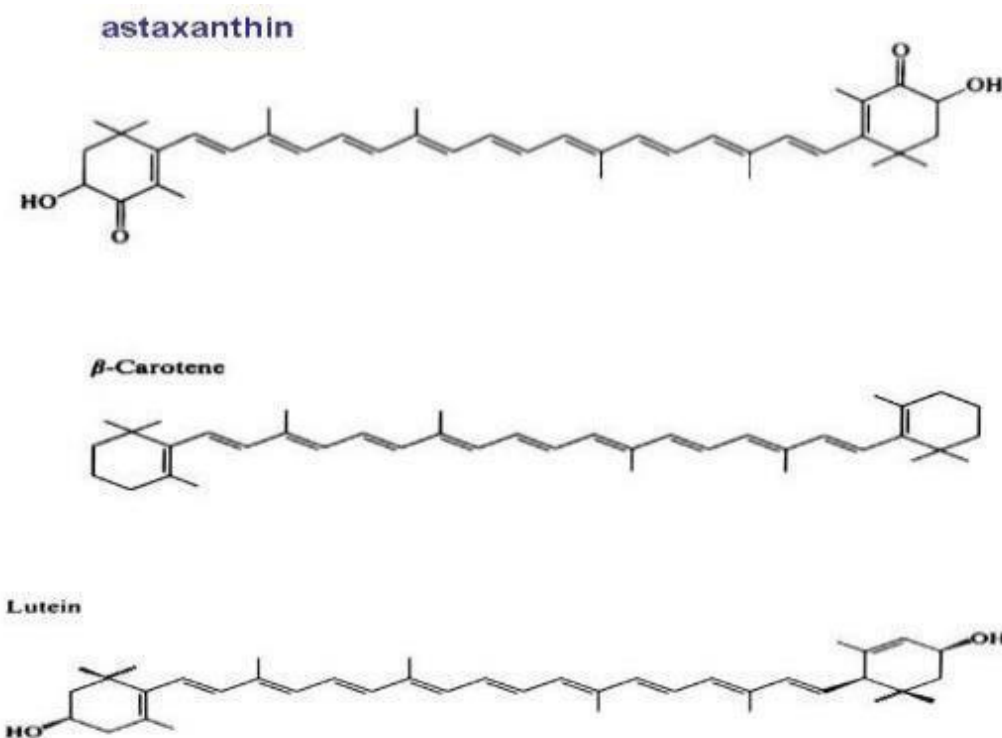
کاروتنوئیدها بویژه "آستاکسانتین" بواسطه توانایی در ایجاد واکنش با اکسیژن منفرد و رادیکال های آزاد متمایزند. جالب اینکه حیوانات در بکارگیری ویژگی های برجسته کاروتنوئیدها از جنبه آنتی اکسیدانی بسیار سازگار و توانا شده اند. بعنوان مثال گونه هایی از ماهیان سرد آبی به تجمع "آستاکسانتین" رژیم غذایی در گوشت خودشان می پردازند تا بدین طریق بافت چربی بدن را از "پراکسیداسیون" (peroxidation) که حالت مضری از اکسیداسیون است، محافظت نمایند. چنین مواردی را براحتی می توان در زمان سرخ کردن گوشت ماهی های سالمون و قزل آلا به وضوح مشاهده کرد (۴).

رنگدانه آستاکسانتین :

"آستاکسانتین" را در مقالات علمی معتبر با اسامی زیر معرفی کرده اند :

"Astaxanthin" ، "Astaxanthine" ، "Astaxanthina" ، "Microalgae" ، "Microalgue" ، "Micro-algae" و "Ovoester" (۷).

"آستاکسانتین" به دسته بزرگی از ترکیبات شیمیایی موسوم به "ترپن ها" (terpens) تعلق دارد. "ترپن ها" موادی هستند که ترکیب شیمیایی آنها از یک آغازگر (precursor) ۵ کربنه تشکیل می یابد (۸).



"آستاگسانتین" که دارای پیگمان های رنگی محلول در چربی است، متشکل از یک مولکول زنجیره ای (خطی) است که بطور متناوب دارای پیوندهای منفرد و دوگانه در بخش مرکزی می باشد. پیوندهای دوگانه این ترکیب مسئول انجام فعالیت های آنتی اکسیدانی "آستاگسانتین" همانند سایر کاروتنوئیدها هستند. این پیوندها از طریق کاهش وابستگی به مرکزیت می توانند الکترون های لازم برای کاهش واکنش های اکسیداسیون مولکولی تأمین نمایند (۸).

"آستاگسانتین" را همچنین در گروه گزانتوفیل ها (Xanthophyll) قرار داده اند که به معنی نشأت گرفته از برگ های زرد است زیرا پیگمان های گروه گزانتوفیل را که زیر مجموعه خانواده کاروتنوئیدها محسوب می گردند، بدو در برگ های زرد تشخیص داده اند درحالیکه امروزه آنها از ترکیبات کاروتنوئیدی حاوی گروه هیدروکسیل (-OH) یا گروه "کتون" (C=O) همانند "زی آکسانتین" (zeaxanthin) و "کانتاگسانتین" (canthaxanthin) می دانند.

"کتوها" (keto) ترکیباتی هستند که دارای گروه "کتون" (ketone) یعنی "CO-" می باشند. بر این اساس "آستاگسانتین" را گاهی "کتوکاروتنوئید" نیز می نامند (۸).

"آستاگسانتین" نوعی رنگدانه قرمز متعلق به گروه ترکیبات شیمیایی موسوم به کاروتنوئیدها است که بطور طبیعی در برخی جلبک ها (algae) وجود دارد و سبب تولید رنگ صورتی تا قرمز در ماهیان سالمون و قزل آلا ، لایستر یا شاه میگو ، میگوهای معمولی آب شور و سایر غذاهای دریایی می گردد (۵،۷).



مهمترین منابع طبیعی دارای رنگدانه های "آستاگسانتین" عبارتند از :

۱) جلبک های ریز میکروسکوپی (microalgae)

۲) مخمرها (yeast)

۳) ماهی سالمون (salmon)

۴) ماهی قزل آلا (trout)

- ۵) میگوهای ریز (krill)
۶) میگوهای معمولی آب شور (shrimp)
۷) خرچنگ آب شیرین (crayfish)
۸) سخت پوستان دریایی (crustacean)
۹) برخی پرندگان (birds) (۸).





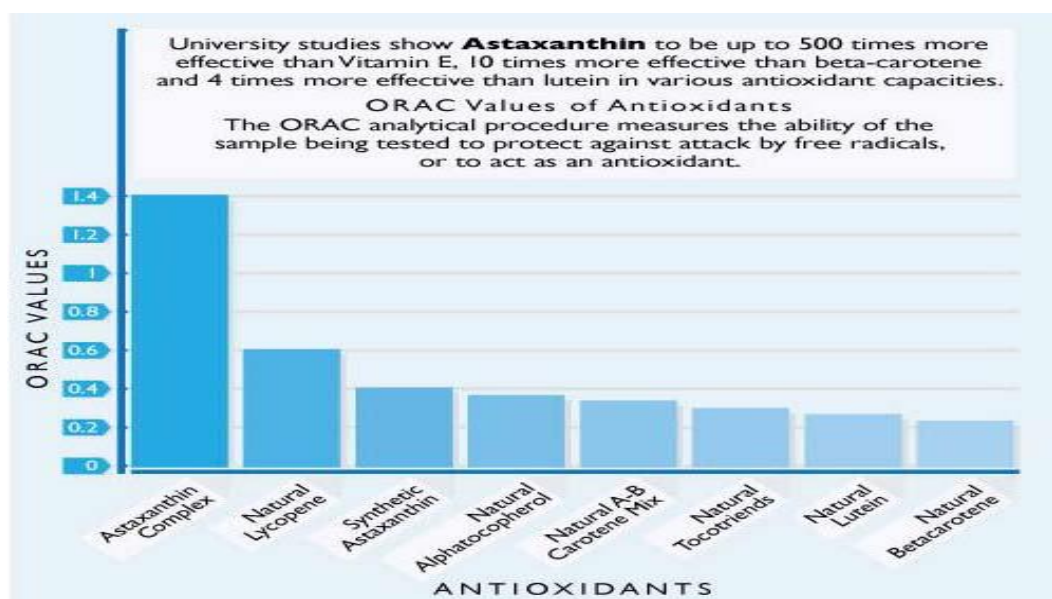
نتایج بسیاری از بررسی ها نشان می دهند که "آستاکسانتین" از جنبه فعالیت آنتی اکسیدانی بهتر از :
بتاکاروتن ، زی آکسانتین ، کانتاکسانتین ، ویتامین C و ویتامین E عمل می کند. تأثیرات مثبت "آستاکسانتین"
در افزایش لیپوپروتئین های بدن به اثبات رسیده است (۴).

متأسفانه "آستاکسانتین" بر خلاف کاروتن و بسیاری دیگر از کاروتنوئیدها در بدن انسان به ویتامین A یا
"retinol" تبدیل نمی شود (۸).

مطالعات دانشگاهی نشان می دهند که "آستاکسانتین" از جنبه فعالیت جزو کاروتنوئیدهای برتر می باشد لذا از
نظر ظرفیت آنتی اکسیدانی حدوداً :
۵۵۰ برابر قوی تر از "کاتچین ها" (catechin) ،
۵۰۰ برابر مؤثرتر از ویتامین E ،
۶۵ برابر قوی تر از ویتامین C ،
۱۰ برابر مؤثرتر از بتاکاروتن و
۴ برابر بهتر از "لوتئین" (lutein) است (۵،۶).



ارزش "اوراک" (ORAC) آنتی اکسیدان ها مقیاسی برای توانایی نمونه های آزمایشی آنان در محافظت از تهاجمات رادیکال های آزاد به عنوان یک آنتی اکسیدان می باشد (۵). امروزه "آستاکسانتین های" صنعتی - تجاری" را از هر دو منبع طبیعی و مصنوعی تهیه و عرضه می کنند. ساخت "آستاکسانتین" مصنوعی در سال ۱۹۷۵ میلادی توسط گروه پروفیسور "Basil Weedon" انجام پذیرفت. "آستاکسانتین" مصنوعی را از طریق واکنش های شیمیایی ترکیبات نفتی بدست می آورند. از اینگونه مواد مضر گاهاً در پرورش ماهیانی نظیر سالمون ، تیلاپیا و صدف های دریایی (shellfish) بهره می گیرند تا به تشکیل رنگدانه ها کمک نماید و در نتیجه ماهیانی با گوشت صورتی ، نارنجی و قرمز تولید شوند. آبریزی که با "آستاکسانتین" مصنوعی حاصل از مواد نفتی پرورش می یابند، اصولاً برای مصارف انسانی توصیه نمی گردند (۵،۸).



- بکارگیری "آستاکسانتین های" طبیعی برای پرورش آبزیان دارای برتری های زیر است :
- (۱) "آستاکسانتین" طبیعی در حدود ۲۰ برابر قوی تر از انواع مصنوعی آن است.
 - (۲) سالمون های دریایی نسبتاً گران تر از سالمون های پرورشی هستند.
 - (۳) سالمون های دریایی حاوی مقادیر زیادی از عنصر جیوه و سایر فلزات سنگین نیز هستند که برای سلامتی انسان مضرند (۵).



امروزه روغن هایی که از سخت پوستان ریز دریایی (کریل) تهیه می شوند و بوفور در سوپر مارکت ها عرضه می گردند، از جمله غنی ترین منابع "آستاکسانتین" بشمار می آیند. "آستاکسانتین" همانند سایر کاروتنوئیدها دارای محدودیت جذب از خوردنی ها است. بعلاوه مصرف مازاد آن فقط ایجاد مسمومیت سبک و بدون علائم می نماید. بنابراین این ماده رنگدانه ای را می توان بعنوان یک مکمل غذایی (food supplement) در رژیم غذایی مصرف نمود زیرا مکمل ها از ضروریات زندگی بهینه انسان ، حیوانات خشکی و آبزیان می باشند. برخی پژوهش ها مؤید آن هستند که دُز مورد نیاز بدن انسان معمولی بطور روزانه حدود ۸-۴ میلی گرم است که با مصرف روزانه ۴-۳ اونس (هر اونس معادل ۲۸-۳۵ گرم) گوشت سالمون حاصل می آید.

دانشمندان میزان مصرف روزانه "آستاکسانتین" برای ورزشکاران را ۱۲-۸ میلی گرم تعیین کرده اند. بررسی ها نشان می دهند که هر ۶-۴ اونس ماهی سالمون دارای ۳-۲ میلی گرم آستاکسانتین است (۵،۶،۸).



از "آستاکسانتین" سنتزی گاهاً در برنامه غذایی انسان استفاده می شود. پژوهندگان معتقدند به جهت اینکه "آستاکسانتین" دارای فعالیت آنتی اکسیدانی قوی می باشد لذا ممکن است در مواردی چون: بیماری های قلبی، نقص ایمنی، برافروختگی و ناراحتی های عصبی مفید باشد و بدن انسان را در برابر صدمات اکسیداسیون بافت ها و تابش UV محافظت نماید. آنالیز اطلاعات پژوهشی در سال ۲۰۱۵ میلادی نشان داده است که نیاز روزانه افراد بشر به "آستاکسانتین" بر اساس میزان فعالیت آنها از حدود ۲۰-۴ میلی گرم تغییر می نماید (۸).

کمیسیون اروپایی (European Commission) پیگمان "آستاکسانتین" را از سال ۱۹۹۷ میلادی بعنوان رنگ غذایی (food dye) با شماره ثبت E161j گواهی نموده است. اداره غذا و داروی آمریکا یا "FDA" (Food and Drug Administration) نیز "آستاکسانتین" را در سال ۲۰۰۹ میلادی بعنوان رنگ افزودنی (color additive) یا رنگ غذایی (food coloring) منحصرأً برای مصارف غذایی حیوانات و آبریان پرورشی تأیید کرد. اداره مزبور کلیه رنگ های غذایی تجارتي و مجاز را که در مکمل های جیره حیوانات و آبریان بکار می روند، به شرح زیر بر می شمارد: آستاکسانتین، آلترامارین بلو، کنتاکسانتین، اکسید آهن سنتزی، پودر جلبک های خشک، پودر تاجت ها و مخمر فافیا (۸).

"آستاکسانتین" مصرفی در بدن انسان حداقل از ۵ مسیر افروزش یا احتراقی (inflammation pathway) متفاوت برای بی اثر کردن آثار مخرب رادیکال های آزاد عمل می نماید. مهمترین آثار مفید "آستاکسانتین" در بدن انسان عبارتند از:

- ۱) مانع زوال عقل، جلوگیری از آلزایمر و پارکینسون
- ۲) ممانعت از ازدیاد لکه های پوستی ناشی از سالخوردگی
- ۳) کاهش تیرگی چشم منتج به کاهش بینایی ناشی از سالخوردگی (AMD)

- ۴) کاهش عوارض ناشی از رژیم گیاهخواری (veganist)
- ۵) کاستن از صدمات احتمالی ناشی از مصرف مواد غذایی تراریخته (GMO) در انسان و دام
- ۶) تسکین اثرات مخرب مصرف الکل
- ۷) مفید برای افراد مبتلا به بیماری های بطنی
- ۸) محافظت از پوست بدن در برابر آفتاب از طریق استعمال خارجی
- ۹) تنظیم ضربان قلب و جلوگیری از سکته مغزی
- ۱۰) کاهش ابتلا به سرطان ها
- ۱۱) کاهش صدمات سلولی و بهبود فعالیت میتوکندری ها
- ۱۲) کاهش صدمات ناشی از کلسترول زیاد
- ۱۳) بهبود عملکرد سیستم ایمنی بدن (۶،۷).

Great Deal!

Antioxidant Pack

3-Month Supply



Includes:

- Astaxanthin with ALA (90 Capsules)
- Ubiquinol (90 Capsules)
- Purple Defense (90 Capsules)

MSRP: \$192.25
Your Price: \$112.00
Savings: \$80.25 (41%)

Joint Support Pack

1 Month Supply



Includes:

- Astaxanthin with ALA (30 Capsules)
- Joint Formula (30 Capsules)
- Krill Oil (60 Capsules)

MSRP: \$87.48
Your Price: \$63.97
Savings: \$23.52 (26%)

Select Krill Type:

"استاکسانتین" برای موارد زیر بعنوان دارو تجویز می گردد :

۱) ناراحتی های چشمی (eye problems) از جمله ایجاد نقاط تیره در اثر سالخوردگی (AMD) . پژوهش های اولیه نشان می دهند که ترکیبی شامل : آستاکسانتین ، لوتنین ، زی آکسانتین ، ویتامین E ، ویتامین C ، روی و مس می توانند در طی ۱۲ ماه موجب بهبود تیرگی بخش مرکزی چشم شوند اما قادر به رفع ضایعات بخش بیرونی آن نخواهند بود.

۲) علائم فشارکاهی مچی (Carpal tunnel syndrome)

۳) سوء هاضمه (indigestion)

۴) صدمات ماهیچه ای ناشی از ورزش (muscle soreness)

۵) بالا بودن کلسترول (high cholesterol)

۶) عقیمی مردان (male infertility)

۷) علائم یائسگی (menopausal symptoms)

۸) آرتروز روماتیسمی (rheumatoid arthritis)

۹) چروکیدگی پوست (wrinkled skin)

۱۰) بیماری آلزایمر (Alzheimer)

۱۱) بیماری پارکینسون (Parkinson)

۱۲) نقاهت بعد از عارضه سکته

۱۳) جلوگیری از سرطان ها

۱۴) ممانعت از صدمات پوستی ناشی از تابش UV (۷).



محققین مصرف روزانه "آستاکسانتین" را به میزان ۴-۴۰ میلی گرم برای مدت ۱۲ هفته کاملاً بی خطر می دانند ولیکن مصرف آنرا در ترکیب با سایر کاروتنوئیدها ، ویتامین ها و مواد معدنی به میزان ۴ میلی گرم در روز برای مدت ۱۲ ماه توصیه می کنند.

مصرف "آستاکسانتین" برای زنان حامله و یا شیرده جائز نیست.

میزان مصرف مناسب "آستاکسانتین" به عوامل زیر بستگی دارد :
سن ، سلامتی و برخی شرایط دیگر . هرگز نباید تصور گردد که مواد طبیعی در دزهای مختلف کاملاً برای بدن انسان بی خطر هستند بلکه شایسته است تا به موارد و میزان کاربرد آنها که بر روی برجسب ها درج شده اند ، دقیقاً توجه و کاملاً مراعات گردند (۷).



منابع سنتز آستاکسانتین :

تقریباً تمامی "آستاکسانتین" تجارتی که در "آکواچر" (aquaculture) مصرف می شوند، از انواع سنتزی حاصل از منابع طبیعی است که دارای گردش مالی سالانه بیش از ۲۰۰ میلیون دلار می باشد. گزارشات نشان می دهند که هر کیلوگرم از "آستاکسانتین" به صورت خرده فروشی به مبلغ ۵-۶ هزار دلار طی سال ۲۰۱۲ بفروش رفته اند. انواع سنتزی "آستاکسانتین" در بسیاری موارد ترجیح داده نمی شوند زیرا آنها حاوی مخلوطی از "استریوایزومرها" (stereoisomers) هستند. بعلاوه هزینه تولید مصنوعی "آستاکسانتین" نسبتاً زیاد است که این موضوع به دلیل فقدان سیستم های تولید تخمیری آن می باشد (۸).
مهندسی متابولیسم باکتری "اشرشیا کولی" (*Escherichia coli*) اخیراً امکان تولید "آستاکسانتین" با استفاده از ۹۰ درصد انواع کاروتنوئیدها را فراهم ساخته است. بیوسنتز "آستاکسانتین" از بتاکاروتن بوسیله "زی آکسانتین" یا "کانتاآکسانتین" انجام می گیرد. در زمان حاضر از "آستاکسانتین" سنتزی بعنوان مکمل غذایی در پرورش : سالمون ، خرچنگ ها ، میگو ، لابستر ، مرغ های گوشتی و تولید تخم مرغ بهره می برند ولیکن بیشترین کاربرد آن به شکل افزودنی غذایی (food additive) برای افزایش رنگ محصولات از

جمله بهبود رنگ گوشت سالمون و پُررنگ کردن زرده تخم مرغ است. پیگمان های کاروتنوئید سنتزی در رنگ های زرد ، قرمز و نارنجی موجودند و مصرف آنها در رژیم غذایی حدوداً ۲۵-۱۵ درصد هزینه های مصرفی سالمون های پرورشی را تشکیل می دهند (۸).

"آستاکسانتین" در اغلب ارگانیزم های آبزی قرمز رنگ وجود دارد ولیکن مقدار آن از گونه ای به گونه دیگر و از فردی به فرد دیگر بر اساس شرایط زندگی و رژیم غذایی آنان متفاوت است. "آستاکسانتین و سایر ترکیبات شیمیایی "آستا-کاروتنوئید" (asta-carotenoid) را می توان در برخی از گونه های گلشنک (lichen) مناطق قطبی نیز مشاهده کرد (۸).

نخستین منابع طبیعی تولید "آستاکسانتین" تجارتي عبارتند از :

- ۱) میگوهای ریز اقیانوس آرام با نام علمی "Euphausia pacifica"
- ۲) میگوهای ریز نواحی قطب جنوب با نام علمی "Euphausia superb"
- ۳) جلبک های ریز دریایی (Haematococcus pluvialis)
- ۴) میگوهای نواحی قطب شمال با نام علمی "Pandalus borealis"
- ۵) نوعی مخمر با نام علمی "Xanthophyllomyces dendrorhous" یا "Phaffia rhodozyma" (۸).

«جدول ۱) غلظت آستاکسانتین در منابع غذایی طبیعی (۸):»

ردیف	منبع	غلظت آستاکسانتین (ppm)
۱	سالمونیدها	۵
۲	پلانکتون ها	۶۰
۳	میگوهای ریز (کریل)	۱۲۰
۴	میگوهای ناحیه قطب شمال	۱۲۰۰
۵	مخمر فافیا	۱۰۰۰۰
۶	جلبک های ریز	۴۰۰۰۰

جلبک ها یا "آلگ ها" (algae) نخستین منابع طبیعی "آستاکسانتین" در زنجیره غذایی آبزیان به حساب می آید. جلبک های ریز دریایی بیشترین ماده "آستاکسانتین" را در خودشان تجمع می نمایند بطوریکه از هر کیلوگرم بیوماس خشک آنها می توان بیش از ۴۰ گرم "آستاکسانتین" بدست آورد (۸).



Cyanotech Corporation natural *Haematococcus* algae astaxanthin production facility in Kailua-Kona, Hawaii. The large ponds hold approximately 500 cubic meters of algal culture.

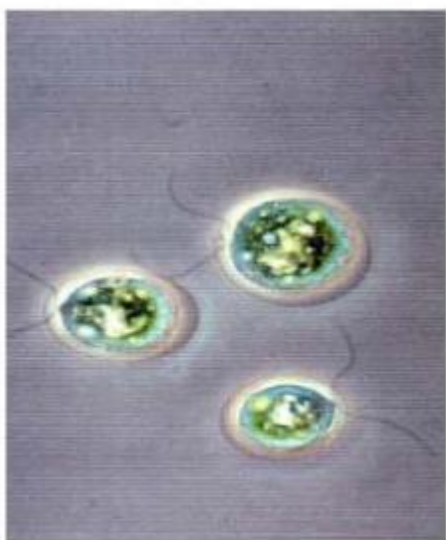
جلبک های ریز دریایی از این مزیت برخوردارند که جمعیت آنان در هر هفته دو برابر می شود. این جلبک ها در طی دو فاز رشد می کنند :

۱) فاز سبز (green phase) :

سلول های جلبک ریز دریایی در طی این مرحله به کسب مقادیر زیادی از عناصر غذایی برای تکثیر می پردازند.

۲) فاز قرمز (red phase) :

سلول های جلبک ریز دریایی در طی این مرحله در اثر وقوع تنش ها از عناصر غذایی محروم می شوند و با قرار گرفتن در برابر نور شدید خورشید ضمن مرحله ای موسوم به "کاروتوژنز" (carotogenesis) به تولید رنگدانه هایی نظیر "آستاگسانتین" می پردازند که نوعی مکانیزم محافظتی در مقابل تنش های محیطی است. چنین سلول هایی که حاوی بالاترین غلظت "آستاگسانتین" هستند، بموقع برای تولید صنعتی برداشت می شوند (۸).



(a)



(b)

Haematococcus pluvialis. Vegetative cells (a) and astaxanthin-rich resting spores (b).

مخمر "فافیا" نیز به تولید "آستاکسانتین" ۱۰۰ درصد آزاد و استری نشده (non-esterified) می پردازد. اینگونه "آستاکسانتین" سریعتر جذب بدن می شود و برای هضم شدن در کالبد ماهیان نیازی به فرآیند هیدرولیز ندارند (۸).

ماده "آستاکسانتین" در صدف های دریایی عمدتاً در پوسته صدفی و با مقادیر کم در گوشت آنها ذخیره می شوند که اغلب فقط در طی پخته شدن قابل مشاهده اند زیرا پیگمان ها از پروتئین های پخته شده در اثر شکستن ترکیبات شیمیایی تفکیک می گردند (۸).

"آستاکسانتین" تجارتي را همچنین از فرآیند ضایعات میگوها بدست می آورند بطوریکه هر ۱۲ هزار پوند از پوسته تازه میگوها می تواند به تولید ۸-۶ گالن مخلوط روغنی "آستاکسانتین/تری گلیسیرید" بینجامد (۸).

بیوآستین ؛ پیش ماده طبیعی آستاکسانتین :

رنگدانه "بتاکاروتن" را که برای نخستین دفعه از هویج (carrot) جداسازی نموده اند ، احتمالاً مشهورترین عضو خانواده "کاروتنوئیدها" به حساب می آید درحالیکه "آستاکسانتین" را از نظر فعالیت پادشاه خانواده "کاروتنوئیدها" می دانند. معمولاً "بتاکاروتن" را جزو "کاروتنوئیدها" بشمار آورده اند درحالیکه بر خلاف سایر "کاروتنوئیدها" از جمله "لوتنین" که دارای گروه های اکسیژنه (oxygenated) هستند ، "بتاکاروتن" دارای گروه های "گزانتوفیل" (xanthophylls) می باشد. "آستاکسانتین" در مقایسه با "بتاکاروتن" دارای ۲ گروه اکسیژنه بر هر ساختار حلقوی اش می باشد و این موضوع موجب بروز رنگ قرمز تیره و فعالیت آنتی اکسیدانی فوق العاده می گردد و بدینگونه آنرا سرآمد گزانتوفیل قرار می دهد (۳).

رنگدانه "آستاکسانتین" برای اولین دفعه در سال ۱۹۳۸ میلادی از لایسترها جداسازی و شناسایی گردید ولیکن متعاقباً آنرا در پرندگان ، میگوهای دریایی (shrimp) ، خرچنگ ها (crab) ، خرچنگ خاردار (crawfish) ، ماهی سیم دریایی (sea bream) ، گیاهان ، ماهی سالمون و قزل آلا (trout) یافتند (۳). برخی حیوانات بنحوی باور نکردنی تمایل به بهره مندی از خصوصیات آنتی اکسیدانی "آستاکسانتین" دارند. یک نمونه ملموس اینکه ماهیان سالمون هزاران مایل مهاجرت می کنند تا به تخم ریزی (spawning) در محل زادگاه خویش بپردازند. سالمون به تجمیع "آستاکسانتین" از جیره غذایی می پردازد سپس آنرا در بافت ماهیچه ای که تا میزان ۶۵ درصد حجم بدن وی است ، ذخیره می سازد.



مادر طبیعت "آستاکسانتین" را برای محافظت از اسیدهای چرب و سایر ترکیبات سلولی حساس از "تنش اکسیداتیو" (oxidative stress) در طی فعالیت های هوازی وقایع مهاجرت بکار گرفته است. وجود رنگیزه های صورتی متمایل به قرمز گوشت سالمون و قزل آلا را می توان در ضمن سرخ کردن بخوبی مشاهده نمود. به این موضوع باید با دقت توجه داشت که ماهی سالمون ماده در آغاز مجدد سیکل زندگی به تخم ریزی اقدام می ورزد. چنین تخم هایی مملو از رنگیزه های "آستاکسانتین" هستند تا تخم ها را از تشعشع UV و عوامل محیطی اکسیداتیو محفوظ دارند و بدین ترتیب بیشترین شانس بقاء را برای نسل آتی فراهم سازند. در حقیقت بچه ماهیان (juveniles) سالمون های اقیانوس اطلس به "آستاکسانتین" بعنوان ویتامین برای رشد و نمو طبیعی محتاجند (۳).

جلبک میکروسکوپی "هماتوکاکوس" (haematococcus) از منابع طبیعی غنی از "آستاکسانتین" است که در تالاب های آب شیرین سراسر جهان یافت می گردد. واژه "هماتوکاکوس" منبعث از واژه لاتین یا یونانی "haem" به معنی خون و "coccus" به معنی بذر است که جمعاً به معنی "بذور خونی" (blood-seed) می باشند. این رنگ در وضعیت تحت تنش و طی شرایط زمستانگردانی در جلبک ایجاد می گردد. این جلبک در طی شرایط مناسب به رنگ سبز و قادر به حرکت و جنبش است و به جستجوی عناصر غذایی درون آب می پردازد اما زمانی که استخرها عاری از عناصر غذایی گردند و یا خشکانده شوند آنگاه سلول های جلبک

وارد فاز زمستانگذرانی (hibernation) می شوند و ضمن آن به تولید مقادیر زیادی از "آستاکسانتین" به منظور محافظت از تابش اشعه ماوراء بنفش (UV) خورشید و فرآیند اکسیداسیون اقدام می ورزند (۳).

موقعی که مرحله "کیست شدن" (encysting) جلبک به پایان رسید ، آنگاه آنها حاوی ۴-۱/۵ درصد (معادل ۱۵-۴۰ هزار پی پی ام) "آستاکسانتین" در ماده ماده خشک خواهند بود. سلول های "کیست" می توانند به حالت دورمانسی برای سال ها باقی بمانند تا زمان شرایط مناسب فرا برسد. سلول های "کیست شده" با فرارسیدن شرایط مطلوب اقدام به جوانه زنی (تفریخ) می کنند و مجدداً تبدیل به سلول های متحرک (motile cell) سبز رنگ می گردند. در این اوقات ممکن است جلبک "هماتوکاکوس" را به شکل لایه ای به رنگ قرمز تیره در معادن سنگ قدیمی (rock quarry) و یا در محل آبتنی پرندگان (birdbath) مشاهده کنید (۳).

از دیگر منابع "آستاکسانتین" می توان به مخمر "فافیا" (phaffia) اشاره نمود که در بسیاری مواقع بر روی پوست برخی درختان رشد می کند. مخمر "فافیا" در شرایط طبیعی حاوی ۴۰۰-۲۰۰ پی پی ام "آستاکسانتین" است ولیکن میزان "آستاکسانتین" آن را در نژادهای تجارتي تغییر یافته ژنتیکی (GM) تا ۸۰۰۰ پی پی ام افزایش داده اند (۳).



روغن "کریل" (krill oil) به عنوان یک منبع دیگر "آستاکسانتین" مطرح است اما این ماده با وجود اینکه دارای بوی آزار دهنده "طعم ماهی" (fishy odor) است ، فقط حاوی ۱۲۰۰ پی پی ام "آستاکسانتین" می باشد، ضمن اینکه منابع آن نیز بسیار محدودند (۳). "آستاکسانتین" مصنوعی نیز توسط تعدادی از شرکت ها از طریق واکنش ترکیبات شیمیایی تولید می شود ولیکن شباهت چندانی به نوع طبیعی آن ندارد. تحقیقات اخیر مؤسسه غذا و داروی آمریکا (FDA) نشان می دهد که متوسط "آستاکسانتین" در گوشت ماهیان سالمون حدوداً ۴۰-۵ پی پی ام است (۳).

«جدول ۲) غلظت آستاگسانتین در گوشت انواع ماهی سالمون (۳):»

نوع ماهی سالمون	دامنه غلظت (mg/kg)	متوسط غلظت (mg/kg)
Sockeye	۵۸-۳۰	۴۰/۴
Coho	۲۸-۹	۱۳/۸
Pink	۷-۳	۵/۴
Chum	۸-۱	۵/۶
Chinook king	۲۲-۱	۸/۹
Atlantic	۷-۵	۵/۳

Bio Astin



آشنایی با محصول تجارتی سیانوتک :

"سیانوتک" (Cyanotech) از جمله محصولات تجارتی حاوی "آستاگسانتین" طبیعی می باشد که در سال ۱۹۸۳ میلادی معرفی گردید. این ماده را از انواع جلبک های ریز "اسپیروولینا" (spirulina) از جمله جلبک "هماتوکاکوس" تهیه می کنند. این جلبک ها توسط شرکت "سیانوتک" در مزارع پرورش واقع در سواحل "کنوا" ایالت هاوایی آمریکا پرورش می یابند. منطقه مزبور دارای تابش شدید نور خورشید ، شرایط آب و هوایی گرم و بارندگی کم (حدود ۱۲ اینچ) در تمامی سال می باشد. این شرکت برای تهیه سیستم پرورش نیز از طریق پمپاژ آب خنک اعماق ۲ هزار فوتی دریا عمل می نماید (۶).



تولید رنگدانه های کاروتنوئیدی در سالمون ها :

تولید رنگ (coloration) در بسیاری از غذاهای دریایی (seafood) به دلیل حضور رنگدانه های کاروتنوئیدی است. بعلاوه تولید رنگ در گوشت گونه های آبی از جمله : سالمون ، جانوران اسکلت خارجی (exoskeleton) ، میگوهای عضلانی دارای پوشش خارجی ، لابستر یا شاه میگو (lobster) و دیگر سخت پوستان کاسه پشت (carapace) ، ماهی هایی با جلد زرد و قرمز ، نرم تنان دارای غدد جنسی و نرم تنان دریایی تکامل یافته یا "هپاتوپانکراس" (hepatopancreas) از اهمیت فراوانی برخوردار می باشد (۱).

امروزه بسیاری از مصرف کنندگان آبریان ترجیح می دهند که از سالمون هایی با گوشت قرمز رنگ استفاده نمایند و این موضوع بازتابی از بهبود نگرش آحاد جامعه از تأثیرات مفید چنین محصولاتی بر سلامتی انسان است. مطالعات اخیر نشان می دهند که رژیم های غذایی حاوی کاروتنوئیدها برای ایجاد رنگدانه ها در بافت ماهیچه ای می توانند تولید ترکیبات شیمیایی قابل ملاحظه ای با خصوصیات بارز را سبب گردند (۱).



ایجاد رنگدانه در گوشت ماهیان سالمون جزو پارامترهای مهم کیفی محسوب می گردد لذا برای کسب بهترین شرایط بازاریابی به تغذیه سالمون های پرورشی با رژیم های حاوی رنگدانه ها بسیار اهمیت قائلند. رنگدانه هایی چون "آستاگزانتین" و "کانتاگزانتین" (canthaxanthin) از جمله کاروتنوئیدهایی هستند که به صورت مجرد یا ترکیبی برای ایجاد رنگیزه ها در گوشت ماهی سالمون بکار می روند. افزودن کاروتنوئیدها در جیره غذایی حیوانات پرورشی گران است گوا اینکه منحصراً کمتر از ۲۰ درصد کاروتنوئیدهای جیره غذایی در تولید پیگمان های گوشت بدن اینگونه حیوانات از جمله ماهی سالمون مشارکت می جویند (۱).

بررسی های متعدد نشان داده اند که "آستاگزانتین" به سادگی می تواند در بافت ماهیچه ای ، کبد و پلاسمای ماهیان تجمع یابد. اثرات مثبت مواد لیپیدی بر رسوبات کاروتنوئیدی بافت ماهیچه ای اختصاصاً در صورت بروز واکنش های متقابل با "ماکرونوترینت ها" ظاهر می گردند. تجربیات ثابت نموده است که رنگیزه "آستاگزانتین" هیچگونه تأثیر منفی بر طعم فرآورده های گوشتی ندارد. استفاده از "آستاگزانتین" در جیره غذایی آبزیان می تواند به افزایش هزینه های پرورش به میزان ۲۰-۱۵ درصد منجر گردد. انواع ماهی سالمون از قابلیت نگهداری و ضبط کاروتنوئیدهای موجود در جیره غذایی فقط تا میزان ۲۲-۲ درصد برخوردارند (۱).

پژوهندگان به آن حد معتقدند که "کانتاگزانتین" و "آستاگزانتین" باید اهمیتی همانند ویتامین ها در جیره غذایی ماهیان داشته باشند بطوریکه حداقل به میزان ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک به جیره غذایی حیوانات پرورشی اضافه گردند. بواسطه اینکه ایجاد رنگ در گوشت ماهیان پرورشی بر میزان پذیرش متقاضیان و ارزش بازاری محصول می افزاید لذا لزوماً باید اطلاعات کافی از شیوه انجام آن در گونه های مختلف ماهی سالمون حاصل آید (۱).

این نتایج همچنین مؤید اینکه ترکیبات روغنی و "توکوفرول" (tocopherol) می توانند تا حدودی بر اثرات مثبت بکارگیری کاروتنوئیدها بیفزایند. باید توجه داشت که کاروتنوئیدها بسیار به کندی جذب می شوند سپس به صورت توده ای و غیر فعال (passive) پخش می گردند. پژوهش ها تأیید کرده اند که تنها ۶۰ درصد کاروتنوئیدهای جذب شده در بدن ماهیان متابولیزه می گردند. این موضوع همچنین بیان می دارد که بخشی از کاروتنوئیدهای مزبور به "ایدوکسانتین" (Idoxanthin) تبدیل می گردد که آن هم سریعاً تشکیل "آستاگسانتین" را می دهد (۱).

کاروتنوئیدها پس از متابولیزه شدن در بخش های مختلف بدن پراکنده می گردند. این رنگدانه ها می توانند تحت تأثیر هورمون های جنسی واقع شوند. دانشمندان در بسیاری موارد اثرات مفید "آستاگسانتین" بر رشد و مقاومت به بیماری ها را بواسطه فعالیت های آنتی اکسیدانی آنها دانسته اند (۱).



یودر جلبک بعنوان آستاگسانتین طبیعی برای تغذیه در آکواکالچر:

رنگ های زمینه صورتی تا قرمز گوشت ماهیان سالمون و قزل آلا از مشخصات بارز اینگونه آبزیان محسوب می شوند و موجب می گردند تا تقاضای مصرف چنین ماهیانی (وحشی یا پرورشی) به شدت افزایش یابد. بعلاوه مصرف کنندگان غذاهای دریایی ترجیح می دهند که لابسترها، میگوها و خرچنگ ها دارای رنگ مایه ای از قرمزی در پوسته و گوشت هایشان باشند. رنگدانه ای (پیگمانی) که مسئول بروز تمامی این قبیل رنگ های مطلوب در حیوانات غذایی هستند، را کاروتنوئید "آستاگسانتین" می نامند. چنین جانورانی به دلیل اینکه قادر به سنتز بیوشیمیایی "آستاگسانتین" نیستند لذا باید رنگدانه ها یا پیش ماده های (precursor) تولید آنها را در جیره غذایی (diet) خویش داشته باشند (۲).

در عالم وحش جاندارانی چون : گیاهان ، قارچ ها ، باکتری ها و بویژه جلبک ها به تولید "آستاکسانتین" می پردازند. زنجیره غذایی حاوی پیگمان "آستاکسانتین" از تغذیه جلبک های ریز و میکروسکوپی (microalgae) توسط "زنوپلانکتون ها" (zooplankton) آغاز می شود و سپس توسط سخت پوستان (crustacean) و ماهیان تداوم می یابد (۲).

در مزارع پرورش آبزیان نیز سخت پوستان و سالمون ها با تغذیه از غذاها و مکمل های حاوی پیگمان هایی چون "آستاکسانتین" به تولید رنگ مشابه عالم وحش می پردازند. چنین عواملی باعث شده اند که دست اندرکاران به تولید "آستاکسانتین" از منابع طبیعی علاقمند گردند.

مهمترین منابع "آستاکسانتین" طبیعی عبارتند از :

(۱) روغن استخراجی از خرچنگ دریایی (cryfish oil)

(۲) روغن استخراجی از میگوهای ریز دریایی (krill oil)

(۳) مخمر قرمز "Xanthophyllomyces" با نام قبیلی "Phaffia rhodozyma"

(۴) جلبک سبز آب شیرین "Haematococcus pluvialis" (۲).



در این میان سخت پوستان (خرچنگ ، میگو) و مخمرها (yeast) دارای کمترین غلظت "آستاکسانتین" به میزان ۰/۴۰-۰/۱۵ درصد وزن خشک می باشند لذا برای تهیه "آستاکسانتین" تجارتي در قیاس با جلبک هایی با بیش از ۰/۳ درصد "آستاکسانتین" در وزن خشک از مقبولیت کمتری برخوردارند.

امروزه پودر جلبک "هماتوکاکوس" در ایالات متحده آمریکا ، ژاپن و کانادا به جیره غذایی سالمون ، قزل آلا ، میگوهای آب شیرین (prawn) ، ماهیان زینتی و ماهی "سیم" دریایی (sea bream) بطور معمول افزوده می شود (۲).



جلبک ریز و میکروسکوپی "هماتوکاکوس" از گونه های تک سلولی عادی حاوی کلروفیل است که در مناطق معتدله جهان پراکنده می باشد. این جلبک در بهترین شرایط رشد به رنگ قرمز و به حالت شناور آزاد می باشد. ارگانیزم مزبور در شرایط تنش ناشی از کمبود عناصر غذایی ، نور زیاد یا شرایط محیطی نامطلوب سریعاً به تشکیل اسپور (هاگ) و تجمع "آستاکسانتین" می پردازد.

اینگونه رنگ های قرمز خونی غالباً در استخرهای صخره ای و محل های آبتنی پرندگان پس از خشک شدن آب در اثر تابش خورشید مشاهده می شوند. اسپورهای قرمز رنگ جلبک "هماتوکاکوس" پس از طی دوره دورمانسی و با مساعد شدن شرایط آب و هوایی به جوانه زنی یا "تفریح" (hatch) می پردازند و به صورت سلول های شناور در می آیند (۲).

SWEET POTATOES: A Tasty Treat for Your Health



دو مورد از چالش های پرورش جلبک "هماتوکاکوس" عبارتند از :

(۱) این جلبک نیازمند محیط رشد حاوی عناصر غذایی کافی با PH خنثی است لذا ممکن است بروز آلودگی در اثر دیگر نژادهای جلبک مزبور و "پروتوزوا" (protozoa) باعث مشکلاتی گردد.

(۲) برای اینکه اسپورهای جلبک قادر به جوانه زنی باشند، لاجرم باید دیواره های سلولی آنها در دستگاه هاضمه حیوانات تخریب گردند. عمل ایجاد شکاف در دیواره اسپورها را در مؤسسات پیشرفته با آسیاب های ویژه ای انجام می دهند. در چنین مواقعی برای افزایش ماندگاری اسپورها اقدام به پاشیدن آنتی اکسیدان هایی نظیر "اتوکسی کیون" (ethoxyquin) بر روی آنها می نمایند (۲).



شرکت هایی چون "سیانوتک" (Cyanotech) مستقر در جزایر هاوایی بطور سالانه به تولید حدود ۷۰ تن پودر جلبک "هماتوکاکوس" با نام تجاری "NatuRose" با حداقل ۱/۵٪ پیگمان "آستاکسانتین" می پردازند. پودر جلبک "هماتوکاکوس" معمولاً ترکیبی از کاروتنوئیدهای عادی، اسیدهای چرب، پروتئین ها، کربوهیدرات ها و مواد معدنی است (۲).



بررسی ها نشان می دهند که "آستاکسانتین" جلبک "هماتوکاکوس" شامل ترکیبات زیر است :
(۱) حدوداً ۷۰ درصد "مونو استر" (monoesters) که به نسبت ۱۸-۱۶ به ۱ با اسیدهای چرب وجود دارند.

(۲) حدوداً ۲۵ درصد "دی استر" (diesters)

(۳) حدوداً ۵ درصد بدون پیگمان (free pigment)

این ترکیب چون مشابه ساختار رنگدانه ای سخت پوستان دریایی می باشد لذا بعنوان منبع طبیعی جیره غذایی سالمون بکار می رود و به سادگی در بدن این نوع ماهی متابولیزه می گردد (۲).

توصیه شده است که برای بدست آوردن غلظت ۸۰ پی پی ام "آستاکسانتین" به میزان ۵/۳۳ کیلوگرم از پودر "آستاکسانتین" ۱/۵ درصد را به هر تن غذای آبزیان پرورشی بیفزایند (۲).



«جدول ۳) ترکیبات پودر جلبک هماتوکاکوس (۲):»

ردیف	موارد	وضعیت
۱	آستاکسانتین	۱/۵ > درصد
۲	کل کاروتنوئیدها	۱/۷۵ > درصد
۳	پروتئین	۲۰-۳۰ درصد
۴	کربوهیدرات ها	۳۰-۴۰ درصد
۵	چربی	۷-۲۵ درصد
۶	خاکستر	۵-۱۵ درصد
۷	رطوبت	۴-۹ درصد
۸	رنگ	قرمز تا قرمز تیره
۹	اندازه ذرات	۵-۲۵ میکرون
۱۰	وزن حجمی ظاهری	۰/۰-۳۷/۴۳ گرم در میلی لیتر



منابع و مأخذ :

- 1) Bjerkeng, Bjorn – 2000 – Carotenoid pigmentation of salmonid fishes: Recent Progress – Akvaforsk; Institute of Aquaculture Research, Norway
- 2) Dore, John E. & Gerald R., Cysewski – 2012 – Haematococcus algae meal as a source of natural astaxanthin for aquaculture feeds – Cyanotech Corporation, Hawaii, USA
- 3) Lorenz, R. Todd – 2000 – BioAstin ; nature`s premier astaxanthin source – www.cyanotech.com
- 4) Lorenz, R. Todd – 2000 – Astaxanthin, nature`s super carotenoid – www.cyanotech.com
- 5) Mercola, Joseph – 2016 – Hailed as one of the most powerful antioxidants ever discovered. Are you missing out? – <http://mercola.com>
- 6) Mercola, Joseph – 2013 – Astaxanthin ; nature`s most powerful antioxidant – <http://mercolla.com>
- 7) WebMD – 2016 – Find a vitamin or supplement ; Astaxanthin – www.webmd.com
- 8) Wikipedia – 2016 – Astaxanthin – <https://en.wikipedia.org>

"فیتوپلانکتون ها و آبی پروری" ؛ "phytoplanktons & aquatics"

پلانکتون ها :

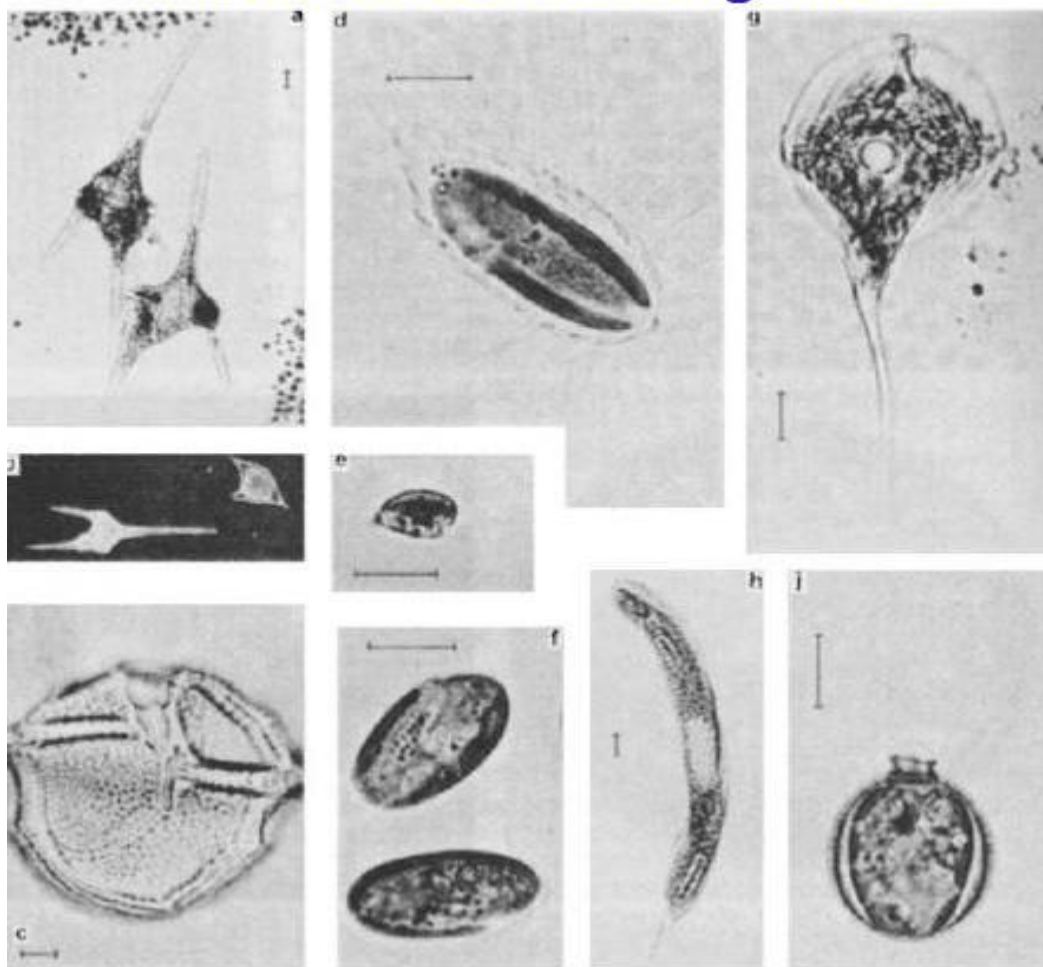
پلانکتون ها (planktons) شامل جاندارانی با اندازه ویروس ها به قطر چند نانومتر تا ماهیان ژله ای (jellyfish) به طول یک متر یا بیشتر می باشند که عبارت از : باکتری ها ، قارچ ها ، آغازیان (protistans) و چند یاخته ای ها (metazoans) هستند (۴).

«جدول ۱) واژه های کاربردی مرتبط با مقوله پلانکتون ها (۴):»

به کلیه ذرات غیر محلول داخل آب گفته می شود.	seston
به ذرات غیر محلول و غیر زنده داخل آب اتلاق می گردد.	tripton
ذرات زنده داخل آب که قادر به تحرک و ازدیاد در آب های غیر متلاطم هستند.	plankton
حیواناتی که تمام یا بخشی از زندگی خود را در آب های غیر متلاطم می گذرانند.	nekton
ذرات زنده ای که مشخصات پلانکتونی (معلق یا شناور) آنها نسبت به سایر ذرات زنده درون آب کاملاً متمایزند.	euplankton
ارگانیسم هایی که در مجاورت اکوسیستم های آبی زیست می کنند و ممکن است به صورت تصادفی در آب مشاهده گردند.	tychoplankton
ارگانیسم های پلانکتونی (معلق یا شناور) که بخش عمده ای از زندگی خود را در خارج از وضعیت پلانکتونی (مثلاً در رسوبات کف اکوسیستم آبی) می گذرانند.	meroplankton
پلانکتون های دریاچه ای	limnoplankton
پلانکتون های تالابی	heleoplankton
پلانکتون های رودخانه ای	potamoplankton
پلانکتون های "فتو-اتوتروف" که مهمترین تولیدکنندگان محیط های آبی می باشند.	phytoplankton
پلانکتون های "پروکاریوت" (بدون هسته مشخص)	bacterioplankton
پلانکتون های قارچی	mycoplankton
آغازیان هتروروف و پلانکتون های چند سلولی	zooplankton

مهمترین انواع پلانکتون ها عبارتند از :
 (۱) فیتوپلانکتون ها (phytoplankton)
 (۲) زئوپلانکتون ها (zooplanktons) (۵).

Planktic unicellular flagellates



گیاهان آبی :

گیاهان آبی (aquatic plants) از انواع نباتات آبدوست یا "هیدروفیت" (hydrophyte) محسوب می شوند. آنها آشیانه ها یا "نیچ های" (niche) اکولوژیکی مختلفی (معلق یا شناور) را در محیط های آبی اشغال می نمایند. گیاهان آبی با شرایط زندگی در داخل یا سطح محیط های آبی سازگاری یافته اند و بدینگونه برای پرورش آبزیان ایجاد تسهیل و یا بعضاً دشواری می کنند.

برخی از گیاهان آبی را گونه های مهاجم تشکیل می دهند درحالیکه برخی دیگر از آنها در زمره تولیدکنندگان اولیه اکوسیستم های آبی محسوب می گردند. آنها انرژی تشعشعی خورشید را در حضور عناصر غذایی نظیر : فسفر، نیتروژن، آهن، منگنز، روی و مولیبدن به انرژی شیمیایی تبدیل می نمایند. این جانداران

اساس شبکه های غذایی را در محیط های آبی تشکیل می دهند و مواد غذایی لازم را از طریق انجام واکنش فتوسنتز برای زئوپلانکتون ها و متعاقباً سایر "بی مهره گان" (invertebrates) ، "صدف داران" (shell fish) و "باله داران" (fin fish) تأمین می کنند.

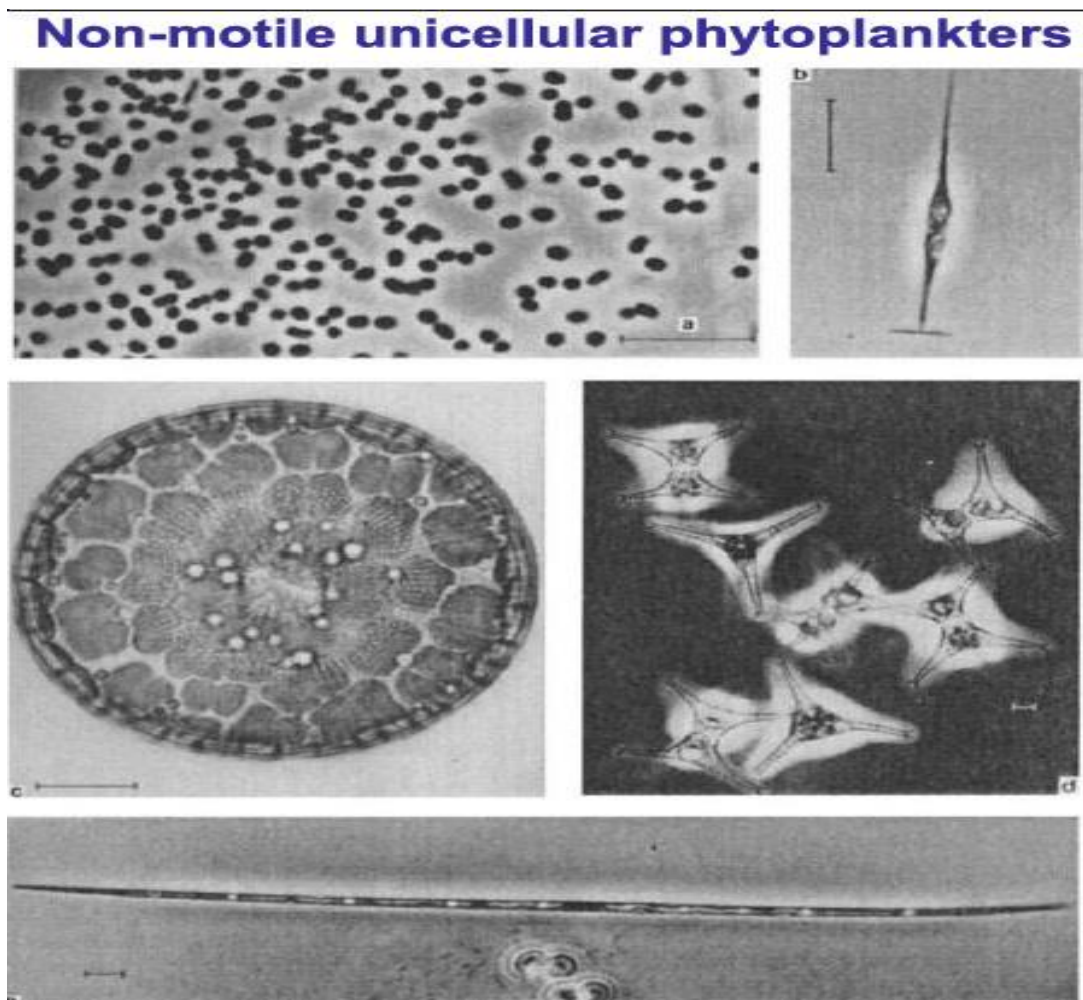
حضور گیاهان آبی در صورت جذب شدید عناصر غذایی اکوسیستم آبی می تواند سبب کاهش رشد خزرها و فیتوپلانکتون ها گردد. پتانسیل تولید پیکره آب ها با مقدار گیاهان آبی آنها تعیین می شود لذا از این جهت می توان از آن بعنوان یک "شاخص زیستی" (bio-indicator) نام برد. این موضوع تا به حد اهمیت دارد که امروزه از : پراکنش، وفور، تنوع و ترکیب گونه ای فیتوپلانکتون ها برای ارزیابی توانایی تولید محیط های آبی سود می جویند (۲).

مهمترین گیاهان آبی مطرح در آبی پروری عبارتند از :

(۱) فیتوپلانکتون های تک سلولی (phytoplankton)

(۲) جلبک های متصل به بستر رشد (periphyton)

(۳) گیاهان آبی پُرسلولی (macrophyte) (۲).



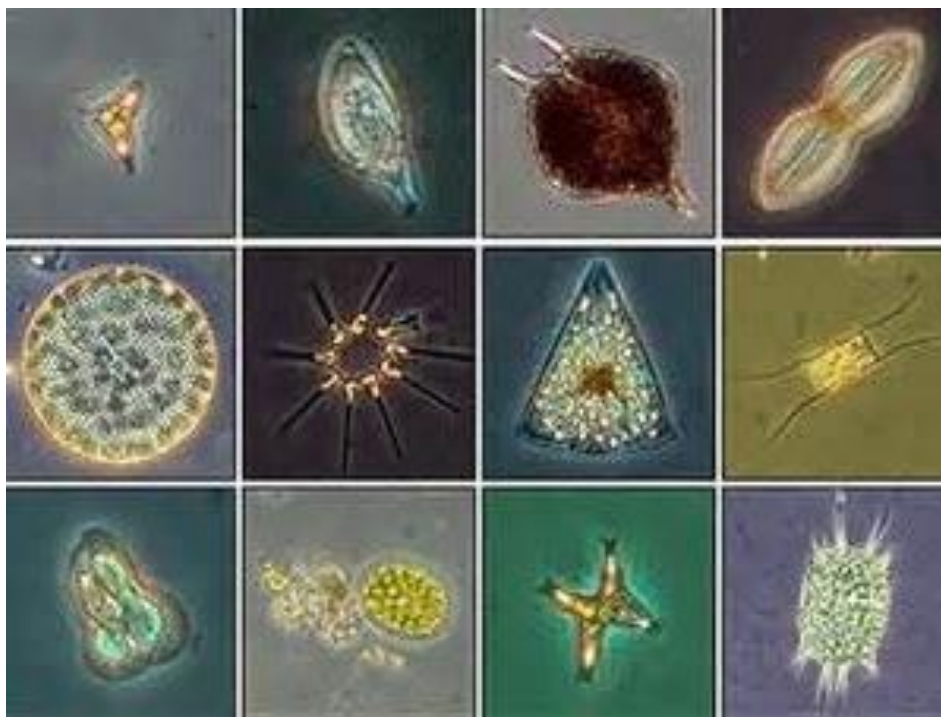
فیتوپلانکتون ها :

فیتوپلانکتون ها جزو موجودات زنده "خود مصرف" (self-feeding) یا "اتوتروف" (autotrophic) محسوب می شوند. آنها ترکیب بنیادین اجتماعات زنده اقیانوس ها، دریاها و اکوسیستم های آب شیرین را تشکیل می دهند. واژه فیتوپلانکتون منبعت از دو لغت لاتین یا یونانی زیر است :

الف) واژه "phyton" به معنی "گیاه" (plant)

ب) واژه "plankton" به معنی "سرگردان" (wanderer) و "پراکنده" (drifter).

اغلب فیتوپلانکتون ها بسیار کوچک هستند و با چشم غیر مسلح قابل تشخیص نمی باشند ولیکن زمانی که به تعداد خیلی زیاد بر سطح آب ها حضور یابند، به جهت دربرداشتن رنگیزه های کلروفیل، گزانتوفیل و فیکوبیلین ها در درون سلول های گونه های مختلف به صورت لایه ای رنگین بنظر می آیند (۷). فیتوپلانکتون ها گیاهانی میکروسکوپی هستند که در بدنه آب ها پراکنده اند. فیتوپلانکتون ها محدود به لایه ای از آب های سطحی هستند که در آن قادر به جذب نور خورشید برای انجام فتوسنتز هستند. پراکنش، وفور و تنوع فیتوپلانکتون ها بازتابی از شرایط فیزیکوشیمیایی اکوسیستم های آبی از جمله حضور عناصر غذایی است (۲).



فیتوپلانکتون ها گروه های مختلف زیر را شامل می گردند :

(۱) جلبک های سبز (green algae)

(۲) جلبک های طلایی-قهوه ای (golden-brown algae)

(۳) آغازیان (euglenophytes)

۴) تاژکداران دریایی (dinoflagelates)

۵) دیاتومه ها (diatoms)

۶) باکتری های گوگردی یا "سیانوباکتری ها" (cyanobacteria)

۷) کوکولیتوفوریدها (Coccolithophorids) (۲،۷).

«جدول ۲) تعداد و درصد ترکیب خانواده های فیتوپلانکتونی رودخانه های نیجریه (۲):»

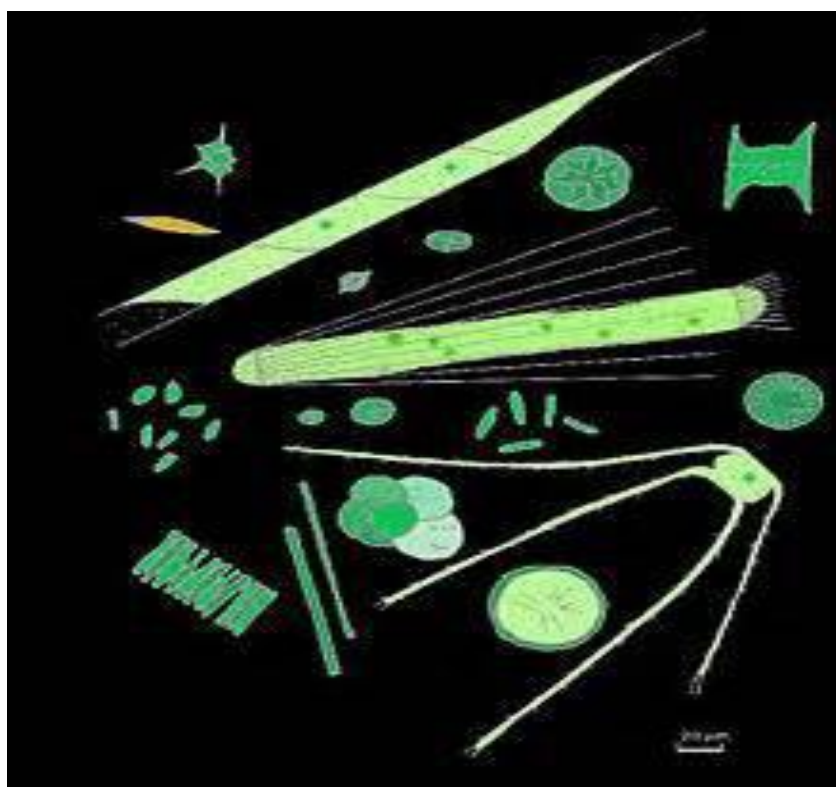
گروه تاکسونومی	گونه ها	درصد ترکیب
Bacillariophyceae	۱۸	۴۱/۹
Chlorophyceae	۱۴	۳۲/۶
Chanophyceae	۸	۱۸/۶
Chrysophyceae	۱	۲/۳
Xanthophyceae	۲	۴/۷
جمع	۴۳	۱۰۰



فیتوپلانکتون ها در زُمره گیاهان بسیار کوچک دارای کلروفیل هستند لذا قادرند به تولید مواد غذایی برای مصارف خویش بپردازند و جزو تولیدکنندگان (producers) اکوسیستم محسوب گردند. آنها در آب های شیرین (fresh water) و شور (salt water) یافت می شوند لذا اغلب توسط پرورش دهندگان آبزیان برای تغذیه "بچه ماهیان" (fry) استفاده می گردند (۵).

برخی گونه های فیتوپلانکتون ها به همدیگر چفت (قلاب) می شوند و بدین ترتیب یک رشته باریک (string) یا پوشش حصیری (mat) را بوجود می آورند درحالیکه بسیاری دیگر از آنها به حالت آزاد زندگی می کنند. برخی از گونه های فیتوپلانکتون فقط شناورند اما گروهی دیگر قادر به حرکت افقی و عمودی در محیط مجاورشان هستند (۵).

نوع و مقدار فیتوپلانکتون ها توسط میزان نور خورشید دریافتی و عناصر غذایی موجود کنترل می گردند. فسفر، نیتروژن و پتاسیم به ترتیب کلیدی ترین عناصر غذایی مورد نیاز فیتوپلانکتون ها می باشند لذا زمانی که آنها (بویژه فسفر) به میزان کافی در دسترس نباشند، تکثیر فیتوپلانکتون ها بخوبی صورت نمی پذیرد گوا اینکه حضور بیشبود عناصر غذایی نیز برای بقاء و ازدیاد فیتوپلانکتون ها مناسب نیست. از جمله اینکه تخلیه فاضلاب های حاوی عناصر غذایی در داخل منابع آب های سطحی می تواند به ازدیاد سریع فیتوپلانکتون ها به شکل پوشش های حصیری شناور بینجامد ولیکن متعاقباً مرگ و تجزیه آنها باعث تخلیه اکسیژن محلول از اکوسیستم آبی می گردد و محیط را برای آبزیان غیرقابل زیست می سازد (۵).



بارزترین انواع فیتوپلانکتون ها به شرح زیر می باشند :

۱) نوستوک (Nostoc) :

از جمله جلبک های آبی-سبز دارای تاژک می باشد که قادر است به شکل توده بزرگ ژله ای رشد نماید. آنها همچنین به صورت متصل به تخته سنگ های درون جویبارها مشاهده می شوند (۵).

۲) اسپیروجیرا (Spirogera) :

جزو جلبک های آبی-سبز دارای تاژک است که به شکل پوشش های حصیری شناور سبزرنگ بر سطح تالاب ها و دریاچه ها دیده می شود (۵).

۳) وُلواکس (Volvox) :

از گروه جلبک های آبی-سبزی است که به شکل توده های درهمی از کلونی های مدور رشد می کند. سلول های "وُلواکس" دارای دنباله ای موسوم به "flagella" هستند که کلونی را قادر به حرکت می سازند (۵).

۴) دیاتومه ها (Diatoms) :

آنها جلبک هایی به شکل سلول های زرد رنگ و منفرد می باشند. دیاتومه ها دارای دیواره سلولی سختی هستند که از جنس سیلیس است. برخی از دیاتومه ها به حالت چسبیدن زیست می کنند اما گروهی دیگر از آنان به صورت آب پران های کوچکی درون محیط مایع حرکت می نمایند. دیاتومه ها در دریاچه ها، تالاب ها و رودخانه های کم جریان حضور دارند (۵).



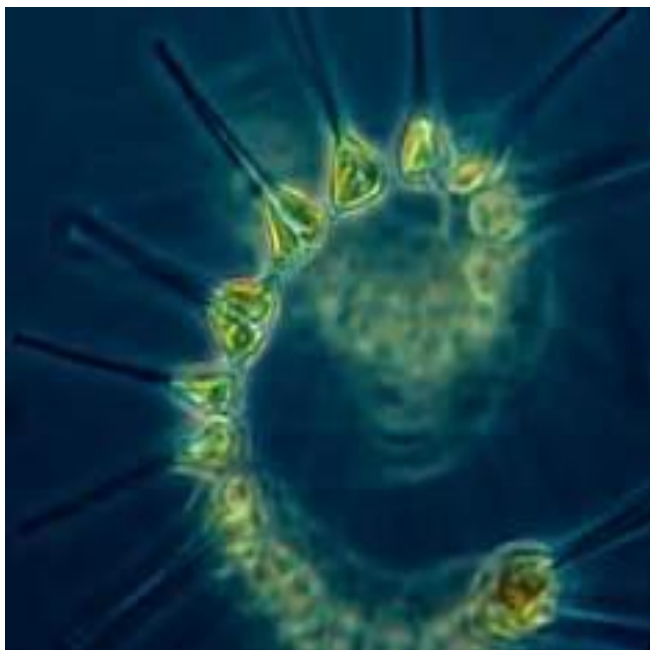
اکولوژی فیتوپلانکتون ها :

فیتوپلانکتون ها ارگانیسم های میکروسکوپی قادر به انجام واکنش های فتوسنتزی هستند. آنها در لایه سطحی و قابل نفوذ نور خورشید موسوم به "euphotic یا well-lit" در تمامی اقیانوس ها، دریاها، دریاچه ها و اکوسیستم های آب شیرین کره زمین حضور دارند. فیتوپلانکتون ها اولین جزء شبکه های غذایی محیط

های آبی را تشکیل می دهند و از طریق فعالیت زیستی فتوسنتز به کسب انرژی و تولید ترکیبات آلی و دی اکسید کربن محلول در آب می پردازند. فیتوپلانکتون ها تقریباً نیمی از کل فعالیت های فتوسنتزی زمین را برعهده دارند. آنها کلیه انرژی لازم برای رفع نیاز حجم وسیعی از افراد شبکه های غذایی آبزیان (بجز شیمیوسنتزکننده ها) را در ترکیبات حاوی کربن ذخیره می سازند (۷).
تغییرات تدریجی گرمایش کره زمین دارای تأثیرات مهمی بر فیتوپلانکتون ها می باشند زیرا دمای لایه های ستون آب اقیانوس ها را تغییر می دهند و این تغییرات به دلیل تأثیر بر میزان فراهمی عناصر غذایی محلول در آب بر واکنش های بیولوژیکی مؤثرند (۷).

فیتو پلانکتون ها توسط زئوپلانکتون ها خورده می شوند و این زنجیره توسط میگوهای ریز دریایی موسوم به "کریل ها" (krill) و متعاقباً توسط ماهی ها و نهنگ ها ادامه می یابد. درحالیکه اکثریت گونه های فیتوپلانکتون ها متعلق به گروه "فتواتوتروف" هستند ولیکن گونه های اندکی از آنها به دلیل عدم برخورداری از رنگدانه ها قادر به انجام فتوسنتز نیستند لذا اعمالی نظیر زئوپلانکتون ها را انجام می دهند و در حقیقت "هتروتروف" یا "دگر مصرف" (heterotrophic) محسوب می گردند. دانشمندان اینگونه فیتوپلانکتون ها را جزو گروه "میکسوتروف" (mixotrophic) دسته بندی کرده اند. بهترین مثال از چنین فیتوپلانکتون هایی را می توان گونه های "Nictiluca" و "Dinophysis" از جنس "Dinoflagellate" نام برد که کربن آلی مورد نیاز خود را از هضم دیگر ارگانیسم ها و یا مواد فرسایشی (detrital) بدست می آورند .

امروزه مقوله فیتوپلانکتون ها شامل تمامی میکروارگانیسم های شبکه غذایی (food web) آبی می شود که قادر به "فتواتوتروفی" هستند. تاکنون در حدود ۵ هزار گونه از انواع فیتوپلانکتون های دریایی شناسائی شده اند (۷).



عناصر غذایی مورد نیاز فیتوپلانکتون ها :

حضور فیتوپلانکتون ها بنحو قاطعانه ای به عناصر غذایی از جمله : ازت، فسفر، آهن و اسید سیلیسیک در آب ها بستگی دارد. بعلاوه فیتوپلانکتون ها برای بقاء به ویتامین B نیازمندند. فیتوپلانکتون ها در طی واکنش های فتوسنتزی که به منظور تدارک نیازهای غذایی خویش انجام می دهند، به آزادسازی اکسیژن مولکولی (CO_2) در درون آب ها می پردازند. تخمین زده اند که ۵۰-۸۵ درصد کل اکسیژن جهان از طریق فتوسنتز فیتوپلانکتون ها تولید گردیده اند. بعلاوه گمان می رود که تعادل نسبت CO_2 به O_2 اتمسفر طی دوره "پرکامبرین" توسط فعالیت های فتوسنتزی فیتوپلانکتون ها برقرار شده باشد (۷).

استراتژی رشد فیتوپلانکتون ها :

"آلفرد ردفیلد" در اوایل قرن بیستم بیان نمود که نسبت نیتروژن به فسفر اقیانوس ها حدوداً به میزان ۱۶ به ۱ است و توسط فیتوپلانکتون ها کنترل می گردد. او این نسبت را که از طریق محاسباتی موسوم به "stoichiometry" فیتوپلانکتون ها بدست آورده بود، به عنوان نسبت "رد فیلد" (RedField ratio) نامگذاری کرد. این یافته ها بعدها با عناوینی چون : "مبانی اکولوژی دریا" ، "بیوژنوشیمی" و "ارزیابی فیتوپلانکتون ها" پذیرفته شدند. البته نسبت "رد فیلد" در تمامی اقیانوس های جهان ثابت نیست و بستگی به: میزان تثبیت نیتروژن ، دی نیتریفیکاسیون و اکسیداسیون بی هوازی آمونیوم (anammox) دارد (۷).

دانشمندان فیتوپلانکتون ها را بر اساس استراتژی های رشد به سه گروه مختلف تقسیم بندی نموده اند :

۱) گروه ماندگار (survivalist) :

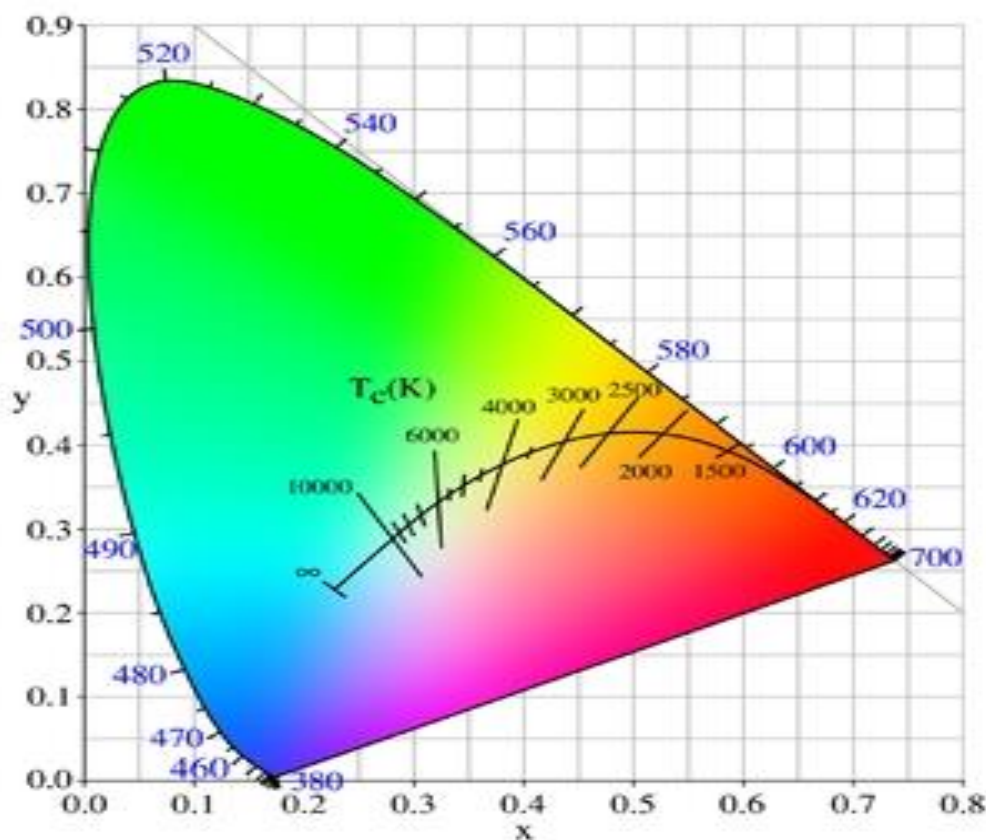
آنها دارای بیشترین نسبت N:P یعنی $30 >$ هستند و از ویژگی هایی چون "دارای رشد کم و توانایی رشد در شرایط کمیابی عناصر غذایی" بهره مندند.

۲) گروه توده ای شناور (bloomer) :

آنها دارای کمترین نسبت N:P یعنی $10 <$ هستند و خصوصیتی نظیر "داشتن رشد توانی و مناسبیت برای پرورش صنعتی" دارند.

۳) گروه معمولی فراگیر (generalist) :

آنها دارای نسبت N:P مشابه نسبت "رد فیلد" یعنی ۱۶:۱ می باشند و از صفاتی چون "رشد حسابی و نیازمندی به منابع فراگیر" برخوردارند (۷).



مناقشات محیطی فیتوپلانکتون ها :

گزارشات منتشره در مجله "nature" طی سال ۲۰۱۰ میلادی بیانگر آن است که جمعیت فیتوپلانکتون های اقیانوس ها در پایان قرن بیستم بنحو پایداری نزول یافته است. این گزارش نشان می دهد که تراکم فیتوپلانکتون های لایه سطحی آب اقیانوس ها از سال ۱۹۵۰ میلادی تا پایان قرن بیستم به میزان ۴۰ درصد (حدوداً ۱٪ در هر سال) کاهش یافته است که می تواند واکنشی به گرم شدن دمای آب اقیانوس ها باشد. دانشمندان پیشبینی کرده اند که تراکم فیتوپلانکتون ها در سال ۲۱۰۰ میلادی به میزان ۲۰-۲ درصد دیگر کاهش می یابد. پژوهندگان معتقدند که فیتوپلانکتون ها منبع اصلی تولید "متانول" (CH_3OH) در اقیانوس ها هستند و این مقدار متانول می تواند معادل یا بیش از میزان تولید آن در خشکی ها باشد (۷).



Polyethylene bags used for continuous culture of microalgae.

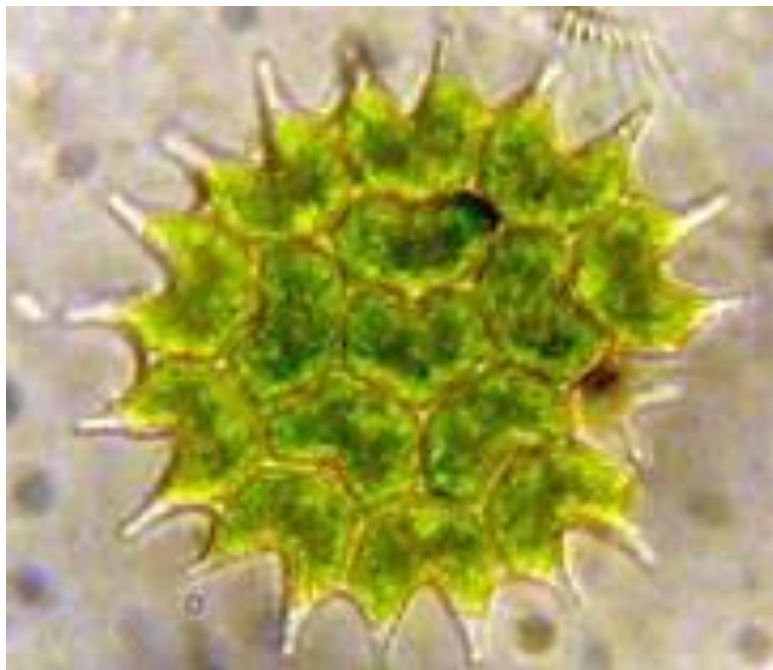
تنوع فیتوپلانکتونی بعنوان شاخص کیفیت آب در آبی پروری:

آب های مازادی که برای آبی پروری استفاده می شوند، در اقصی نقاط جهان دارای ویژگی های متفاوتی هستند. بعنوان مثال اراضی پُر آب شرق کلکته در کشور هند برای بیش از ۷۰ سال است که بدین منظور کاربرد یافته اند. این اراضی آبخور رواناب باران و فاضلاب های مناطق اطراف می باشند. در اینگونه موارد سعی می گردد که از تنوع پلانکتونی بعنوان شاخصی برای ارزیابی کیفیت آب های مصرفی در آبی پروری بهره برداری گردد (۳).

کارایی آب های مازاد در سیستم های آکواکالچر آسیا بخوبی شناخته شده است آنچنانکه سابقه اش به چندین قرن قبل می رسد. سیستم های سنتی آبی پروری در چین به جمع آوری فضولات انسانی (human excreta) برای کاربردهای کودی در استخرهای پرورش ماهی می پردازند (۳).

بکارگیری فاضلاب های (waste water) شهری در طی سال های ۱۹۵۰ میلادی سریعاً توسعه یافت. دانشمندان آلمانی از اواخر قرن نوزدهم به مطالعه در مورد کاربرد فاضلاب ها در سیستم های آکواکالچر پرداختند درحالیکه پژوهندگان هندی از سال های ۱۹۳۰ میلادی در چنین مقوله ای اقدام نموده اند. پرورش ماهی در تالاب های حاصل از فاضلاب های اطراف کلکته علاوه بر تولید ماهیان مناسب موجب اصلاح کیفیت آب ها و کاهش پاتوژن های موجود در فاضلاب ها می شوند (۳).

مانداب های شرق کلکته از نمونه های بارز بکارگیری هوشمندانه اکوسیستم های آبی برای پرورش آبزیان و تولیدات گیاهی هستند. چنین اکوسیستم هایی بویژه در مناطق گرمسیری می توانند مثال هایی از تلفیق حفاظت محیط زیست با مدیریت توسعه یافته باشند. در اینگونه سیستم های آبی نیازمند زمین هایی با سطح هموار و آب های سطحی با عمق ۵۰-۱۵۰ سانتیمتر می باشند. این موضوع امکان می دهد تا نور خورشید به کف تالاب ها برسد و امکان فعالیت های فتوسنتزی موجودات تولیدکننده را که اساس تصفیه بیولوژیکی طبیعی است، را فراهم سازد (۳).



در تالاب های حاصل از جمع آوری فاضلاب ها ابتدا به آهک دهی می پردازند تا PH آب افزایش یابد زیرا بالا رفتن PH برای آلودگی های "کولیفرمی" بسیار کشنده است. متعاقباً انرژی خورشیدی توسط پلانکتون ها بدام می افتد و افزایش بیوماس پلانکتون ها بعنوان منبع تغذیه ماهیان عمل می نماید (۳).

پلانکتون ها نقش مهمی در تجزیه مواد آلی موجود در فاضلاب ها دارند ولیکن از جهتی رشد بیرویه پلانکتون ها موجب بروز توده های جلبکی شناور (algal bloom) بر سطح تالاب ها می شود و بدینگونه مدیریت تالاب ها را با دشواری مواجه می سازد. نقش ماهیان در چنین شرایطی دو چندان می گردد زیرا عناصر غذایی موجود در فاضلاب ها را در طی زنجیره غذایی "فیتوپلانکتون-زنوپلانکتون" به شکل پروتئین حیوانی در اختیار مصارف انسانی قرار می دهند (۳).

در میان خیل عظیم گونه های پلانکتونی، برخی گونه ها نظیر: "سیانوباکتری ها" یا باکتری های گوگردی (cyanobacteria) با تولید سم (toxin) برای رشد ماهیان زیان آورند درحالیکه برخی گونه های دیگر نظیر جلبک های سبز-آبی (blue-green algae) موجب تسهیل در رشد ماهیان می شوند. بدین ترتیب پژوهندگان خیل عظیم پلانکتون ها را به دو دسته مفید و مضر برای آبی پروری در تالاب ها تقسیم نموده اند (۳).

آبزی پروری در بسیاری از مناطق هند با کمک فاضلاب ها تا آنجا ترقی داشته است که میزان تولید ماهیان پرورشی را به ۴-۲ برابر تالاب های معمولی رسانده اند. از طرف دیگر فاضلاب هایی که در تالاب های پرورش ماهی کشور همسایه هند یعنی بنگلادش بکار گرفته می شوند، هیچگونه تأثیر مثبتی بر افزایش و حتی ثبات تولید آبزیان نداشته اند (۳).



سیستم های تالابی که از فاضلاب ها برای تولید ماهی بهره می گیرند، اصولاً با ۵ مرحله (فاز) اصلی مواجه می باشند :

مرحله ۱) آماده سازی تالاب (pond preparation) :

- ۱-۱- تکمیل سیستم آبرسانی و زهکشی تالاب
- ۲-۱- خشکاندن و آفتابدهی کف تالاب
- ۳-۱- سیلت زدائی (desilting) از تجمعات سیلتی (silt traps)
- ۴-۱- شخم زدن کف تالاب
- ۵-۱- هموارسازی و تسطیح کف تالاب
- ۶-۱- اصلاح PH آب با آهک دهی تا حد نیل به قلیانیت در طی دسامبر تا ژانویه به منظور کاهش شمار کلiform های میکربی (۳).

مرحله ۲) کوددهی اولیه (primary fertilization) :

- ۱-۲- افزودن فاضلاب ها به تالاب
- ۲-۲- مهلت زمانی برای حصول تصفیه طبیعی

۲-۳- همزدن شدید آب تالاب طی ماه فوریه به منظور کاهش وضعیت بی هوازی در رسوبات و افزایش تعداد ارگانیزم های کف زی که بعنوان غذای ماهیان عمل می کنند (۳).

مرحله ۳) ماهی ریزی (fish stocking) :

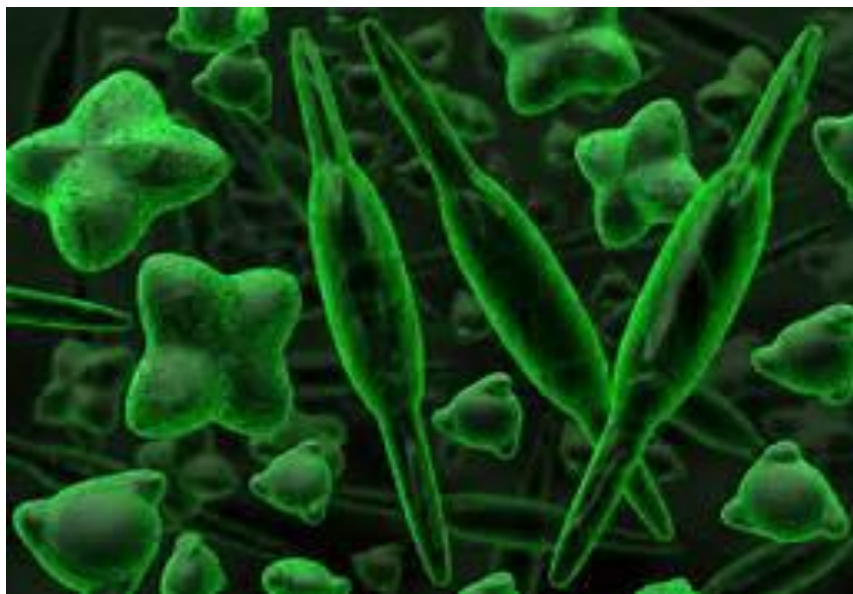
این مرحله از اواسط ماه مارس آغاز می گردد. در اینگونه مواقع بهتر است ابتدا مرحله ماهی ریزی را با افزودن تعداد کمی از بچه ماهیان شروع نمود تا از کیفیت مناسب و بی خطر بودن آب برای ادامه روند پرورش ماهی اطمینان حاصل کرد (۳).

مرحله ۴) کوددهی ثانویه (secondary fertilization) :

- ۴-۱- افزودن دوره ای فاضلاب ها به تالاب در سرتاسر دوره پرورش .
این عمل باعث می شود تا بر میزان رشد پلانکتون ها افزوده گردد و غذای بیشتری برای ماهیان پرورشی فراهم آید.
- ۴-۲- حفظ غلظت اکسیژن محلول در حد بالاتر از آستانه صدمه دیدن ماهیان (۳).

مرحله ۵) برداشت ماهیان (fish harvesting) :

این مرحله از آگوست شروع می شود و تا دسامبر که دوره بعدی پرورش آبزیان آغاز می گردد، تداوم می یابد . تمامی ۵ مرحله مذکور برای دوره های پرورش آتی نیز تکرار می شوند (۴).



آبگیری تالاب های پرورش آبزیان با فاضلاب ها موسوم به "khamar" در برخی نواحی بنگلادش به عمق ۳/۱-۶ متر طی نوامبر تا دسامبر صورت می پذیرد. برای این منظور ابتدا لایه سطحی خاک بستر تالاب را قبل از آبگیری با آهک و پتاس تقویت می کنند تا شرایط را برای رشد میکروارگانیزم های عامل امراض

آبزیان نامطلوب سازند. روند آماده سازی تالاب پرورش آبزیان را با افزودن : اوره ، سبوس گندم و پلت هایی از برنج های نامرغوب پخته شده، تداوم می بخشند و این کار را بصورت هفتگی ادامه می دهند. بدین ترتیب بیشترین رشد ماهیان پرورشی ضمن ماه سپتامبر انجام می پذیرد و آنها به تدریج آماده برداشت و عرضه می شوند (۳).

«جدول ۳) توانایی تصفیه زیستی انواع پلانکتون ها در تالاب های پرورش (۳):»

نام پلانکتون	توانایی تصفیه ای
Chlorelle	جذب فلزاتی نظیر: کادمیوم، مس، آهن، نیکل، روی
Chlamydomonas	حذف عناصر: سرب، مس، کرم، کادمیوم
Eudorina	جذب زیستی فلزاتی مثل : سرب
Chlorococcum	جذب و تجزیه حشره کش هایی نظیر : "آلفا اندوسولفان"
Scenedesmus	تصفیه زیستی : نفت خام و هیدروکربن های حلقوی، حذف مواد ازته فاضلاب ها
Haematococcus	حذف نیتروژن و فسفر فاضلاب ها
Spirulina	حذف فلزات: مس، جیوه، کادمیوم و نیتروژن آمونیومی
Nostoc	جذب عنصر مس
Closteridium	تغییر ساختار "تری کلرو اتان"، "تری کلرو متان" و "تتر کلرو متان" موجود در حشره کش ها
Navicula	جمع آوری عناصر : جیوه و کادمیوم
Oscillatoria	جمع آوری عناصر: جیوه، کادمیوم و سرب
Ulothrix	جمع آوری عناصر: کادمیوم، جیوه و سرب
Anabena	جذب عناصر تشعشعی نظیر کبالت و سزیم
Stichococcus bacillaris	جمع آوری سرب غیر آلی از مواد محلول در آب
Synedra	جمع آوری کلرید جیوه
Ankistrodesmus	جمع آوری کادمیوم
Fragilaria	جمع آوری کادمیوم به میزان بیش از ۲/۲۵ درصد وزن خشک
Selenastrum	جمع آوری اورانیوم به میزان بیش از ۱ درصد وزن خشک
Euglena	جمع آوری آلومینیوم، روی، منگنز، مس و سرب

مشخصات جامعه پلانکتونی تالاب های پرورش ماهی :

جامعه پلانکتونی یکی از منابع اصلی جریان انرژی در محیط های آبی است. ترکیب و تراکم جامعه پلانکتونی مبین وضعیت و تغییرات اکوسیستم های آبی می باشند. نوسانات اجتماعات پلانکتونی در مزارع پرورش ماهیان بیان کننده آن هستند که ارگانیزم ها به شرایط فیزیکی و شیمیایی محیط زیست و چگونگی مدیریت آن وابسته اند و حکایت از پویایی و تغییرپذیری چنین اکوسیستم هایی دارند.

بطور کلی فعالیت های انسانی عامل تعیین کننده ای در شناخت محیط های آب شیرین (limnology) مصنوعی و کم عمق هستند و نهایتاً وضعیت ثبات تولید را مشخص می سازند. موضوع قابل توجه آن است که کاربرد کودهای آلی و غیرآلی در تالاب های پرورش ماهیان می تواند بر میزان تولید بیفزاید زیرا با افزودن کودها بر رشد جلبک ها افزوده می گردد و زئوپلانکتون ها با تغذیه کافی می توانند غذای مناسبی برای بچه ماهیان باشند (۶).

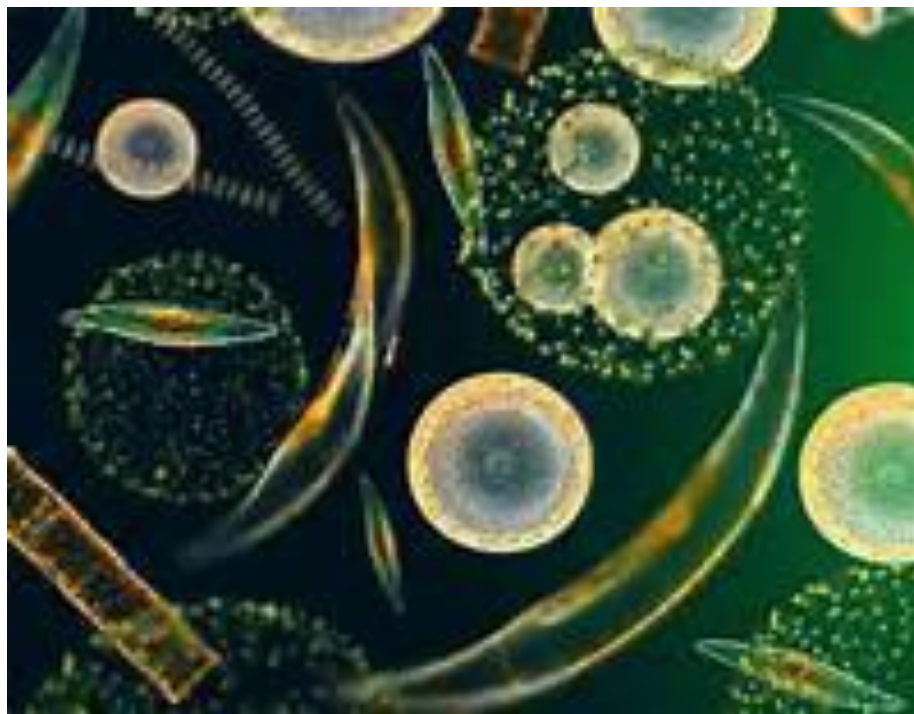
در این رابطه تاکنون پژوهش های زیادی انجام گرفته اند که تماماً بر تأثیرات مفید : نور کافی، عناصر غذایی بهینه، ترکیب و تراکم زئوپلانکتون ها بر رشد فیتوپلانکتون ها دلالت دارند. محققین وضعیت زئوپلانکتون ها را مرتبط با موارد زیر دانسته اند:

الف) دسترسی به مواد غذایی

ب) نوع شکارگران محیط های آبی

پ) جنبه های فیزیولوژیکی و شیمیایی آب

ت) شدت تغییرات محیطی (طبیعی یا انسانی) (۶).



نقش فصول خشک یا بارانی در سیستم های آبی کم عمق مناطق گرمسیری بر بیوماس پلانکتونی حائز اهمیت بسیاری است. تراکم و تنوع زئوپلانکتون ها در تالاب های پرورش ماهیان بسیار مهم می باشد درحالیکه ارتباط و افری بین ترکیب گونه ای زئوپلانکتون ها و فراوانی عناصر غذایی وجود دارد. بنابراین مشخص است که مزارع پرورش ماهی که از آب های فقیر (oligotrophic) تا حائز "غناى متوسط" بهره می برند، بدون استفاده از مواد حاصلخیز کننده ای نظیر کودها یا فاضلاب ها قادر به تولید مکفی نخواهند بود (۶).

برای دستیابی به اطلاعات بیشتر ضمن یک آزمایش به آنالیز ترکیب اجتماعات فیتوپلانکتونی و زئوپلانکتونی مرتبط با پویایی مزارع پرورش ماهیان پرداخته شد. نمونه های آزمایشی بطور روزانه طی یک دوره ۲۰ روزه در فصول خشک و بارانی جمع آوری شدند بطوریکه ۲ نمونه از بخش ورودی آب به درون تالاب پرورش ماهی (fish pond یا reservoir) و ۴ نمونه بقیه از سایر بخش های تالاب فراهم گردیدند. در نتایج بررسی مشخص گردید که :

الف) گونه های "Rotifera" و "Chlorophyceae" با تراکم بالا در تمامی نمونه ها یافت می شوند.
 ب) زئوپلانکتون ها دارای کمترین تراکم ، تنوع گونه ای و ثبات در طی فصل خشک بودند.
 پ) جریان مداوم آب و افزودن کودها (آلی و غیر آلی) به تالاب های پرورش ماهیان موجب بیشترین اثربخشی بر اجتماع پلانکتونی شد. ضمن اینکه از کیفیت آب و غالبیت سیانوباکتری ها کاسته می گردید (۴).

پرورش فیتوپلانکتون ها برای مصارف آکواکلچر :

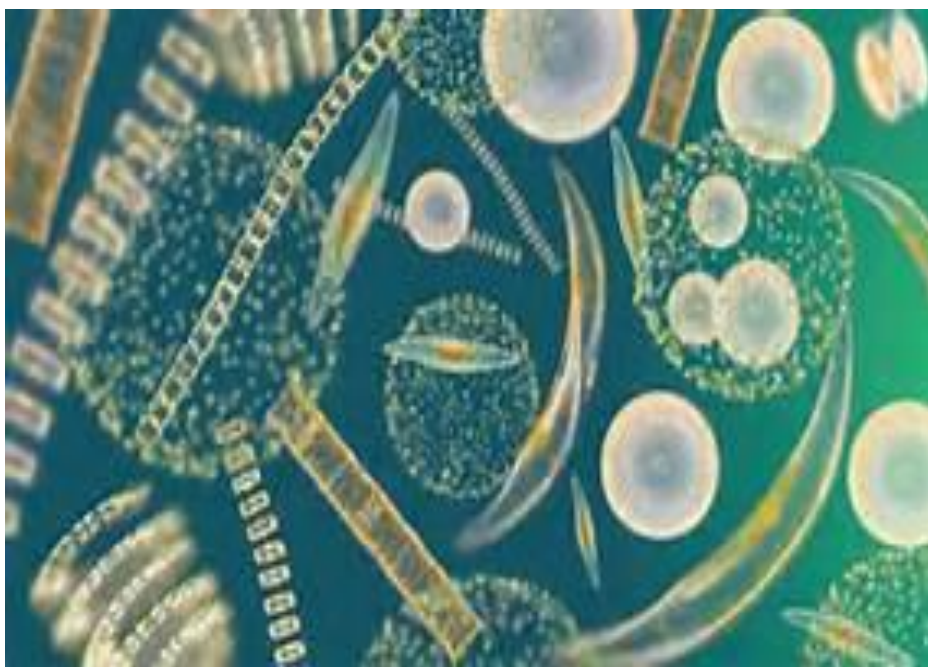
فیتوپلانکتون ها شامل جلبک های تک سلولی میکروسکوپی و سایر ارگانیزم های گیاه مانندی هستند که در دریاها و آب های شیرین زیست می نمایند (۱). پژوهش های جدید حاکی از شناسایی ۵-۴ هزار گونه فیتوپلانکتون در جهان هستند که از جنبه های : شکل ، اندازه و خصوصیات فیلوژنی با یکدیگر متفاوتند (۴).

«جدول ۴) دسته بندی فیتوپلانکتون ها بر اساس اندازه (۴):»

نام	ماکزیمم قطر طولی
Picophytoplankton	۰/۲-۲ میکرومتر
Nanophytoplankton	۲-۲۰ میکرومتر
microphytoplankton	۲۰-۲۰۰ میکرومتر
mesophytoplankton	۲ میلیمتر - ۲۰۰ میکرومتر
macrophytoplankton	۲ میلیمتر >

از فیتوپلانکتون ها در موارد زیر استفاده می کنند :

- ۱) داروها (pharmaceuticals)
- ۲) مکمل های غذایی (diet supplements)
- ۳) رنگدانه ها (pigments)
- ۴) سوخت های زیستی (biofuels)
- ۵) غذای آبزیان (aquaculture feeds) (۱).



پژوهندگان فیتوپلانکتون ها را بهترین ماده غذایی برای موارد ذیل می دانند :

الف) پرورش نرم تنان دوکفه ای (bivalve mollusks)

ب) تغذیه مراحل لاروی پرورش سخت پوستان (crustaceans)

پ) پرورش زئوپلانکتون هایی (zooplanktons) نظیر :

۱-پ- روتیفرها یا چرخداران (rotifers) : روتیفرها جانوران ریز آب های شور و شیرین هستند.

۲-پ- پاروپایان (cope pods) یا سخت پوستان ریز آب های شور و شیرین (۱).

از زئوپلانکتون ها بعنوان غذای زنده جهت تغذیه نوزادان ماهیان پس از مرحله تفریخ (fish hatcheries) بهره می گیرند. زئوپلانکتون از فیتوپلانکتون ها تغذیه می کنند.

تازکداران (flagellates) و دیاتومه ها (diatoms) از مهمترین انواع فیتوپلانکتون ها در بنیان زنجیره غذایی اکوسیستم های آبی محسوب می شوند. آنها می توانند با استفاده از CO₂ و عناصر غذایی محلول در آب و با جذب نور خورشید بعنوان منبع انرژی به تولید مواد غذایی از طریق فتوسنتز بپردازند (۱).

جلبک های میکروسکوپی (micro algae) که برای تغذیه نوزادان آبزیان بکار می روند، از نظرات زیر با همدیگر تفاوت دارند :

۱) اندازه (size)

۲) نیازهای محیطی (environmental requirements)

۳) سرعت رشد (growth rate)

۴) ارزش غذایی (nutritional value)

بنابراین زمانیکه گونه ای از جلبک های میکروسکوپی را به منظور پرورش بر می گزینند، باید به تمامی پارامترهای ضروری آنان توجه گردد (۱).

«جدول ۵) محدوده دما ، نور و شوری لازم برای پرورش جلبک های میکروسکوپی (۱):»

گونه ها	دما (سانتیگراد)	نور (لوکس)	شوری (ppt-%)
<i>Chaetoceros muelleri</i>	۳۰-۲۵	۱۰۰۰۰-۸۰۰۰	۳۵-۲۰
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	۲۲-۱۸	۵۰۰۰-۳۰۰۰	۳۲-۲۵
<i>Dicrateria sp</i>	۳۲-۲۵	۱۰۰۰۰-۳۰۰۰	۳۰-۱۵
<i>Isochrysis galbana</i>	۳۰-۲۵	۱۰۰۰۰-۲۵۰۰	۳۰-۱۰
<i>Skeletonema costatum</i>	۲۷-۱۰	۵۰۰۰-۲۵۰۰	۳۰-۱۵
<i>Nannochloropsis oculata</i>	۳۰-۲۰	۸۰۰۰-۲۵۰۰	۳۶-۰
<i>Pavlova viridis</i>	۳۰-۱۵	۸۰۰۰-۴۰۰۰	۴۰-۱۰
<i>Tetraselmis tetrathele</i>	۳۳-۵	۱۰۰۰۰-۵۰۰۰	۵۳-۶
<i>Tetraselmis subcordiformis</i>	۲۸-۲۰	۱۰۰۰۰-۵۰۰۰	۴۰-۲۰
<i>Chlorella ellipsoidea</i>	28-10	۵۰۰۰-۲۵۰۰	۳۰-۲۶

مراحل تکثیر جلبک های میکروسکوپی :

مرحله ۱) سلول های جلبک های میکروسکوپی را از محیط کشت اولیه (starter) جداسازی نموده و به محیطی با حجم بیشتری از آب سرشار از مواد غذایی منتقل می سازند. حداقل تراکم در این مرحله باید ۱۰۰-۳۰ سلول در هر میکرولیتر باشد. سلول ها در طی ۲-۳ روز اولیه نسبت به شرایط محیطی جدید آنس می گیرند و متعاقباً به رشد کردن و تقسیم شدن می پردازند. این مرحله موسوم به "فاز آغازین (Lag phase)" است.

مدت زمان "فاز آغازین" بستگی به :

۱-۱- مقدار ماده تلقیحی یا "انوکولوم" (inoculums) ،

۲-۱- گونه جلبک از جنبه توانایی تکثیر سریع ،

۳-۱- میزان روشنایی محیط و

۴-۱- دمای بستر پرورش دارد (۱).

مرحله ۲) جمعیت جلبک ها در طی مرحله دوم به صورت لگاریتمی پس از ۴ روز و به مرور افزایش می یابد. اینگونه سلول ها را می توان در طی این مرحله برای تغذیه آبزیان برداشت نمود. مرحله مزبور را به نام "فاز افزایشی" (exponential phase) می شناسند (۱).

مرحله ۳) این مرحله را "فاز سکون" (stationary phase) می نامند و طی آن تقسیمات سلولی نقصان می پذیرند و هیچگونه افزایشی در تراکم سلولی بروز نمی یابد. اینگونه کاهش روند رشد بواسطه :

۱-۳- تغییر در غلظت عناصر غذایی ،

۲-۳- خود سایگی ناشی از تراکم (self-shading) و

۳-۳- وقوع برخی تغییرات در بستر رشد (افزایش PH ، ایجاد برخی مواد زائد متابولیکی یا تغییر ساختار پیش ماده ها) موسوم به "بازدارنده های خودکار" (auto-inhibitors) صورت می پذیرد.

جلبک های مرحله سکون را نباید برای تغذیه مرحله لاروی "بچه ماهیان" (larviculture) استفاده نمود زیرا آنها گرچه سرشار از مواد مغذی هستند ولیکن بسیاری از آنها در این مرحله می میرند و توسط باکتری هایی نظیر "Vibrio spp" تجزیه می گردند لذا برای لاروهای "بچه ماهیان" حالت خشبی و سمی دارند (۱).

مرحله ۴) این مرحله را "فاز سالخوردگی" (senescent phase) می نامند که طی آن تراکم کشت جلبکی به شدت نقصان می پذیرد (۱).

محیط پرورش جلبک های میکروسکوپی :

برای طراحی یک سیستم پرورش جلبک های میکروسکوپی باید به موارد زیر توجه داشت:

الف) انتخاب گونه های مناسب (اندازه ، ویژگی مغذی بودن)

ب) میزان عملکرد سیستم

پ) هزینه احداث سیستم

ت) قابلیت دوام و اطمینان بخشی سیستم (۱).

بطور کلی هزینه تولید جلبک های میکروسکوپی مغذی در حدود ۴۰۰-۱۰۰ دلار به ازای هر کیلوگرم بیوماس خشک برآورد گردیده است (۱).

ارزش غذایی (nutritional value) جلبک های میکروسکوپی متأثر از عوامل زیر می باشد :

الف) سن جلبک پرورشی (culture age)

ب) مرحله رشد جلبک (growth phase)

پ) میزان روشنایی محیط (light characteristics)

ت) میزان و نوع عناصر غذایی محیط (nutrient source & limitation)

ث) تراکم سلول های جلبک (cell density) (۱).



پرورش جلبک های میکروسکوپی بصورت محدود یا گسترده در صورتیکه با رعایت موارد زیر همراه گردد
آنگاه به عملکرد مطلوب می انجامد :

- (۱) فیلترکردن و اصلاح آب
- (۲) عناصر غذایی مکفی
- (۳) منبع نوردهی
- (۴) هوادهی و اختلاط
- (۵) دمای مناسب
- (۶) کنترل شوری
- (۷) کنترل PH
- (۸) ماده تلقیحی با کیفیت (۱).

نقش فیتوپلانکتون ها در آکواکالچر :

فیتوپلانکتون ها در حقیقت کلید اصلی تأمین مواد غذایی برای سیستم های گوناگون "آبزی پروری" یا "آکواکالچر" (aquaculture) و "دریازی پروری" (mariculture) محسوب می شوند. "فیتوپلانکتون ها" در سیستم "دریازی پروری" اصولاً با کمک تلاطم طبیعی آب دریا پرورش می یابند درحالیکه در سیستم "آبزی پروری" ابتدا شرایط مصنوعی رشد فیتوپلانکتون ها را فراهم می سازند سپس آنها را از بدنه آب جداسازی نموده و برای تغذیه آبزیان پرورشی بکار می برند (۷).

فیتوپلانکتون ها منبع اصلی غذایی برای تولید جانوران ریز آبی از شاخه "چرخداران" (rotifera) هستند که برای تغذیه سایر ارگانیزم های آبی بکار می آیند. از فیتوپلانکتون ها در آبی پروری برای تغذیه "حلزون های دریایی" (mollusks) ، "صدف های مروارید" (pearl oysters) و "صدف های دوکفه ای بزرگ" (giant clams) استفاده می گردد (۷).



تولید پلانکتون ها تحت شرایط مصنوعی در حقیقت نوعی از آکواکلچر محسوب می شود. فیتوپلانکتون ها را برای اهداف مختلف پرورش می دهند که از جمله آنها تدارک مواد غذایی کافی برای ارگانیزم های (ماهی ، بی مهرگان) حاضر در سیستم های آکواکلچر است.

دانشمندان بهترین شرایط پرورش آبزیان را بهره گیری از آب دریاها با وزن حجمی ۱/۰۱۰-۱/۰۲۶ گرم بر سانتیمترمکعب بعنوان محیط طبیعی زاد و ولد (culture medium) می دانند. برای جلوگیری از آلودگی های بیولوژیکی محیط های پرورش در شرایط آزمایشگاهی نیز بکارگیری تابش اشعه UV و یا دماهای بالا توصیه شده اند (۷).



افزایش مواد کودی برای رشد بهینه پلانکتون های پرورشی ضرورت دارد. محیط پرورش پلانکتون ها را با هوادهی (aerated) و یا به همزدن (agitated) باید حمایت نمود تا پلانکتون ها همچنان به حالت معلق باقی بمانند و CO_2 کافی برای انجام فتوسنتز را دریافت دارند. محققین بهترین میزان روشنایی برای پرورش فیتوپلانکتون ها را روزهای ۱۶ ساعته با متوسط "روشنایی حرارتی" یا $T_c (k)$ یا "colour temperature" حدوداً ۶۵۰۰ درجه کلوین (حدوداً ۴۰۰۰K-۲۰۰۰۰K) می دانند (۷).



- 1) Creswell, LeRoy – 2010 – Phytoplankton culture for aquaculture feed – Southern Regional Aquaculture Center
- 2) Oyedeki, A. A. & J. F. N., Abowei – 2012 – The classification, distribution, control and economic importance of aquatic plants – International Journal of Fisheries and Aquatic Science 1(2) : 118-128
- 3) Pradham, Arunsva & et al – 2008 – Phytoplankton diversity as indicator of water quality for fish cultivation – American Journal of Environmental Science 4(4) : 406-411
- 4) Reynolds, Colin. S. – 2006 – Ecology of phytoplankton – Cambridge University Press
- 5) Richardson, Carl – 2017 – Phytoplankton – Pennsylvania Fish & Boat Commission
- 6) Tavares, L. H. S. & et al – 2010 – Characterization of a plankton community in a fish farm – Acta Limnologica Brasiliensia ; vol. 22 , no. 1 , p. 60-69
- 7) Wikipedia – 2017 – Phytoplankton – <https://en.wikipedia.org>

"گیاهان ماهی کُش یا مرگ ماهی" ؛ "piscicidal plants"

مقدمه :

گیاهان "ماهی کُش" گروهی از گیاهان سمّی در اشکال علفی ، بوته ای ، درختچه ای یا درختی هستند که حاوی برخی ترکیبات فیتوشیمیایی با قابلیت تأثیرات فیزیولوژیک بر ماهیان می باشند بطوریکه اعمال زیستی عادی آنان را مختل می سازند. اینگونه گیاهان بطور سنتی برای تهیه داروهای بومی بکار می روند اما برای موارد دیگری چون صید ماهیان ، کنترل آفات ، حذرون ها و موش ها نیز استفاده می گردند. ترکیبات سمّی چنین گیاهانی گواینه سریعاً در طبیعت تجزیه می گردند ولیکن در صورت عدم دقت کافی می توانند باعث صدمات قابل توجهی بر فون و فلور اکوسیستم های آبی منطقه شوند.



مسمومیت زایی علف های آبی برای ماهیان :

از دیرباز از گیاهان "ماهی کُش" یا "مرگ ماهی" (piscicidal plants) بطور وسیع در جوامع سنتی سراسر دنیا برای صید ماهیان استفاده می شود. امروزه انواع مختلفی از مواد "ماهی کُش" را از گیاهان هرز

آبزی (aquatic weeds) استخراج می کنند که می توانند اثرات مغایری را بر جمعیت انواع ماهیان برجا بگذارند (۴).

پژوهش های متعدد حاکی از آن هستند که رودخانه ها، دریاچه ها و شالیزارهای غرقابی ژاپن بعنوان منابع مهم پرورش ماهیان خوراکی به شدت توسط مواد شیمیایی کشاورزی و ضایعات کارخانجات عظیم صنعتی آلوده شده اند. محیط های آبی در اغلب کشورهای جنوب شرقی آسیا نظیر تایلند از اهمیت بسیار فراوانی بعنوان مکان های پرورش ماهیان برخوردارند. اکثر پرورش دهندگان ماهی در این کشورها برای کنترل علف های هرز آبزی عموماً به شخم زدن (plowing) خاک و متعاقباً غرقاب نمودن تالاب های پرورش آبزیان اقدام می ورزند.

ماهیان پرورشی در چنین شرایطی حتی در مواقعی که هیچگونه مواد شیمیایی کشاورزی مصرف نشده اند، غالباً به دلایل نامعلومی می میرند. محققین در اینگونه موارد احتمال می دهند که مرگ ماهیان به دلایل آلودگی محیط های آبی در اثر وجود بقایای گیاهان هرز آبزی می باشد که به مسمومیت اکوسیستم انجامیده اند (۴).



دانشمندان در یکسری آزمایشات به بررسی قابلیت "ماهی کشی" ۵۴ گونه از علف های هرز آبزی با حضور ماهیان "گویی" (guppy) پرداختند. نتایج بررسی ها حاکی از آن بودند که ۱۲ گونه از گیاهان هرز آبزی مزبور از چنین قابلیتی بهره مندند. خلاصه نتایج حاصله به شرح زیر بوده اند :

۱) در یک آزمایش به جداسازی مواد فعال گیاه آبزی "آمانیا" در تایلند پرداخته شد که نتایج آزمایش حاکی از فعالیت شدید "ماهی کشی" آن بود (۴).

۲) اخیراً در علف هرز آبزی "تلخ واش" (Polygonum hydropiper) ماده ای بنام "پولی گودیال" (polygodial) یافته اند که دارای فعالیت شدید "ماهی کشی" است. این موضوع حائز اهمیت زیادی است

زیرا چنین علف هرزهایی می توانند بعنوان منابع بالقوه آلوده سازی محیط زیست بویژه در جنوب شرقی آسیا مطرح باشند که از مواد شیمیایی کشاورزی (agrochemicals) فقط به مقدار جزئی سود می جویند (۴).
 (۳) ماده "روتنون" (Rotenone) را از گونه های گیاهی جنس "Derris sp" از خانواده حبوبات (لگومینوزه یا فاباسه) جداسازی نموده اند. بدین منظور از ریشه های این گیاه وسیعاً در منطقه جنوب شرقی آسیا استفاده می گردد (۴).

(۴) ماده "ژوگلان" (Juglone) را از گیاه "گردوی نوکدار" (*Juglans mandshurica*) از خانواده "گردوئیان" (*Juglandaceae*) بدست می آورند. برای این منظور از ریشه ها و میوه های نارس آن در ژاپن استفاده می کنند (۴).

(۵) ماده "جاستیسیدین" (Justicidin) نوع A و B را از گیاه "*Justicia hayatai* var. *decumbens*" متعلق به خانواده "پای خرسان" (*Acanthaceae*) بدست می آورند. این ماده که در کل پیکره گیاه مزبور وجود دارد، بوفور در تایوان استفاده می گردد (۴).



(۶) ماده "کالیکارپان" (*Callicarpone*) را از گیاه "*Callicarpa candicans*" از خانواده "شاه پسند" (*Verbenaceae*) حاصل کرده اند. این گیاه در جزایر "کارولین" و فیلیپین کاربرد یافته است (۴).
 (۷) ماده "ماینگانیک اسید" (*maingayic acid*) را از گیاه "*Callicarpa maingayi*" متعلق به خانواده "شاه پسند" جداسازی کرده اند (۴).

(۸) ماده "هوراتوکسین" (*Huratoxin*) را از گیاه "*Hura crepitans*" متعلق به خانواده "فرفیون" (*Euphorbiaceae*) جداسازی می کنند و این شیرابه یا لاتکس (*latex*) در آمریکای جنوبی کاربرد یافته است (۴).



۹) ماده "ویباسانین آ" (Vibasanine A) را از گیاه "*Viburnum awabuki*" متعلق به خانواده "آقطیان" (Caprifoliaceae) استخراج می کنند. برگ های گیاه مذکور در "اوکیناوا" ژاپن استفاده می گردند (۴).

۱۰) ماده "انوفیلولید" (Inophyllolide) را از گیاه "*Calophyllum inophyllum*" از خانواده "گوتیفره" (Guttiferae) تهیه می کنند و برای این منظور از بذور و برگ هایش در شبه جزیره مالی سود می جویند (۴).

۱۱) ماده "اچیوتریول" (Ichthyothereol) را از گیاه "*Ichthyothere terminalis*" از خانواده "مرکبان" یا آفتابگردان (compositae) تهیه می کنند. برای این منظور از برگ هایش در منطقه آمازون استفاده می نمایند (۴).

نتایج بررسی ها نشان می دهند، اگرچه اکثر این گیاهان دارای توانایی "ماهی کشی" بسیار شدیدی هستند ولیکن بنظر نمی رسد که هیچگونه تهدیدی برای اکوسیستم های آبی جنوب شرقی آسیا محسوب شوند زیرا اغلب در مناطق دوردست رشد می کنند (۴).



استخراج مواد "ماهی کش" :

مواد "ماهی کش" یا "مرگ ماهی" را می توان با کمک حلال های مختلفی از برخی اندام های گیاهی از جمله نوساقه های (shoots) علف هرز آبی "آمانیا" (*Ammannia baccifera*) جداسازی نمود. اغلب عصاره ها بجز آنهایی که از آب بعنوان حلال استفاده شده اند، دارای فعالیت "ماهی کشی" شدیدی هستند. بنظر می رسد که مواد "مرگ ماهی" به سادگی در حلال های آلی قطبی و غیر قطبی محلول می گردند. البته عصاره های الکلی زودتر از سایر عصاره ها موجب مرگ ماهیان می شوند لذا از جایگاه ویژه ای در عصاره گیری برخوردارند (۴).

خالص سازی (purification) مواد "ماهی کش" را به طریقه "کروماتوگرافی" ستونی دغال چوب و سیستم شستشوی آب/استن انجام می دهند. بدین ترتیب مواد فعال "ماهی کش" دارای نسبت ۱۰۰:۰ حجم به حجم از آب و استن خواهند شد. مواد فعال حاصل از ۱ گرم مواد تازه را در یک ظرف TLC (مخصوص کروماتوگرافی) پخش می کنند و از مخلوط مواد "N- هگزان/اتیل استات" به نسبت ۱:۹ حجم به حجم بهره می گیرند. آنگاه یک نوار بنفش تیره در محدوده "Rf 0.65" تحت نور فرابنفش (UV) مشاهده خواهد شد. این منطقه توسط متانول خالص سازی می شود سپس از آن برای آزمایش اثرگذاری قابلیت "ماهی کشی" استفاده می گردد (۴).

در اینگونه آزمایشات برای شناسایی ماده فعال "نفتوکوئینون" (naphthoquinone) از آنالیز GC و GC-MS استفاده می گردد. ماده مزبور از جمله ترکیباتی است که از گیاه هرز آبی "آمانیا" (A. baccifera) جداسازی می شود. در اثر آنالیزهای مذکور مشخص می گردد که منطقه فعال دارای ۳ نقطه حداکثر و دو نقطه حداقل می باشد. آنالیز کمی طیف جذبی امواج فرابنفش (UV) آشکار ساخت که ۱ گرم

وزن تازه نوساقه های گیاه "آمانیا" حاوی ۷۸ میکروگرم از "نفتاکونینون α " می باشد لذا گیاه آمانیا با جمعیت موجود در تالاب های تایلند بخوبی قادر به آلوده سازی اکوسیستم های آبی بر علیه ماهیان پرورشی است آنچنانکه به مرگ بسیاری از ماهیان پرورشی در دسامبر سال ۱۹۸۴ میلادی انجامید (۴).



قابلیت "ماهی کشی" ماده "نفتاکونینون" سنتزی نیز با استفاده از ماهی های "گوپی" آزمایش گردید. نتایج نشان داد که غلظت ماده مذکور پس از ۲۴ ساعت به ۰/۰۹ قسمت در میلیون می رسد که در قیاس با غلظت سایر مواد طبیعی "ماهی کش" نظیر :

- (۱) Huratoxin به میزان ۰/۰۰۱۴ پی پی ام
 - (۲) Justicidin A , B به میزان ۰/۰۲ و ۰/۰۴ پی پی ام
 - (۳) Callicarpone به میزان ۰/۰۴ پی پی ام
 - (۴) Vibsanine به میزان ۰/۱ پی پی ام
 - (۵) Cis-dehydromatricaria ester به میزان ۲ پی پی ام
 - (۶) Maingayic acid به میزان ۴/۷ پی پی ام
 - (۷) Inophyllolide به میزان ۵ پی پی ام
- در حد متوسطی برای آلوده سازی اکوسیستم های آبی تایلند قرار داشت (۴).

تأثیر ویژگی "ماهی کشی" گیاهان هرز بر سبزشدن آنها :

بررسی اختلاط بقایای گیاه "آمانیا" با خاک نشان دهنده توانایی آن برای جلوگیری از سبزشدن بسیاری از علف های هرز می باشد. بررسی ها نشان دادند که تأثیر ماده "نفتاکونینون α " مشابه علفکش ACN است که در شالیزارها مصرف می گردد بنابراین خصوصیات بیولوژیکی زیر در گیاه هرز "آمانیا" آشکار گردید :

الف) فعالیت علفکشی (herbicidal)
 ب) فعالیت "ماهی کشی" (piscicidal)

اینگونه دستاوردهای پژوهشی نشان می دهند که ایزوله سازی و شناسایی مواد "ماهی کش" از علف های هرز آبی دارای اهمیت بسیاری است زیرا این قبیل مواد علاوه بر اینکه قابلیت آلودگی محیط زیست را دارند، می توانند برای برخی فعالیت های مفید آتی موثر واقع گردند (۴).



گیاهان "ماهی کش" جنوب شرقی آسیا و ترکیبات آنها :

- انواع مختلفی از گیاهان برای صدها سال است که به عناوین گوناگونی از جمله موارد زیر کاربرد یافته اند:
- (۱) دارو (medicine)
 - (۲) حشره کش (insecticide) نظیر گونه های مختلف گیاه "Derris"
 - (۳) فرار دهنده حشرات (insect repellent) نظیر گیاه "Melia azadirachta" برای فرار دادن حشرات و گیاه "Albizia procera" برای فرار دادن مورچه ها
 - (۴) ضد عفونی کننده (antiseptic)
 - (۵) زهرآگین کننده پیکان ها (arrow poison)
 - (۶) "ماهی کش" (fish poison) نظیر گونه های مختلف گیاه "Derris" از جمله : "D. elliptica" ، "D. Montana" و "D. pubipetala" (۶).

امروزه تحقیقات متعددی در این رابطه صورت پذیرفته اند بطوریکه ترکیبات مسبب چنین ویژگی هایی غالباً شناسایی و جداسازی گردیده اند. اخیراً عصاره های بیش از ۱۰ هزار گونه گیاه را از جهت قابلیت ضد سرطانی بر روی موش ها در ایالات متحده آمریکا آزمایش نموده اند (۶).

بسیاری از گیاهانی که از قدیم الایام به دلیل سمی بودن بعنوان حشره کش و یا فرار دهنده حشرات بکار می رفته اند، غالباً از توانایی کاربرد بعنوان "ماهی کش" نیز برخوردارند لذا در شیوه های سنتی برای صید ماهیان استفاده می شوند (۶).

«جدول ۱) گیاهان برخوردار از قابلیت "ماهی کشی" در جنوب شرقی آسیا (۶):»

نام علمی گیاه	خانواده	بخش مورد استفاده
<i>Acorus calamus</i>	شیپوری (Araceae)	ریشه ها
<i>Stemona burkillii</i>	استیموناسه (Stemonaceae)	ریشه های حجیم
<i>Ficus dinersifolia</i>	گزنه (Urticaceae)	لاتکس
<i>Polygonum barbatum</i>	هفت بند (Polygonaceae)	تمامی گیاه
<i>Polygonum orientale</i>	هفت بند (Polygonaceae)	تمامی گیاه
<i>Cissampelos pareira</i>	منیسپرماسه (Menispermaceae)	ریشه ها
<i>Stephania herandii</i>	منیسپرماسه (Menispermaceae)	ریشه ها
<i>Gynandropsis gynandra</i>	کور یا علف مار (Capparidaceae)	بذور
<i>Pittosporum ferrugineum</i>	پیتوسپوراسه (Pittosporaceae)	برگ ها و میوه ها
<i>Albizzia acle</i>	حبوبات (Lguminosae)	پوست
<i>Derris elliptica</i>	حبوبات (Lguminosae)	ریشه ها
<i>Milletia sericea</i>	حبوبات (Lguminosae)	ریشه ها
<i>Tephrosia candida</i>	حبوبات (Lguminosae)	ریشه ها، پوست، برگ ها
<i>Erythroxylon cuneatum</i>	کتان (Linaceae)	پوست، برگ ها
<i>Acronychia resinosa</i>	سدابیایان (Rutaceae)	پوست
<i>Buxus rolfiei</i>	شمشاد (Buxaceae)	میوه ها
<i>Cleistathus collinus</i>	فرفیون (Euphorbiaceae)	پوست، ریشه ها، برگ ها
<i>Euphorbia trigona</i>	فرفیون (Euphorbiaceae)	لاتکس
<i>Mallotus apelta</i>	فرفیون (Euphorbiaceae)	بذور
<i>Calophyllum inophyllum</i>	گوتیفره (Guttiferae)	پوست، برگ ها ، بذور
<i>Wickstroemia ridleyi</i>	مارزبون (Thymelaeaceae)	پوست
<i>Barringtonia acutangula</i>	لسیتیدیاسه (Lecythidiaceae)	پوست، بذور
<i>Aegiceras corniculatum</i>	میرسیناسه (Myrsinaceae)	پوست
<i>Diospyros ebnaster</i>	آبنوسان یا خرمالو (Ebenaceae)	میوه های نارس
<i>Styrax benzoin</i>	استیراکاسه (Styracaceae)	پوست، ریشه ها
<i>Callicarpa candicans</i>	شاه پسند (Verbenaceae)	برگ ها



ارزیابی قابلیت ماهی کشی و موش کشی لاتکس کاکتوس خیاری:

داروهای گیاهی تاکنون اهمیت خویش را بویژه در کشورهای در حال توسعه حفظ کرده اند و در مبارزه با بیماری های مختلف بکار گرفته می شوند. امروزه در حدود ۸۰-۶۰ درصد جمعیت جهان برای درمان امراض معمولی همچنان متکی به داروهای سنتی هستند. بر طبق گزارشات فائو بیش از ۶۰ هزار گونه گیاهی در سراسر جهان برای اهداف مختلف بهره برداری می شوند. از این گیاهان در حدود ۱۱۹۰ ماده شیمیایی خالص استخراج می گردد که جهت تهیه داروهای گوناگون بکار می روند (۹).

سموم گیاهی جزو داروهایی هستند که در برخی موارد استفاده می گردند. اینگونه سموم را از گل ها، پوست، بذور، میوه ها، ریشه ها، برگ ها، پالپ و گاهاً از تمامی پیکره گیاهان تهیه می نمایند. گیاهان سمی دارای ترکیبات فعال مختلفی از جمله آکالونیدها هستند. برخی از چنین ترکیباتی عبارت از : نیکوتین (nicotine)، پیرتروم (pyrethrum)، ریانیا (ryania)، روتنون (rotenone)، کومرین (coumerin)، رزین (resin)، آکامین (akuamine)، تان ها (tannins)، ساپونین ها (saponins) و دیوسجنین (diosgenin) می باشند.



از چنین سمومی معمولاً برای مصارف انسانی بهره برداری نمی کنند، بلکه از آنها غالباً برای محافظت گیاهان از تهدیدات خارجی در راستای افزایش تولیدات زراعی-باغی سود می جویند (۹). پژوهش ها نشان می دهند که "دیترپنوئیدها" (diterpenoids) از اصلی ترین ترکیبات شیمیایی گیاهان خانواده "فرفیون" (Euphorbiaceae) هستند که قادر به بروز فعالیت های سمیت زایی و ضد ویروسی می باشند. گیاه "کاکتوس خیاری" با نام علمی "*Euphorbia royleana*" از خانواده "فرفیون" و جزو گونه های آبدار دارای خار است که در هند و برخی کشورها بطور گسترده ای برای تهیه داروهای سنتی بکار می رود. لاتکس این گیاه از ساختار شیمیایی حائز فعالیت زیستی بهره می برد. بررسی های داروشناسی بیانگر آن است که لاتکس این گیاه دارای خواص دارویی و برخی تأثیرات آزاردهنده می باشد. از لاتکس مذکور در دُرهای کم بعنوان تصفیه کننده (puragative) استفاده می شود اما دُرهای بالاتر دارای خواصی چون : ایجاد حالت گسی یا جمع کنندگی، ایجاد سوزش ، کاهش ضربان قلب و قی آوری است (۹).

حضور ترکیباتی چون : "اپیتاراکسرول" ، "الاجیک اسید" ، "ایوفول" ، "تاراکسرول" ، "سیتوسترول" ، "هیدروکسی بنزوئیک اسید" ، "هیدروکسی بنزوکومارین" ، "متوکسی بنزوکومارین" و "دی هیدروکسی بنزوکومارین" در گیاه "کاکتوس خیاری" باعث شده است که گیاه مزبور علاوه بر خواص دارویی دارای قابلیت مسمومیت زایی نیز باشد (۹).

در یک آزمایش به بررسی اثرات "ماهی کشی" (piscicidal) و "موش کشی" (muricidal) لاتکس استخراجی از گیاه "کاکتوس خیاری" بر علیه جانوران زیر پرداخته شد :

الف) ماهی آب شیرین "کله ماری" (snake head) با نام علمی "Chana punctatus"
ب) موش "آلبینوی سوئیسی" (Swiss albino mice) با نام علمی "Mus musculus" (۹).



محاسبات آماری نتایج مکتسبه نشان داد که :

غلظت کشنده (lethal concentration) عصاره لاتکس با کشندگی ۹۰ درصد (LC 90) و کشندگی ۵۰ درصد (LC 50) برای هر دو حیوان آزمایشی مسموم کننده بوده است. سمیت عصاره لاتکس بر علیه ماهی آب شیرین مزبور بستگی به زمان و دُز مصرفی داشت در صورتیکه در مورد "موش آلبینو" فقط به دُز مصرفی وابسته بود. میزان سمیت در "موش آلبینو" در قیاس با ماهی "کله ماری" با شدت بسیار بیشتری بروز می یافت. نتایج پژوهش مبین آن بود که لاتکس مزبور باید در کمترین مقادیر و منحصرأ برای مقاصد درمانی (therapeutic) و شرایط بسیار ضروری مصرف گردد تا صدمه ای به سلامتی محیط زیست وارد نگردد(۹).



اثرات ماهی کشی پودر برگ توتون بر بچه "گره ماهی" بزرگ آفریقایی :

از مواد "ماهی کش" (piscicides) برای کنترل گونه های مزاحم در مراکز پرورش ماهی بویژه در استخرهای مسدود کم وسعت ، حذف ماهیان پرورشی به منظور کنترل انگل ها ، حفاظت و نگهداری گونه های بومی استفاده می کنند. بکارگیری مستمر این روش هیچگاه توصیه نمی شود زیرا سمیت مواد بکار رفته در ارگانیزم های آبی منتشر می شود و موجب بروز تغییراتی در آنها و شرایط محیط زیست می گردد (۵).

گیاهان "ماهی کش" بوفور توسط پرورش دهندگان ماهی در نقاط مختلف آفریقا بطور سنتی جهت صید ماهیان استفاده می شوند و بر اساس گزارشات موجود از کارایی بالایی نیز برخوردارند. پرورش دهندگان ماهی در نیجریه بصورت مداوم و مصرانه از گیاهان بومی "ماهی کش" با غلظت های زیاد و غیر ضروری استفاده می کنند و بدین ترتیب سبب کشتار دسته جمعی ماهیان تالاب ها می گردند و در نتیجه با آلودگی آب های شیرین به مجموعه ارگانیزم های آبی غیر هدف آسیب می رسانند (۵).

تنباکو (tobacco) یک نام متداول برای گیاه توتون (*Nicotiana tobacum*) می باشد. تنباکو از گیاهان بومی منطقه استوایی قاره آمریکا است که امروزه بصورت تجاری در سراسر جهان زراعت می گردد. تنباکو حاوی برخی ترکیبات شیمیایی گیاهی نظیر : نیکوتین ، آتاباسین (آکالوئید مشابه نیکوتین اما با فعالیت کمتر) ، گلوکوزیدهای تاباسین و تاباسینین ، تری متیل نفتوکونینون ، اسید پروپیونیک ، آنتالین ، آنتالین ، آنیتول ، آکرولین ، آنتابین ، سیمبرین ، چولین ، نیکوتیلین ، نیکوتیانین و پیرین است (۵).



تنباکو که معمولاً بعنوان گیاه اعتیادآور محسوب می شود، بطور کلی دارای کاربردهای زیر می باشد :

- الف) مخدر و اعتیادآور (narcotics)
- ب) "حلزون کش" (molluscicides)
- پ) "ماهی کش" (piscicides)
- ت) آفتکش (pesticides)
- ث) داروی بی حسّی (anesthetic) (۵).

در یک آزمایش میزان سمیت حاد پودر برگ های توتون (*Nicotiana tubaccum*) بر بچه ماهیان (حدوداً ۶/۵ گرمی) "گرچه ماهی" بزرگ آفریقایی با نام علمی "*Heterobranchus bidorsalis*" که از جمله ماهیان بومی آفریقا است ، طی یک دوره آزمایشی ۹۶ ساعته ارزیابی گردید. هدف آزمایش شامل تعیین غلظت کشنده (LC 50) پودر برگ های گیاه مسبب بروز تغییرات رفتاری در ماهی مزبور بود. بر اساس نتایج حاصله مقدار متوسط غلظت کشنده (LD 50) پس از ۹۶ ساعت بمیزان ۰/۴۰ گرم تعیین گردید. در این مطالعه به بررسی غلظت کشنده (LD 50) مقادیر مختلف پودر برگ های تنباکو بر بچه ماهیان "گرچه ماهی" بزرگ آفریقایی و تشخیص اثرات آن بر بافت های : آبشش ، کبد و کلیه بچه ماهیان مذکور پرداخته شد (۵).

نتایج بررسی نشان داد که : درصد بقاء بچه ماهیان به تدریج با کاهش غلظت کشنده پودر مصرفی افزایش می یافت. بچه ماهیان تحت آزمایش در لحظات قبل از مرگ به بروز رفتارهایی چون : تنفس سریع ، شنای سرگردان (مارپیچی و قائم ناهم‌هنگ) و استقرار در کف محفظه می پرداختند که نشاندهنده وجود استرس در آنان بود (۵).

تغییرات بافت شناسی (histological) در اندام های (آبشش ، کبد و کلیه) بچه ماهیان بنحو مشخصی مشهود بود که از جمله آنها می توان به : تجمع خون در آبشش ، تزاید سلول های بافت غشایی (موکوس) ، افزایش الیاف خارجی آبشش ، تجمع سلول های زائد مسبب کاهش کارایی آبشش ، تغییر شکل حفره های کبد ، ایجاد حفره های متعدد در کبد ، تورم کبد ، ایجاد حفره های فیبروز در پارانشیم کبد ، تغییر شکل بافت میانی کلیه ، چروکیدگی شبکه مویرگی و ایجاد زخم همراه با تشکیل حفره های سخت در بافت کلیه اشاره داشت (۵).



سمیت گیاه ماهی کش تایلندی در تالاب های پرورش :

امروزه "ماهی کش" های حاصل از منابع طبیعی نظیر : کنجاله بذور چای (tea seed cake) و ریشه گیاه "دریس" (Derris) از خانواده حبوبات (لگومینوزه یا فاباسه) بصورت گسترده ای در مناطق مختلف جهان بهره برداری می گردند. گیاه "دریس" بومی کشور هند می باشد و از ریشه هایش ماده ای سمی و "ماهی کش" بنام "روتنون" (rotenone) حاصل می آید. سمیت اینگونه مواد "ماهی کش" طی ۱۲-۷ روز بگونه ای نقصان می یابند که برای مصرف کنندگان بی ضرر می شوند. بعلاوه ماهی های کشته شده برای مصارف انسانی هیچگونه منعی ندارند. البته ریشه های گیاه "دریس" در تایلند قابل دسترس نیستند. کنجاله بذور چای باوجودیکه بسادگی در دسترس قرار دارد ولیکن از قیمت بالایی (هر کیلوگرم کنجاله بذور چای در تایلند معادل ۱/۴ دلار آمریکا) برخوردار است.

تاکنون در حدود ۳۶ گیاه با قابلیت جایگزینی پودر ریشه گیاه "دریس" در نیال شناخته شده اند.

بعلاوه مطالعاتی که در تایلند در مورد مسمومیت زایی ۲۲۱ گونه گیاهی انجام گرفت، نشان داد که ۵ گونه از گیاهان مذکور حائز توانایی "ماهی کشی" می باشند (۲).

گیاه "ماهی کش" تایلندی با نام علمی "*Maesa ramentacea*" متعلق به خانواده پامچال (*primulaceae*) از جمله درختان هرز سریع الرشدی است که برای :

(۱) کک های آبی (*cladoceran*) جنس *Moina* sp

(۲) ماهیان گونه های "*Oreochromis niloticus*" و "*Anabas testudines*"

(۳) میگوی سبز "*Penaeus merguensis*"

(۴) حلزون مخروطی "*Cerithidea cingulata*"

تأثیرات سمی سریع در شرایط آزمایشگاهی برجا می گذارد (۲).



آزمایشات متعددی با گیاه "*M. ramentucea*" در شرایط آزمایشگاهی و طبیعی انجام گرفته اند. نتایج حاصله نشان می دهند که گیاه مزبور در شرایط آزمایشگاهی بخوبی اثرگذار می باشد اما تأثیرات آن در شرایط طبیعی متأثر از : دما ، نور خورشید و جذب توسط ذرات خاک قرار خواهد بود. بعنوان مثال گزارش شده است که ماده "روتنون" حاصل از ریشه گیاه مذکور در استخرهای خاکی ۲-۳ برابر سریعتر از استخرهای سیمانی بی اثر می گردد.

بی اثر شدن (*detoxification*) سم "فوستوکسین" و "فوسفین" درون مخازن آزمایشگاهی تحت دمای ۲۳ درجه سانتیگراد پس از ۴ روز ولی درون استخرها تحت دمای ۳۰ درجه سانتیگراد پس از ۱ روز وقوع یافت (۲).

در آزمایش دیگری به ارزیابی توانایی "ماهی کشتی" کنجاله بذور چای و گیاه تایلندی "مایسا" پرداخته شد. این آزمایش در تالاب های نواحی شرقی تایلند و با غلظت ۲/۵ میلی گرم در لیتر بر علیه ۵ گونه ماهی زیر بکار گرفته شد :

Clurius sp (۱)

Cyprinus carpio (۲)

Gambusia sp (۳)

Oreochromis niloticus (۴)

(۲). Puntius gonionotus (۵)



کمترین میزان مرگ آوری پس از ۲۴ ساعت به شرح زیر در مخزن ماهی "Clurius sp" رخ داد :
الف) گیاه "مایسا" به میزان ۲۰ درصد
ب) کنجاله بذور چای به میزان ۲۸ درصد

بیشترین میزان مرگ آوری نیز پس از طی ۲۴ ساعت به ترتیب زیر در مخزن ماهی "P. gonionotus" وقوع یافت :
الف) گیاه "مایسا" به میزان ۹۷ درصد
ب) کنجاله بذور چای به میزان ۶۵ درصد

میزان اثربخشی هر دو ماده "ماهی گُش" بکار رفته در کشتار ماهی های تحت آزمایش دارای تفاوت معنی داری نبودند گوااینکه گیاه "مایسا" در حدود ۵۰ درصد بیشتر از کنجاله بذور چای در حذف ماهی های "C. curpio" و "P. gonionotus" از تالاب ها مؤثر واقع گردید. بر اساس اینکه دوره دوام سمیت دو نوع ماده مصرفی دارای تفاوت معنی داری از جنبه زمانی و توانایی "ماهی کشی" نبودند لذا "بذور ماهیان" (fish seed) پرورشی را می توان ۴ روز پس از کاربرد دو ماده "ماهی کش" مزبور در تالاب های پرورش با اطمینان رهاسازی نمود (۲).

ارزیابی ماهی گُش های گیاهی بر ماهی تیلایی نیل و یشه ماهی آمازون :

استفاده از مواد "ماهی گُش" (piscicides) بعنوان ابزاری در مدیریت تالاب ها طی آماده سازی محیط های پرورش و قبل از ریزش بچه ماهیان (fish stocking) با هدف خلاصی از شکارگران آنها از اهمیت وافری برخوردار است. البته ایده آل آن است که تالاب ها را قبل از آغاز دوره جدید پرورش آبزیان بخوبی بخشکانند تا کف تالاب در معرض تابش اشعه خورشید قرار گیرد و ضمن آن از وجود شکارگران خلاصی حاصل آید. چنین عملی در بسیاری از مواقع و شرایط از جمله فصول مرطوب سال در اقالیم استوایی و نیمه استوایی امکانپذیر نمی باشد. بنابراین اغلب کشاورزان که برای آماده سازی تالاب ها تعجیل می ورزند، لاجرم به کاربرد مواد "ماهی گُش" شیمیایی (غیر آلی) متوسل می شوند (۱).



امروزه در فیلیپین هیچگونه مواد "ماهی گُش" تأیید شده ای بجز برخی مواد آلی نظیر :

(۱) کنجاله بذور چای (tea seed cake)

(۲) پودر برگ های تنباکو (tobacco dust)

یافت نمی گردند لذا کشاورزان به کاربرد برخی مواد "ماهی گُش" تأیید نشده و غیر مرسوم نظیر : آفتکش های کشاورزی و "سیانید سدیم" دست می یازند زیرا آنها بسادگی در دسترس قرار دارند و سریعاً تأثیر می

گذارند. بنابراین با توجه به اینکه چنین موادی دارای اثرات منفی بر محیط زیست و سلامتی کشاورزان می باشند لذا ضرورت ارزیابی گیاهانی با قابلیت "ماهی کشی" مطرح می گردد تا به جهت سازگاری مواد گیاهی با محیط زیست هیچگونه آسیبی متوجه اکوسیستم ها نشود (۱).

بطور یقین گیاهان منبع پایان ناپذیر مواد بیولوژیکی فعال می باشند که می توانند بعنوان : "حشره کش" ، "ماهی کش" و "حلزون کش" مورد استفاده قرار گیرند. برخی از گیاهان خانواده بقولات (فاباسه، لگومینوزه) که از قابلیت "ماهی کشی" بهره مندند و بطور سنتی در فیلیپین جهت صید ماهیان استفاده می گردند عبارتند از:

Derris sp (۱)

Tephrosia sp (۲)

Lochocarpus sp (۳)

از بخش های مختلف این قبیل گیاهان شامل : ریشه ها ، بذور ، پوست ، برگ ها و لاتکس بعنوان ماده "ماهی کش" بهره می جویند. بعلاوه کشاورزان از اندام های گیاهی که فعالیت "ماهی کشی" افزون تری دارند، بعنوان "حلزون کش" (molluscicidal) استفاده می کنند (۱).

«جدول ۲) گیاهانی که بعنوان ماهی کش در فیلیپین بکار می روند (۱):»

مواد گیاهی	مقدار مصرف
ریشه های گیاه دریس	۴ گرم در مترمکعب ؛ ۱ کیلوگرم در هکتار
کنجاله بذور چای	۱۵۰ گرم در هکتار
کنجاله بذور کاملیا	۵۰-۲۰۰ گرم در هکتار
پودر بذور کروتون	۵۰-۲۰۰ گرم در هکتار

«جدول ۳) غلظت کشنده گیاهان ماهی کش (LC 50 به صورت g/l) (۱):»

گیاه	تیلاپای نیل (Nile tilapia)	کپور معمولی (Common carp)
Blumea balsamifera	۱/۵۴	۱/۳۷
Vitex negundo	۴/۹۵	۳/۵۳
Azadiracta indica	۱/۵۹	۰/۵۵
Tinospora rumphii	۰/۷۷	۲/۱۳



مراحل آماده سازی عصاره های گیاهی برای ارزیابی :

- ۱) مواد گیاهی برای ارزیابی غالباً به صورت عصاره محلول در آب آماده می گردند.
- ۲) مواد گیاهی تازه را وزن نموده و با استفاده از مخلوط کن به حالت خمیری در می آورند.
- ۳) قبل از صافی کردن باید مقداری آب مقطر به آن اضافه نمود.
- ۴) نسبت مواد گیاهی به آب مقطر باید ۱ به ۲ باشد یعنی ۱۰۰ گرم مواد گیاهی با ۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط گردد.
- ۵) با کمک پارچه ملل و از طریق چلاندن باید عصاره را از بخش جامد جدا کرد.
- ۶) عصاره گیاهی حاصله را باید بلافاصله به صورت تازه استفاده نمود (۱).



مراحل ارزیابی عصاره های گیاهی :

- ۱) ارزیابی های آماری از طریق شیوه های استاندارد **AWWA** ، **APHA** ، و **WPCE** انجام می پذیرند.
- ۲) میزان مرگ و میر ماهیان پس از مشاهده در فواصل زمانی : ۲۴ ، ۴۸ ، ۷۲ و ۹۶ ساعته پس از ریختن بچه ماهیان محاسبه می شوند.
- ۳) ماهیان مُرده بلافاصله جمع آوری و شمارش می شوند.
- ۴) در صورتی ماهیان مشمول اثربخشی گیاهان "ماهی کش" قلمداد می شدند که به رفتارهای زیر پردازند :
 - ۱-۴) بروز شنای نامنظم و سرگردان (**erratic swimming**)
 - ۲-۴) بیش فعالی (**hyperactivity**)
 - ۳-۴) تنفس سریع (**hyperventilation**)
 - ۴-۴) ناهماهنگی حرکتی (**ataxia**)
 - ۵-۴) کاهش واکنش به محرک های بصری (**decreased respond**)
 - ۶-۴) مرگ در صورتی که به محرک های مکانیکی واکنش نشان ندهد.
 - ۷-۴) عدم تعادل در شناوری (**lose balance**)
 - ۸-۴) حرکات سریع سر (**rapid opercular**) (۱).

غلظت کُشنده گیاهان ماهی کش :

غلظت های کُشنده (**lethal concentration**) هر گیاه آزمایشی در حالت های ۵۰ درصد کُشدگی (**LC 50**) و ۱۰۰ درصد کُشدگی (**LC 100**) پس از دوره های زمانی ۲۴ ، ۴۸ و ۹۶ ساعته ای که ماهیان در معرض تیمارها قرار گرفتند، ارزیابی شدند.

میانگیری (interpolation) بین دو غلظت به کشندگی کمتر تا کشندگی بیش از ۵۰ درصد می انجامید. مقایسه مرگ و میر دو نوع ماهی آزمایشی نشان داد که : "پشه ماهی" آمازون در قیاس با "تیلایای" نیل از LC 50 و LC 100 بیشتری برخوردار است. این موضوع نشان می دهد که "پشه ماهی" آمازون در مقابل گیاهان "ماهی کُش" آزمایشی در قیاس با "تیلایای" نیل مقاوم تر است (۱).



Gardenia latifolia



Haldina cordifolia



Holarrhena pubescens



Helicteres isora

دانش سنتی کاربرد گیاهان ماهی کُش در شمال هند :

از گیاهان "ماهی کُش" اصولاً بطور گسترده ای برای اهداف : زراعی ، اقتصادی و زیست محیطی جهت مدیریت آبراهه ها استفاده می کنند تا به کنترل گونه های نامرغوب (non-game) ماهیان نائل آیند. صید (برداشت) ماهیان با کمک گیاهان "ماهی کُش" (piscicidal) از جمله اعمال معمولی اقوام مستقر در استان "ناگالند" ناحیه شمال شرقی هند است. بسیاری از گیاهان "ماهی کُش" منطقه دارای خواص درمانی (therapeutic) می باشند لذا در تهیه داروهای سنتی برای درمان برخی بیماری ها کاربرد یافته اند. هفده نوع گیاه "ماهی کُش" که در منطقه بطور سنتی جهت صید ماهیان استفاده می شوند، در تهیه داروهای سنتی

نیز بهره برداری می گردند. در تهیه داروهای مذکور از بخش های مختلف چنین گیاهانی از جمله : ریشه ها ، پوست ساقه ، میوه ها و بذور استفاده می شود. بر طبق برخی گزارشات بیش از ۱۱۲ گونه گیاهی با قابلیت "ماهی کشی" وجود دارند که حداقل ۴۰ گونه از آنها در شمال شرقی هند رشد می کنند (۳).

امروزه عمدتاً از مواد "ماهی کش" مصنوعی یا سنتزی (synthetic) برای حذف ماهیان هرز و شکارگر از تالاب های پرورش آبزیان سود می جویند. هر چه مواد "ماهی کش" مصنوعی دارای سمیت شدیدتری بر ماهیان باشند آنگاه بقایای سمی و اثرات جانبی بیشتری بر سایر جانداران آبی برجا می گذارند لذا قاعدتاً از مقبولیت محیط زیستی کمتری برخوردارند. مواد "ماهی کش" مصنوعی به سادگی وارد زنجیره مواد غذایی می شوند و متعاقباً در پیکره جانداران آبی و خشکی زی (فلور و فون) تجمع می یابند و بدینگونه موجب بروز عواقب مصیبت آمیزی در اکوسیستم ها می گردند (۳).

برخلاف مواد "ماهی کش" مصنوعی که بقایای خطرناکی در محیط های آبی برجا می گذارند، مواد "ماهی کش" گیاهی (botanical) با شرایط محیط زیستی سازگاری دارند. آنها بسادگی تجزیه می گردند لذا هیچگونه بقایایی برجا نمی گذارند (۳).

تعدادی از گزارشات حاکی از آن می باشند که در حدود ۱۵ گونه گیاهی بعنوان "ماهی کش" در منطقه شمال شرقی هند توسط ساکنین بومی استفاده می گردند. اینگونه گیاهان دارای ترکیبات فعالی چون : "تری ترپنوئید" ، "ساپونین ها" و "روتنوئیدها" می باشند البته ماده "روتنون" استخراجی از آنها وسیعاً به صورت تجارتي نیز کاربرد یافته است. سایر سموم "ماهی کش" استخراجی از گیاهان این منطقه عبارت از : "فورانوکومارین" ، "دیترپن" ، "سیسکوئیترپن" ، "استرول اسیل گلوکوزید" ، "کوئینون" ، "فنیل پروپانوئید" ، "پرنیل" و "تریترپن" می باشند (۳).



Madhuca indica



Sterculia urens



Wrightia tinctoria



Ventilago denticulata

کاربرد گیاهان ماهی کش در پناهگاه حیات وحش کاوال هند :

قوم "گاند" که در پناهگاه حیات وحش "کاوال" ایالت "آندراپرادش" هند زندگی می کند، از ۲۵ گونه گیاه بومی بعنوان "ماهی کش" در جهت صید ماهیان بهره می جوید. بسیاری از مردمان قوم "گاند" به فعالیت های ماهیگیری اشتغال دارند لذا از دانش قومی و سنتی بخوبی برای تهیه عصاره های گیاهی سود می جویند و بدینطریق به صید ماهیان می پردازند (۷).

واضح است که از گیاهان سمی بطور گسترده ای توسط جوامع سنتی در سراسر جهان با هدف ماهیگیری استفاده می شود. عصاره های گیاهی را که برای ماهیان مسمومیت زا هستند، مواد "ماهی کش" یا "مرگ ماهی" (piscicides) می نامند. آنها حاوی ترکیبات متنوعی چون : آکالونیدها ، رزین ، تانن ، ساپونین ، نیکوتین و دیوسجینین می باشند. چنین ترکیبات فعالی در غلظت های زیاد برای ماهیان مسموم کننده هستند و در مدت کوتاهی بر آنها تأثیر می گذارند (۷).



Acacia pennata



Albizia procera



Catunaregam uliginosa



Diospyros lanceifolia



Jatropha curcas



Juglans regia



Milletia pachycarpa



Myrica esculenta



Polygonum hydropiper



Rhododendron arboreum



Sapindus mukorossi



Zanthoxylum armatum

مواد "ماهی کُش" مصنوعی که برای صید ماهیان بکار می روند، غالباً دارای ویژگی های زیر هستند :

الف) باعث بروز مقاومت های محیطی

ب) موجب طغیان برخی آفات

پ) تأثیرات سوء بر ارگانیزم های غیر هدف

ت) تجزیه دشوار و طولانی مدت (۷).

امروزه بواسطه هزینه های زیاد تولید و خسارات منبعث از مواد "ماهی کُش" سنتزی لاجرم به تحقیق در مورد منابع طبیعی اینگونه ترکیبات زیستی یعنی گیاهان بومی پرداخته اند. ترکیبات "ماهی کُش" با منشأ گیاهی دارای ویژگی های زیر می باشند :

(*) با محیط زیست سازگارند.

(**) بسادگی تحت تجزیه زیستی واقع می گردند.

(***) بقایایی در محیط زیست برجا نمی گذارند (۷).

دانشمندان با تحقیق در مورد گیاهان "ماهی کُش" دریافته اند که :

(۱) ترکیبات موجود در گیاهان "ماهی کُش" موجب بروز اختلالات فیزیولوژیک در ماهیان می شوند.

(۲) اغلب اینگونه گیاهان بواسطه اینکه دارای کاربردهای دارویی هستند، از اهمیت بسیاری برخوردارند.

(۳) بکارگیری گیاهان "ماهی کُش" به کشاورزان امکان می دهد تا بدون کاربرد مواد شیمیایی و عدم آسیب به محیط زیست بتوانند ماهیان ناخواسته را از سیستم های پرورش آبزیان در شرایط طبیعی یا "آکواکالچر" (aquaculture) حذف نمایند و با گیج کردن چنین ماهیانی به صید آنها بپردازند (۷).



(a) *Rourea thomsonii*



(b) *ipomoea carnea*



(c) *Adenium obesum*



(d) *Acacia penna*

فعالیت "ماهی کُشی" عصاره برگ و پوست گیاه "پروانش پروئی":

پژوهش های متعدد نشان می دهند که گیاهان حائز قابلیت "ماهی کُشی" اغلب حاوی ترکیبات فعال شناخته شده متعددی هستند که برخی از آنها عبارت از: رزین، تانن، ساپونین، نیکوتین و "دیوسجینین" می باشند. اینگونه آکالونیدها در غلظت های بالا برای ماهیان ایجاد مسمومیت می نمایند گوا اینکه دوام کوتاه مدتی دارند. تعداد زیادی از چنین ترکیباتی حائز ویژگی هایی چون: حشره کشی، ماهی کشی و حلزون کشی هستند. با این وجود کاربرد شدید آفتکش های شیمیایی در کشاورزی مدرن و سیستم های تأمین بهداشت عمومی باعث بروز معضلات زیست محیطی جدی گردیده اند (۱۰).

آفتکش هایی که امروزه بیشترین توجهات را در ارتباط با آلودگی های محیطی به خودشان معطوف داشته و کاربردهای وسیعی یافته اند عبارتند از:

(۱) انتاکلروفنل (PcPs)

(۲) پلی کلرینات بی فنیل (PcBs)

(۳) آترازین (Atz)

(۴) آرگانوکلرین (OCs)

(۵) آرگانوفسفات (Ops)

(۶) کاربامات ها (Kbm)

بدین طریق بقایای آنها از موقعیت آلوده سازی مداوم منابع آبهای سطحی برخوردار می گردند و تهدیدی جدی برای آبزیان آبهای شیرین بویژه حیوانات حساسی نظیر ماهیان و میگوهای آب شیرین (prawns) بشمار می آیند (۱۰).

فعالیت مسمومیت زانی (toxicological) درختچه "پروانش پروئی" (*Thevetia peruviana*) از خانواده "خرزهره" (Apocyanaceae) می تواند بواسطه وجود "فلاونوئیدها" و گلوکوزیدهای "تری ترپنوئید" باشد لذا بسیاری از گزارشات مؤید توانایی "ماهی کُشی" گیاه مذکور هستند (۱۰).

ماهی "کاتلا" (*Catla Catla*) یا "هامیلتون" با طول تقریبی ۶/۵ سانتیمتر و وزن ۶۴۹ میلیگرم که از جمله مهمترین کپور ماهیان هندوستان است و در بسیاری از منابع سطحی آب شیرین حضور دارد، بعنوان حیوان آزمایشی جهت ارزیابی قابلیت "ماهی کُشی" درختچه "پروانش پروئی" انتخاب گردید (۱۰).

در یک پژوهش اقدام به قرار دادن و خیساندن برگ ها و پوست درختچه "پروانش پروئی" برای مدت ۲۴ ساعت درون آب تازه حاوی ماهی "کاتلا" جهت ارزیابی قابلیت "ماهی کُشی" در دو وضعیت آزمایشگاهی و حوضچه سیمانی گردید. متعاقباً به تعیین مقدار غلظت کُشنده (LC 50) عصاره های برگ و پوست حاصل از حلال های مختلف (استن، دی اتیل اتر، اتیل الکل، کلروفرم، کربن تتراکلراید) از گیاه "پروانش پروئی" بر ماهی "کاتلا" اقدام شد. مقدار LC 50 عصاره استنی برگ های درختچه "پروانش پروئی" پس از ۲۴ ساعت در شرایط آزمایشگاهی و حوضچه سیمانی به ترتیب معادل ۸۸/۸ و ۵۲۹/۴ میلیگرم در لیتر بودند. بعلاوه LC 50 عصاره استنی پوست درختچه مزبور بعد از مدت فوق الذکر در شرایط آزمایشگاهی و حوضچه

سیمانی به ترتیب معادل ۹۹/۴ و ۵۹۱/۸ میلیگرم در لیتر با حضور آب تازه و ماهی "کاتلا" اندازه گیری شد (۱۰).

چنین مسیر و تمایلی در مورد سایر حلال ها نیز با عصاره های برگ و پوست گیاه "پروانش پروئی" ، آب تازه و ماهی "کاتلا" در شرایط آزمایشگاهی و حوضچه سیمانی تحت بررسی قرار گرفتند. بر این اساس عصاره استنی برگ ها و پوست این گیاه دارای اثرات شدیدتری در قیاس با عصاره های حاصل از سایر حلال ها در هر دو شرایط بودند. بنابراین ادامه آنالیزهای بیوشیمیایی اختصاصاً بر عصاره استنی "پروانش پروئی" در شرایط آزمایشگاهی متمرکز گردیدند (۱۰).

نتایج بررسی نشان داد که : قرار گرفتن ماهی "کاتلا" در معرض دُزهای کمتر از کشندگی (sub-lethal) یعنی LC 40 و همچنین LC 80 عصاره های استنی برگ ها و پوست گیاه "پروانش پروئی" پس از طی ۲۴ ساعت با احتمال ۵٪ بنحو معنی داری سبب بروز تغییراتی در : پروتئین کل ، اسیدهای آمینه آزاد ، DNA ، RNA ، پروتئاز ، اسید و فسفاتاز قلیایی در بافت ماهیچه ای ، کبد و غدد تناسلی (gonadal) ماهی "کاتلا" در شرایط آزمایشگاهی گردیدند (۱۰).



(e) *Euphobia kaerunica*



(f) *Thivetia nirifolia*

بررسی قابلیت ماهی کشی برخی گیاهان در نیجریه :

حتی در دوران حاضر نیز گیاهان "ماهی کش" بطور گسترده ای توسط ماهیگیران سنتی در سراسر جهان بمنظور صید ماهیان استفاده می شوند. بسیاری از اینگونه گیاهان "ماهی کش" به صورت غیر انتخابی (non-selective) عمل می کنند لذا بلافاصله باعث اختلال در تعادل اکولوژیکی اکوسیستم های آبی می شوند. مواد "ماهی کش" (piscicides) اصولاً ترکیباتی فیتوشیمیایی هستند که برای ماهیان مسموم کننده هستند که این موضوع به دلیل دربرداشتن اجزای فعالی نظیر : آکالونید ، نیکوتین ، تانن ، ساپونین ، پیپان ، رزین ، آمید ، ریسین ، گلیکوزید ، کاربازول ، کورسین ، کومانین ، پارکین ، ریسورانول ، کاردول و نظایرشان می باشد (۸).

بکارگیری اثرات گیاهان سمی (poisonous) نظیر گیاه "پروانش پرونی" (*Thevetia peruviana*) برای کاهش جمعیت موش ها تاکنون از کشورهای مختلف قاره سیاه نظیر : نیجریه ، کامرون و آفریقای جنوبی گزارش شده اند. برای این منظور کشاورزان ابتدا میوه های درختان سمی را له می کنند سپس آنرا با عصاره نیشکر مخلوط می سازند تا بعنوان یک طعمه مناسب از جذابیت لازم جهت جلب جوندگان برخوردار گردند (۸).

همچنین گزارشاتی از بکارگیری گیاهان سمی جهت کنترل نرم تنان آبی از جمله حلزون آبی که مسئول انتقال بیماریهای آبزاد هستند، وجود دارند. کاربرد گیاهان سمی که برای اهداف مختلف در اکوسیستم های آبی صورت می پذیرد، قاعدتاً به آلودگی جانداران اینگونه منابع زیستی از جمله : ماهیان ، نرم تنان ، میگوها و لابسترها خواهد انجامید (۸).



- Photograph showing a group of local people preparing piscicidal plants for fishing

بکارگیری تصادفی برخی گیاهان برای صید ماهیان در بسیاری از جوامع ماهیگیری سنتی دنیا صورت می گیرد درحالیکه چنین روش هایی با سلامت اکوسیستم های آبی سازگاری ندارند. مواد آکالونیدی موجود در اینگونه گیاهان در غلظت های بالا برای اغلب ماهیان مسمومیت زا هستند لذا در طی مدت کوتاهی باعث حذف آنها از محیط زیست می شوند. مهمترین گونه های گیاهی دارای قابلیت "ماهی کشی" در نیجریه عبارتند از :

(۱) *Thevetia mirifonia*

Euphodia paganorum (۲)

Balanites aegyptiaca (۳)

Adenium obesum (۴)

Azadirachta indica (۵).

در یک بررسی به توزیع پرسشنامه هایی در میان ۱۰۰ نفر از ماهیگیران دریاچه های داخلی نیجریه در ایالت "آداماوا" پرداخته شد تا از این طریق به ارزیابی :

الف) میزان آگاهی آنان از گیاهان "ماهی کش"

ب) اثرات جانبی آنان بر فون و فلور اکوسیستم های آبی منطقه

پ) قابلیت صید ماهیان با کمک گیاهان "ماهی کش"

ت) سایر کاربردهایشان پرداخته شود (۸).



نتایج بررسی ها نشان داد که :

(۱) ۶۵ درصد مخاطبین در سنین ۷۰-۴۱ سال

(۲) ۳۵ درصد در سنین کمتر از ۴۰ سال

(۳) ۴۵ درصد فاقد هر گونه آموزش های رسمی

(۴) ۳۵ درصد در حد آموزش های مذهبی و دبستانی

(۵) ۲۰ درصد دارای آموزش های دبیرستانی و بالاتر

- ۶) تمامی مخاطبین آگاه از قابلیت های گیاهان "ماهی کُش"
- ۷) ۷۵ درصد مخاطبین دارای سابقه بیش از ۱۰ سال در امور ماهیگیری
- ۸) تمامی مخاطبین فاقد هر گونه آشنایی با اثرات جانبی گیاهان "ماهی کُش" بودند (۸).



در این بررسی به ارزیابی ۱۳ گونه گیاه "ماهی کُش" در مکان های مختلف ماهیگیری پرداخته شد. سه گونه از این گیاهان که بصورت عادی توسط ماهیگیران سنتی نیجریه استفاده می شوند عبارتند از :

۱) گیاه بوته ای "*Adenium obesum*" از خانواده "خرزهره" (*Apocynaceae*)

۲) گیاه درختی "*Balanite aegyptica*" از خانواده "اسپند" (*Zygophyllaceae*)

۳) گیاه درختچه ای "*Thevetia nerrifolia*" از خانواده "خرزهره" (*Apocynaceae*)

نتایج بررسی ها مؤید آن بود که گیاه بوته ای "*A. obesum*" دارای بیشترین تأثیرات "ماهی کُشی" است بطوریکه پوست ساقه هایش از بیشترین خاصیت مزبور بهره داشتند (۸).



نتایج مذکور در نهایت بیانگر آن می باشند که باید آموزش ها و هشدارهای لازم به پرورش دهندگان آبیان در همه مناطق داده شود تا از امکان حضور یا عدم حضور انواع گیاهان "ماهی کش" در اطراف تالاب های پرورش آگاهی یابند. آنها همچنین باید از دزهای کشنده نسبتاً دقیق گیاهان سمی مطلع گردند تا با کاربرد نادرست و مازاد بر نیاز موجب مرگ جانداران آبی غیر هدف نشوند (۸).

منابع و مأخذ :

- 1) Caguan, A. G. & et al – 2016 – Evaluation of botanical piscicides on Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Mosquito fish (*Gambusia affinis*) – Central Luzon State University; Philippines
- 2) Chiayvaree, sajja & et al – 1997 – Toxicity of the Thai piscicidal plant (*Maesa ramentacea*) to fresh water fishes in ponds – *Aquaculture* 158: 229-234
- 3) Dominic, R. & S. N. Ramanujam – 2012 – Traditional knowledge and ethnobotanical uses of piscicidal plant of Nagaland, NorthEast India – *Indian Journal of Natural Products and Resources*, Vol. 3(4), pp. 582-588
- 4) Harada, jiro – 1994 – Allelopathy and toxicity to fish of aquatic weeds – National Institute of Agro_Environmental Sciences, Tsukuba, Japan
- 5) Jegede, Temitope & Bolanle, Olanrewaju – 2012 – Piscicidal effect of tobacco (*Nicotiana tabacum*) leaf dust on African giant catfish (*Heterobranchus bidorsalis*) finger lings – *Agriculture and Biology Journal of North American*; pp. 435-438
- 6) Kawazu, kazuyoshi – 2012 – The piscicidal plants in southeast Asia and their active constituents – Department of Food Science and Technology; Kyoto University
- 7) Murthy, E. N. & et al – 2010 – Piscicidal plants used by Gond tribe of Kawal wildlife sanctuary, Andhra Pradesh, India – *Indian Journal of Natural Products and Resources*; Vol. 1(1), pp. 97-101
- 8) Olukayode A., Sogbesan & E. Y. Ngadina – 2015 – Survey and availability of some piscicidal plants used by fishermen in Adamawa State, Nigeria – *Jou. Of Enviro. Sci. , Toxi. And Food Tech. , Vol. 9, Issue 2, Ver. I,* pp. 28-31
- 9) Sing, Pratibha & Ajay Singh – 2012 – Evaluation of latex extract of *Euphorbia royleana* for its piscicidal and muricidal activities – *World Journal of Agricultural Sciences*, 8(5) : 520-524

10) Singh, S. K. & et al – 2010 – Piscicidal activity of leaf and bark extract of Thevetia peruviana plant and their biochemical stress response on fish metabolism – European Review for Medical and Pharmacological Science, 14 : 915-923

" بررسی منابع و عوامل آلودگی رودخانه های گیلان ؛ "

" Resource & factors of water pollution of Guilan rivers "

مقاله مشترک :
اسماعیل پورکاظم ؛ شاهده محمدنژاد

پیشگفتار:

کیفیت آبها به وضعیت اقتصادی و سطح توسعه یافتگی کشورها بستگی دارد. ضمن گذشته ای نه چندان دور حتی در کشورهای صنعتی نیز آلودگی های باکتریایی آبهای سطحی بعنوان مشکلات جدی تهدید کننده سلامتی ساکنین شهرهای بزرگ مطرح بوده اند اما طی دو قرن گذشته برای رفع این نقیصه در کشورهای اروپایی و آمریکای شمالی به احداث شبکه های تصفیه فاضلاب های شهری اقدام شده است (۲۷). آلودگی آب رودخانه ها نظیر وجود آلودگی در مواد غذایی مصرفی ، آبهای آشامیدنی و هوایی که استنشام می کنیم، حائز اهمیت است (۲۵).



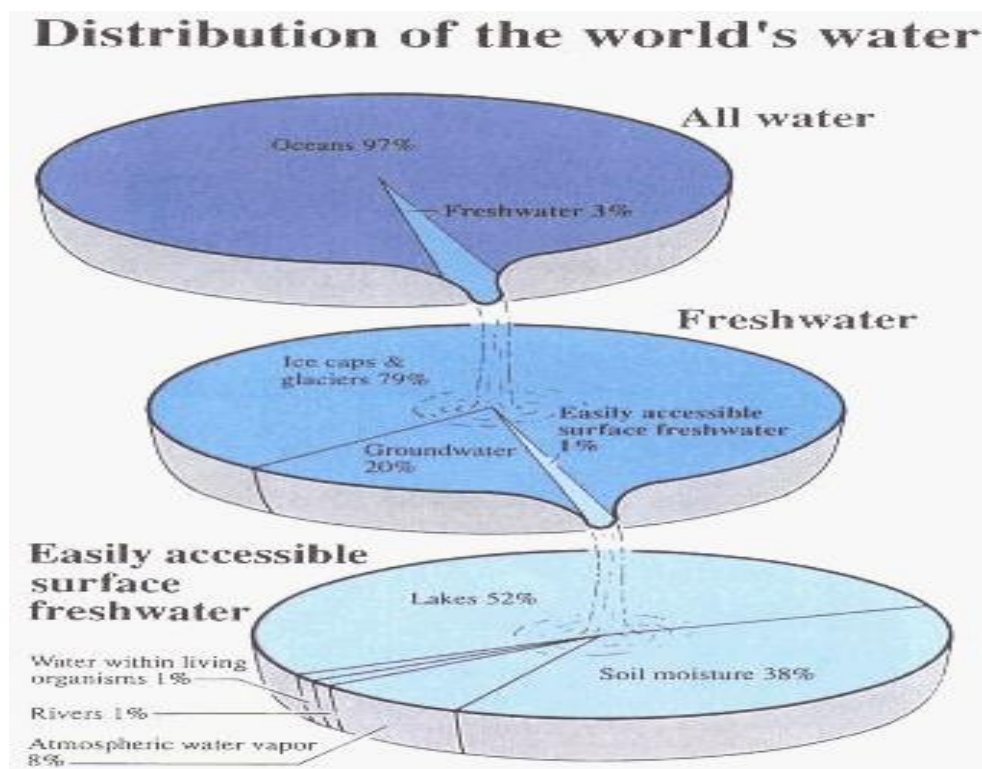
واژه آلاینده برطبق تعریف لغت نامه "American college dictionary" عبارت است از: «هر ماده ای که باعث ناپاکی (unclean)، لکه دار شدن (foul) و کثیفی (dirty) اجسام شود.» (۲۷)

همچنین موضوع آلودگی آبها (water pollution) بنابر تعریف دایرة المعارف "Wikipedia" عبارت از «وجود کثافات (contamination) در پیکره آبها از قبیل دریاچه ها، رودخانه ها، آبهای زیر زمینی و اقیانوس ها می باشند» (۳۰).

آلودگی آبها زمانی بوقوع می پیوندد که بدنه اصلی آبها به شدت تحت تأثیر افزایش مقادیر متناهی از سایر مواد آلاینده قرار گیرند بطوریکه آبها را از روند استفاده عادی خارج می سازند (۲۷).

شدت آلودگی آبها در اثر ضایعات صنعتی و کشاورزی پس از جنگ جهانی دوم شدت بیشتری یافت اما رشد سریع جمعیت بویژه در کشورهای آمریکای لاتین و آسیا؛ این کشورها را بر آن داشت که در زمینه ایجاد زیر ساخت های تصفیه آبها اقدام کنند تا از شیوع بیماریهایی چون وبا (cholera) جلوگیری گردد (۲۷).

بطور تقریبی بیش از ۷۰ درصد سطح زمین را آب فراگرفته است که بدون شک گرانبهاترین منابع طبیعی کره زمین محسوب می گردد که در دسترس بشر امروز قرار دارد بطوریکه بدون آب و اجزاء آن یعنی نیدروژن و اکسیژن نمی توان هیچگونه زندگی و رونقی را برای انسان های این کره خاکی متصور شد. باوجودیکه بشر به این حقیقت بزرگ اذعان دارد ولیکن نسبت به آلودگی منابع آبی از قبیل رودخانه ها، دریاچه ها و اقیانوس ها بی توجه است و این امر بطور آهسته منجر به صدمات جدی به محیط زیست و جاندارانش می گردد. انسان باید در راستای نبرد بی امان با آلودگی آبها به درک مشکلات موجود بپردازد بطوریکه خود جزئی از راه حل ها گردد (۲۷).



بیش از ۹۷ درصد آبهای کره زمین را آبهای شور دریاها و اقیانوس ها تشکیل می دهند و ۲ درصد آنها نیز در قطب ها (polar ice-caps) انباشته شده اند و آبهایی که در اتمسفر ، رودخانه ها ، دریاچه ها و منابع آبهای زیرزمینی کمتر از یک درصد کل آبها را تشکیل می دهند که این مقدار اندک باید تمامی نیازهای صنعتی، کشاورزی، خانگی و شرب بشر را برآورده سازد. منابع آب سالم بصورت جدی بحالت هشدار دهنده ای رسیده است چنانکه با افزایش رو به تزاید مورد انتظار جمعیت بشر در سالهای آینده با معضل کمبود آب مناسب و قابل شرب مواجه خواهیم بود(۲۵).

در این راستا یادآوری حقایق بشرح زیر می توانند واضح اهمیت مطلب باشند:

- ۱- ۹۵ درصد کل آبهای شیرین کره زمین منهای یخچال های قطبی بصورت آبهای زیر زمینی می باشند که به آنها سفره آب زیر زمینی (aquifers) گفته می شود و نقش حیاتی در زندگی بشر ایفا می کنند.
- ۲- ۵۳ درصد جمعیت زمین به آبهای زیر زمینی برای شرب متکی هستند و این موضوع در مناطق روستایی به میزان بیشتری مطرح می باشد.
- ۳- ۸۱ درصد کل آب مصرفی جوامع انسانی از طریق آبهای زیر زمینی مرتفع می شوند.
- ۴- تقریباً ۱/۵ میلیارد از مردم جهان فاقد آب شرب مناسب هستند و سالانه حداقل ۵ میلیون نفر بر اثر بیماریهای ناشی از آبهای آلوده تلف می شوند .
- ۵- آلودگی آبها در مرزهای کشورها محدود نمی گردند و بتدریج به آلودگی کره زمین انجامیده و زندگی موجودات زنده را تهدید به نابودی می کنند(۲۷).
- ۶- آبهای آلوده روزانه باعث مرگ بیش از ۱۴۰۰۰ نفر از انسانها می گردد.
- ۷- حدود ۷۰۰ میلیون هندی دسترسی به توالت مناسب ندارند.
- ۸- حدود ۱۰۰۰ کودک هندی روزانه از بیماری اسهال (diarrheal) تلف می گردند.
- ۹- حدود ۹۰ درصد شهروندان چینی به درجاتی از آلودگی آبها رنج می برند.
- ۱۰- حدود ۵۰۰ میلیون نفر از مردم جهان از دسترسی به آب های تصفیه شده بی بهره اند.
- ۱۱- تقریباً ۴۵ درصد آب جویبارها ، ۴۷ درصد آب دریاچه ها ، ۳۲ درصد آب خلیج ها در ایالات متحده آمریکا دچار انواع آلودگی ها گردیده اند که تمامی آنها در اثر فعالیت های انسانی (anthropogenic) بوده اند(۳۰).



مقدمه :

امروزه کمتر رودخانه ای را می توان در استان گیلان یافت که بر اثر نفوذ و یا نشت فاضلاب ها آلوده نشده باشد. در میان استان ها و مناطق مختلف کشور ما، استان گیلان از لحاظ زیست محیطی وضعیت ویژه ای دارد. جمعیت این استان بیش از ۲ میلیون و ۲۵۰ هزار نفر است. در این استان بدلیل بالا بودن سطح آبهای زیرزمینی خطر نفوذ انواع پساب ها و در نتیجه آلوده شدن منابع آب و خاک بیشتر است. در بیش از ۸۰ رودخانه گیلان آلاینده ها از طریق فاضلاب شهری و خانگی سرازیر می شوند. این رودخانه ها تا سه دهه پیش از آبی زلال و سرشار از انواع آبزیان و ماهیان برخوردار بودند اما امروزه کمتر رودخانه ای را در گیلان می توان یافت که بر اثر نفوذ و یا نشت فاضلاب ها آلوده نشده باشد. (۹)

رها شدن زباله ها در جنگل و دامنه های کوهستانی و دفع غیر بهداشتی آنها بسیاری از چشم اندازهای مسحور کننده این استان را نازیبا و مشمزنکننده ساخته است. رها شدن زباله ها در سطح زمین، کانال های آب و حاشیه شهرها علاوه بر آلودگی شدید، موجب افزایش بی سابقه جانورانی چون موش ها شده است که به نوبه خود ناقل انواع میکروبها و شیوع بیماریها می باشند. زباله هایی نظیر انواع پلاستیک، بطری و فلزات گوناگون به دلیل پایدار بودن تا مدت های مدید و سالهای بس طولانی در خاک باقی می ماندند و باعث آلودگی های بسیار وسیع می شوند (۹).



روند افزایش آلودگی ها، منابع آبی استان گیلان را از نظر کیفی و کمی تهدید می کنند. آلودگی های بی رویه و بی حد و حصر آبهای سطحی نظیر آب رودخانه ها و تالاب ها ، استفاده از سموم شیمیایی در مزارع کشاورزی، برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه ها، ریختن زباله ها در داخل و حاشیه رودخانه ها موجب شده است که منابع آبی استان به شدت آسیب ببینند. تغییر در ماهیت آب های سطحی که بیش از ۷۰ درصد آب شرب استان را تأمین می کنند و آلودگی آبهای زیرزمینی از جمله مشکلاتی هستند که بر نگرانی ها افزوده اند. بدین ترتیب استان گیلان که یکی از بهترین و سالم ترین آب های زیرزمینی و سطحی را در گذشته داشت، طی ۴۰ سال اخیر وضعیت منابع آبی آن به بدترین شکل تبدیل شده است. بدلیل شرایط خاص نزدیکی آبهای سطحی استان گیلان با آبهای زیرزمینی، آلودگی ها با سرعت بیشتری انتقال و انتشار می یابند و رودخانه ها این رگ های حیاتی پرباران ترین استان کشور نیز سال به سال آلوده تر می شوند. به گفته کارشناسان، تاکنون برنامه ریزی درستی برای استفاده بهینه از آب ورودی استان گیلان وجود نداشته و یک تحقیق نشان می دهد که از بیش از یک هزار میلی متر بارندگی سالانه این استان فقط یکصد میلی متر آن به مصرف مفید گیاهان می رسند (۲۱).

یکی دیگر از انواع آلاینده های محیط زیست استان گیلان فاضلاب های صنعتی هستند. به علت نبود آمایش سرزمین و مکان یابی مناسب ، تمرکز واحدهای صنعتی در استان گیلان درست انجام نشده است و به همین دلیل هرساله شاهد سرازیر شدن پساب های صنعتی به آب رودخانه ها و دریاچه ها و مرگ و میر آبزیان هستیم. حداقل از هم اکنون باید برای مکان یابی شهرک های صنعتی این استان چاره اندیشی شود تا از

خسارت بیشتر جلوگیری به عمل آید. سرزمین گیلان و سواحل زیبای آن ارزش اقتصادی، اکولوژیک، سیاحتی و اجتماعی بسیار بالایی دارد و انتقال زیاله ها و آلاینده های شهری از طریق رودخانه ها به سواحلش آسیب می رسانند. یک بررسی کشوری نشان می دهد که مابین بیش از ۱۶۰ رودخانه مهم آلوده کشور، میزان آلودگی ۷۰ رودخانه بسیار زیاد است که رودخانه سفیدرود، زرجوب، و گوهر رود رشت نیز از جمله این رودخانه ها محسوب می شوند. رودخانه سفیدرود با تأمین ۸۰ درصد آب استان از جمله منابع آبی مهم گیلان بشمار می رود که از خارج از این استان سرچشمه می گیرد و آلودگی و تغییرات آن به هشت استان دیگر نیز ارتباط دارد و این در حالیکه بقیه ۲۰ درصد آب استان گیلان از ۴۴ رودخانه داخلی این استان تأمین می شوند (۲۱).



موقعیت جغرافیایی گیلان :

استان گیلان در شمال ایران، بین دریای خزر از یک طرف و ارتفاعات تالش و بخشی از البرز غربی از طرف دیگر قرار گرفته است. مرزهای خشکی شمالی و جنوبی آن را به ترتیب، رودهای آستارا (در شمال) و شاهرود و قزل اوزن (در جنوب) تشکیل می دهند درحالیکه محدوده های شرقی و غربی آن بیشتر بر خط الرأسها و یا تقسیم آبهای کوهستان های تالش و البرز غربی منطبق است و ارتباط وسیعی با دریای خزر دارد لذا طبیعتاً بخشی از قلمرو آب های این دریا نیز جزء محدوده این استان است. گسترش محدوده های سیاسی استان تابعی از نقش حرکات زمین ساخت و نوسان سطح آب دریای خزر از یک طرف و دخالت عوامل

دینامیک بیرونی (فرسایش) بویژه در طول دوره چهارم زمین شناسی (هولوسن) از طرف دیگر می باشد. بدین ترتیب استان گیلان در مجموع از شمال و شمال شرق به دریای خزر، از شرق به شهرستان رامسر (در استان مازندران)، از جنوب به استان قزوین و شمال شرقی شهرستان زنجان و از غرب و شمال غربی به شهرستان های خلخال و اردبیل محدود است .

موقعیت جغرافیایی استان گیلان بین ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه و ۲۱ ثانیه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه و ۹ ثانیه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه و ۱۱ ثانیه تا ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه و ۴۴ ثانیه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. گسترش جغرافیایی آن به پهنه هلالی شکلی شباهت دارد که بخش شرقی آن شامل قسمتی از البرز غربی و جلگه گیلان با پهنای بیشتر و بخش غربی و شمالی آن با عرضی کمتر از کوهستان های مرتفع تالش و جلگه باریکی در ساحل دریای خزر تشکیل شده است. بدون در نظر گرفتن شیب دامنه ها در نواحی کوهستانی ، گستره ی مسطوی و به عبارتی وسعت استان گیلان در حدود ۱۴۷۱۱ کیلومترمربع می باشد.



گیلان با توجه به ویژگی های طبیعی اش در بین نواحی کوهستانی و دریای خزر یکی از سرسبزترین، حاصلخیزترین و زیباترین استان های ایران به شمار می آید. در محدوده استان گیلان بر اساس آخرین تقسیمات کشوری در سال ۱۳۸۵، تعداد ۱۶ شهرستان، ۴۳ بخش، ۴۹ شهر، ۱۰۹ دهستان و ۲۶۹۵ آبادی دارای سکنه وجود دارد . شهرستان های گیلان عبارت از: آستارا، آستانه اشرفیه، املش، بندرانزلی، رشت،

رضوانشهر، رودبار، رودسر، سیاهکل، شفت، صومعه سرا، تالش، فومن، لاهیجان، لنگرود و ماسال هستند (۱۰).

استان گیلان دارای آب و هوای معتدل و مرطوب ناشی از تأثیرات مجاورت کوه های البرز و دریای خزر با رطوبت نسبی ۱۰۰-۴۰ درصد و متوسط بارندگی سالانه ۱۲۸۰ میلیمتر و متأثر از سه جریان هوایی سیبری، اسکاتدیناوی و مدیترانه ای است بطوریکه شهرستان آستارا در غرب استان دارای سردترین شرایط آب و هوایی و بندرانزلی دارای گرمترین شرایط اقلیمی می باشند. حداکثر بارندگی گیلان در ماه های شهریور تا آبان و حداقل ریزش های جوی در ماه های خرداد تا مرداد وقوع می یابد. گیلان دارای ۳۹۱۸۰۰ هکتار اراضی کشاورزی است که به تولید محصولات مختلفی نظیر برنج (۳۶ درصد نیاز کشور)، چای (۹۰ درصد تولید داخلی)، ابریشم (۵۰ درصد تولید کشور)، زیتون (۶۵ درصد تولید کشور)، بادام زمینی، فندق، مرکبات و غیره اختصاص دارند (۱۰).



رودخانه های گیلان :

گیلان از زمان های قدیم به دو بخش غربی و شرقی تقسیم شده است. برخی از رودهای گیلان در غرب و برخی دیگر در شرق این استان جریان دارند. معروف ترین رودهای گیلان عبارتند از:

(۱) سفیدرود یا پرآب ترین رود که آن را از بسیاری جهات باید شریان حیاتی گیلان دانست. رود قزل اوزن از کردستان و آذربایجان و رودخانه شاهرود که از استان سمنان جریان دارد، در منجیل به هم می پیوندند و سفیدرود (سپیدرود) را بوجود می آورند. مهمترین شاخه های سفیدرود در دلتا عبارت از : گیله رود، خمام رود، حشمت رود، صیقلان رود و نورود می باشند. (۸)

(۲) آستاراچای که مرز بین ایران و جمهوری آذربایجان است.

(۳) رود مرداب آستارا که دارای سه شاخه فرعی می باشد و مساحت حوزه آبخیزش ۵۶ کیلومترمربع است.
 (۴) کانرود که رودی غیردائمی است و وسعت آبخیز آن ۲۸/۸ کیلومترمربع است.
 (۵) لوندویل که وسعت حوزه آبخیز آن در باش محله حدود ۳۷ کیلومترمربع است.
 (۶) چلونرود که وسعت حوزه آبخیز آن تا ناحیه "خان حیاطی" ۶۵ کیلومترمربع می باشد.
 (۷) رود "لمیر" که از دو شاخه تشکیل شده وسعت ناحیه آبخیز آن تا "قربان علی محله" حدود ۵۱ کیلومترمربع است.

(۸) رود حویق که از دو شاخه تشکیل شده و وسعت ناحیه آبخیز آن ۱۲۲ کیلومترمربع می باشد.
 (۹) رود چوبر که دارای سه شاخه فرعی است و وسعت ناحیه آبخیز آن ۷۰ کیلومترمربع است.
 (۱۰) رود شیرآباد، که حوزه آبخیز آن مساحتی در حدود ۸۳ کیلومترمربع را اشغال کرده است.
 (۱۱) رود لیسار که جریان آب آن دائمی نیست و وسعت ناحیه آبخیز آن ۱۷۸ کیلومترمربع است.
 (۱۲) رود "خطبه سرا" که ناحیه آبخیز آن ۶۸ کیلومترمربعی می باشد.
 (۱۳) گرکانرود که بزرگترین رود در ناحیه غربی گیلان یا منطقه تالش است و وسعت حوزه آبخیز آن ۵۲۳ کیلومترمربع است.

(۱۴) رود "خاله سرا" که وسعت ناحیه آبخیز آن ۴۷ کیلومترمربع است.
 (۱۵) رود "دیناچال" که از ارتفاعات ۲۹۰۰ متری دره های کوچک "شیرگلی داغ" سرچشمه می گیرد.
 (۱۶) شفارود که دومین رود پرآب منطقه تالش است و ضمناً جنوبی ترین رود این منطقه به شمار می رود.
 (۱۷) رود چاف که از رودهای فومنات و همجوار حوزه شفارود است.
 (۱۸) رود خالکائی که از رودهای فومنات است و سرچشمه آن در ارتفاعات ماسوله قرار دارد.
 (۱۹) رود "پیربازار" که از دو رودخانه سیاهرود در شرق رشت و گوهررود در غرب این شهر بوجود آمده است. دو رودخانه گوهررود و سیاهرود (سیاه رود، سیاورود، صیقلان رودبار و زرجوب) در ناحیه "کماکل" به هم می پیوندند و رودخانه پیربازار را تشکیل می دهند. این رودخانه از مشهورترین رودخانه های گیلان است. شهرت این رودخانه در گذشته به خاطر اهمیت تجارتی و ارتباطی آن بود و امروزه بواسطه آلودگی آن است. از همین رودخانه بود که سالیانه هزاران نفر به انزلی و از آنجا به اروپا مسافرت می کردند. (۸)
 (۲۰) رود پسیخان که دارای دو شاخه فرعی یعنی رود "امامزاده ابراهیم" و رود "سیاه مزگی" است. سد انحرافی پسیخان روی این رودخانه احداث شده است. رود خانه پسیخان از مهمترین رودخانه های حوزه تالاب انزلی است که از به هم پیوستن سه رودخانه "سیاه مزگی"، چوبر (امام زاده ابراهیم) و "چنار رودخان" تشکیل یافته است. این رودخانه از ارتفاعات تالش به نام پشته کوه سرچشمه گرفته و پس از عبور از روستاهای جیرده، پسیخان و نوخاله تمامی روان آب خود را که متوسط ۲۵ ساله اش (۱۳۴۷-۷۲) در ایستگاه نوخاله ۷۲۰۲۶۰ میلیون مترمکعب است به تالاب انزلی تخلیه می نماید. سابقاً این رودخانه را "باغبان خاله" نیز می گفتند و رودخانه مزبور، امیرنشین رشت را از امیرنشین فومن جدا میکرد و موجب تقسیم گیلان "بیه پس" به دو قسمت باختری و خاوری می گردید. (۸)
 (۲۱) "زاغه روبار" که وسعت حوزه آبخیز آن ۱۰۰ کیلومترمربع است و در شمار رودهای فومنات محسوب می شود.

(۲۲) "پلنگ ور" که از رودهای فومنات است.

(۲۳) "گاز روبار" که از نواحی شهری فومن و صومعه سرا می گذرد و به دریای خزر در منطقه می ریزد.

۲۴) رود "شاخرز" که از رودهای فومنت است و به نام های "جمعه بازار" و "پیش رودبار" نیز معروف است.

۲۵) "لنگرود رودخان" که از ارتفاعات ۵۰۰ متری جنوب لاهیجان در حوالی منطقه "آهندان" سرچشمه می گیرد.

۲۶) "شلمان رود" با سطح حوزه ۳۹۲ کیلومتر که از رود های مهم شرق گیلان است.

۲۷) پلرود که بزرگترین رودخانه شرق گیلان به شمار می آید و وسعت حوزه آبخیز آن در "درازلات" ۱۷۲۵ کیلومترمربع می باشد و "رود سموش" نیز یکی از شاخه های فرعی پلرود به شمار می آید.

۲۸-۳۲) رودهای "گزاف رود" ، "مرسارود" ، "هجین رود" و جریان های کوچکی نظیر "آغوزکله" و "خشکه لات" را نیز باید از رودهای شرق گیلان به شمار آورد.

علائم آلودگی آب ها (signs of pollution):

مواجه شدن با هر یک از موارد زیر می توانند دلیلی بر آلودگی آب رودخانه ها باشند :

۱- شناور بودن تعدادی ماهی مُرده بر سطح آب

۲- تغییر رنگ یافتن آب رودخانه ها

۳- به مشام رسیدن بوی ناخوشایند ، آزار دهنده و غیر عادی ،

که مردم در صورت مشاهده هر گونه علائم آلودگی باید آنرا به اداره کنترل آلودگی (pollution control

office) و یا اداره محیط زیست منطقه با جزئیاتی چون : تاریخ ، ساعت ، محل دقیق و مورد مشاهده شده ،

گزارش نمایند تا افراد و واحد های متخلف تحت پیگردهای قانونی قرار گیرند (۲۵).



آلودگی آب رودخانه ها در سایر کشورها:

۱) مقادیر زیادی از فاضلاب ها (sewers) بداخل رودخانه خروشان "Niantic" شهر "East Lyme" ناحیه "Waterford" تخلیه می گردند که باعث آلودگی آب های زلال رودخانه می شوند. این رودخانه بداخل خلیج "Niantic" سرازیر می شود و تمامی مواد آلاینده را به آن منتقل می سازد. متخصصان عقیده دارند، موادی که از این طریق به درون رودخانه ریخته می شوند اصلی ترین منابع نزول (deterioration) پاکیزگی سواحل (coastal) و مصب (estuarine) رودخانه مذکور هستند که تماماً حاصل از فعالیت های بشر (manmade) می باشند. شدت این آلودگی بنحوی است که حوزه رودخانه در ۶ سال اخیر بطور کامل برای ماهیگیری ممنوع اعلام شده است. آلودگی رودخانه مذکور باعث مرگ ماهیان و دیگر آبزیان گردیده بطوریکه در میان مردم بصورت این ضرب المثل (proverbial) در آمده است که : «رودخانه عامل مرگ هزاران گربه است که از این ماهیان رودخانه تغذیه می کنند» (۲۶).

از منابع ایجاد آلودگی رودخانه را سیستم فاضلاب شهری (septic systems) شهر "East Lyme" عنوان می نمایند که در ۴ نقطه به درون این رودخانه سرازیر می شوند. کودهای شیمیایی مازاد ، مدفوع حیوانات خانگی و وحشی (pet & wildlife) ، رواناب های خانگی و تانکرهای حاوی فضولات انسانی از عوامل اصلی آلودگی این رودخانه بشمار می آیند (۲۶). مأموران محیط زیست برای بررسی های داخل رودخانه ای از قایق پارویی (boat) و کرجی های کوچک موتوری (skiff) استفاده کردند و نمونه برداری ها از ماه اوت ۲۰۰۳ آغاز گردید و در این راه از حمایت پلیس محلی و همکاری های متخصصین محیط زیست برخوردار شدند (۲۶).

۲) آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA = environmental protection agency) هندوستان به مطالعه آلودگی های رودخانه سند (Sindh) در سال ۲۰۰۸ پرداخته است. نتایج تحقیقات بیانگر آن است که میزان آلودگی های صنعتی در بالاترین حد قرار دارند و میزان آلودگی میکروبی (coliform) به ۸۰۰ در ۱۰۰ میلی لیتر از نمونه ها رسیده اند که تمامی آنها ناشی از سرازیر شدن فاضلاب های تصفیه نشده شهری و صنعتی می باشند (۲۸). بر اساس استانداردهای WHO و EU در مورد شرایط (guideline) آب های آشامیدنی مشخص شد که هیچیک از رودخانه ها و دریاچه های داخلی هندوستان قابل شرب نمی باشند و مقایسه استانداردهای جهانی با وضعیت فعلی رودخانه های هندوستان آنچنان مغایرت دارند که اصطلاحاً آنرا: "It is just like comparing orange with apples"

۳) اعضاء گروه های ماهیگیری محلی (angling) گزارش کردند که فاضلاب های شهری تصفیه نشده ای که به رودخانه "تولکا" (Tolka) نزدیک شهر "دوبلین" پایتخت کشور ایرلند جنوبی در اواسط جولای ۲۰۰۵ وارد می شدند سبب کشتار دسته جمعی ماهیان گردیده اند. البته پیگیری ها مؤید هیچگونه تخلیه مداوم فاضلاب از لوله ها در محل آلودگی ها نبود گرچه آثار سوختگی ناشی از مواد شیمیایی بر گیاهان کرانه های رودخانه به همراه تغییر رنگ بستر رودخانه و نابودی جانوران و گیاهان آبی (aquatic flora & fauna) انتهای جویبار در اطراف محل خروجی لوله های فاضلاب شهری مشاهده می شد. ماهیان زنده مانده (از نوع بچه ماهیان آبوس = Juvénile stickle back) و بی مهرگان (invertebrates) در ۵ متری بالاتر از محل تخلیه فاضلاب قابل مشاهده بودند اما هیچگونه آثاری از آنها در پائین تر از محل خروجی فاضلاب دیده نمی شد. بویی شبیه بوی آمونیاک (ammonia-like) در اطراف محل به مشام می رسید که بنحو آشکاری باعث مشکلات تنفسی و سوزش پوست و چشم می گردید (۲۴).



برای انجام بررسی های بیشتر اقدام به تهیه تعدادی نمونه آزمایشی از محل مورد نظر گردید. بررسی ها نشان داد که فاضلاب های تصفیه نشده هر از چند گاهی برای مدت ۵ دقیقه از طریق لوله ها در رودخانه تخلیه می شوند. این موضوع باعث شد که مسئول محیط زیست منطقه از کارخانه تولید کننده فاضلاب تعهدی مبنی بر عدم تکرار چنین مواردی اخذ نماید. تحقیقات بیشتر مشخص نمود که بیش از ۱۰۰۰ ماهی بویژه گونه های ماهی قزل آلا (salmonid) و غالب بی مهرگان (macro invertebrates) در اثر تخلیه فاضلاب تا مسافت قابل توجهی نزدیک به ۷ کیلومتر بطرف پائین رودخانه از بین رفته اند. رودخانه "تولکا" دارای جمعیت متنابهی از ماهی های قزل آلا است هرچند این رودخانه بر طبق آئین نامه های اتحادیه اروپا (EU directive 78/659.S.I.293/1988) فاقد استانداردهای پرورش چنین آبزیانی می باشد (۲۴).

جدول ۱) گزارش تجزیه های آزمایشگاهی آلودگی آب رودخانه "تولکا" (۲۴)

نمونه ها	B.O.D (mg/l)		C.O.D (mg/l)		PH		مواد جامد (mg/l)		ارْتُوفسفات (mg/l)		آمونیم (mg/l)	
	مقدار	حد	مقدار	حد	مقدار	حد	مقدار	حد	مقدار	حد	مقدار	حد
۱۲۰ متر پائین تر از لوله	۰/۶	<۵	۱۳/۲	<۵	۸/۳	۶-۹	<۱۰	<۲۵	۰/۱۴۵	نامشخص	۰/۰۰۹	<۱
۵ متر پائین تر از لوله	۰/۴	<۵	۱۶/۱	<۵	۸/۳۵	۶-۹	۱۶	<۲۵	۰/۱۴۳	نامشخص	۰/۰۷۲	<۱
۵ متر بالاتر از لوله	۰/۲	<۵	۱۳/۵	<۵	۸/۳	۶-۹	<۱۰	<۲۵	۰/۱۴۱	نامشخص	۰/۰۶۴	<۱
نمونه فاضلاب لوله	۵۰/۰	N/A	۵۰/۵	N/A	۱۰/۸	N/A	۶۲	N/A	۲/۱۶	N/A	۷۲۸۰	N/A

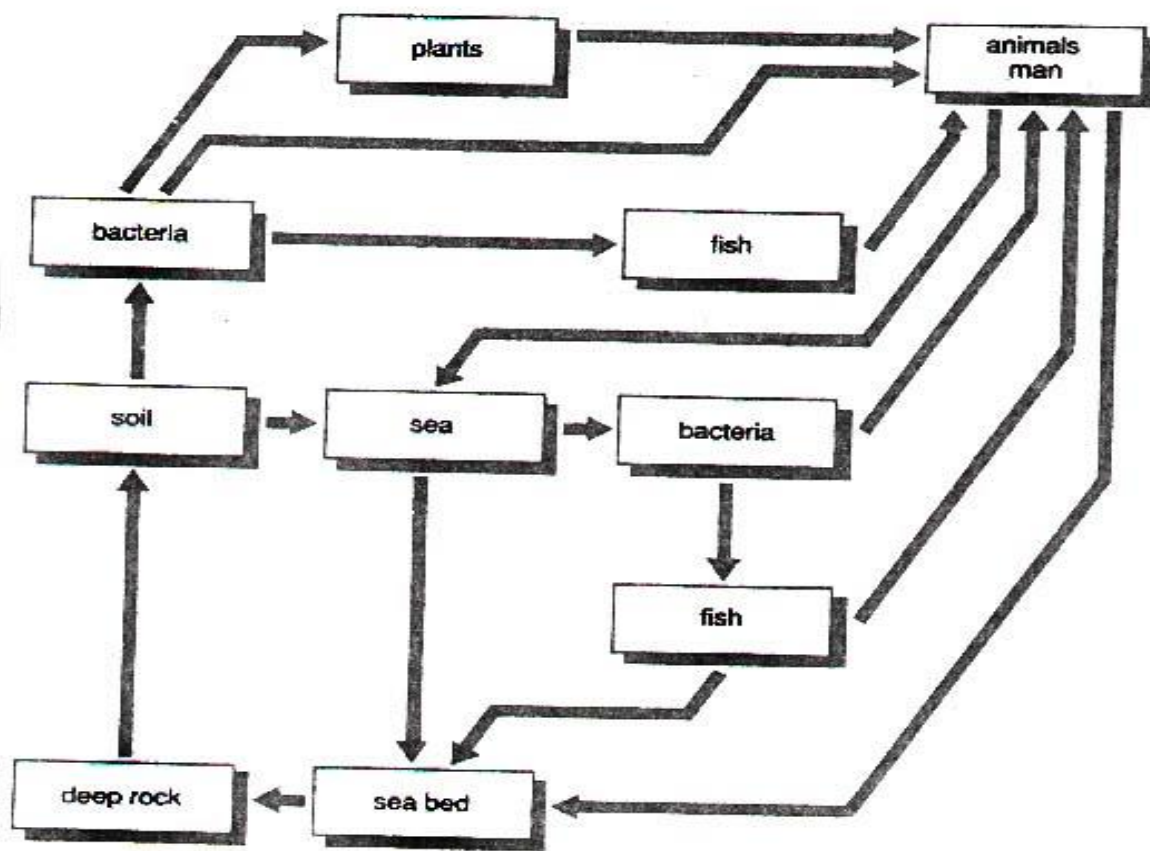
منابع آلوده کننده رودخانه ها:

ادامه حیات و زیست انسانی از جهات مختلف با سلامت و حفظ تعادل در اکوسیستم های آبی در ارتباط متقابل است چنانکه از یک طرف انسان برای ادامه حیات به آب و اکوسیستم های آبی وابسته است و از سوی دیگر برای تأمین آب مورد نیاز خود تغییرات کمی و کیفی را بر منابع و اکوسیستم های آبی تحمیل می کند. هرگونه تغییرات نامطلوب در خواص فیزیکی و شیمیایی آب آلودگی تلقی می شود و منبع آلودگی به هر نوع فعالیتی اطلاق می شود که موجب چنین تغییراتی در خواص آب شوند. بطورکلی منابع آلوده کننده آب رودخانه ها شامل تقسیم بندی زیر است:

۱) فاضلاب مناطق شهری و روستایی (municipal):

رشد جمعیت و افزایش آب مصرفی روز به روز باعث افزایش مشکلات ناشی از منابع آلوده کننده مسکونی می شود. خواص فاضلاب های مسکونی تقریباً یکنواخت بوده ولی غلظت آلاینده های آنها با میزان سرانه آب مصرفی متغیر است و به آلودگی های میکروبی مواد آلی و ترکیبات ازته و فسفره پارامترهای آلوده کننده بستگی دارد که از طریق مناطق مسکونی وارد فاضلاب ها شده و محیط زیست را مورد تهدید قرار می دهند. اینگونه فاضلاب ها به عنوان منابع غیردائمی و نامشخص تلقی می شوند و هرچه بارندگی بیشتر باشد، شدت آلودگی ها بیشتر خواهند بود (۳). اصولاً فاضلاب های مناطق مسکونی شامل ضایعات خانگی، واحدهای تجاری، ادارات و مراکز بهداشتی می باشند که ضایعات بیمارستانی از خطرناک ترین آنها محسوب می گردند بطوریکه جمع آوری و انهدام آنها نیازمند تمهیدات و توجهات ویژه ای می باشند (۲۷).

The pathways of contamination



۲) منابع آلوده کننده صنعتی (industrial) :

در حدود ۷۰۰ کارخانه صنعتی در طول ساحل رودخانه نیل در کشور مصر احداث شده اند و فاضلاب های آنها مملو از مواد سمی نظیر فلزات سنگین است که در ترکیب با مواد جامد معلق در آب تشکیل لجن مسموم را بر بستر رودخانه نیل می دهند. این کارخانجات همچنین باعث آلودگی هوا گردیده بطوریکه بصورت پوششی از دود بر آسمان شهرهای قاهره (Cairo) و اسکندریه (Alexandria) مشاهده می گردند (۲۹).

صنایع گوناگونی نیز در حوزه سفیدرود مستقر هستند که مجموعاً دارای اثرات زیست- محیطی قابل بررسی می باشند. در سالهای اخیر مقرراتی تحت عنوان «طرح تعادل صنعت و کشاورزی» در استان های گیلان و مازندران به منظور کنترل استقرار صنایع جدید به اجرا درآمده اند که بر اساس آن تنها صنایع تبدیلی و وابسته به کشاورزی مجاز به استقرار در این دو استان شده اند اما در سالهای اخیر صنایع مختلفی در این حوزه مستقر گردیده اند که عمده ترین آنها به شرح زیر:

صنایع نساجی و چرم (عمده ترین واحد صنعتی که از نظر زیست محیطی اهمیت دارد، کارخانه "چرم رودبار" می باشد که در کناره جاده رشت- قزوین در مجاورت رودخانه سفیدرود و در محل "گنجه" رودبار احداث شده است)، صنایع شیمیایی، صنایع غذایی (در این میان واحدهای روغن کشی زیتون با وجود فعالیت های فصلی و همچنین واحد تولید کنسرو در مجاورت رودخانه سفیدرود مزاحمت هایی در اکوسیستم های آبی بوجود آورده اند)، صنایع سلولزی، صنایع کانی غیر فلزی می باشند (۳).

برخی طرفداران محیط زیست، جمعیت متراکم و فعالیت های تجاری گسترده در شهرهایی چون: رشت، لاهیجان و رودسر را به عنوان منابع اصلی آلودگی آب رودخانه های گیلان مطرح می کنند. از این میان محمد فرج پور به رودبار به عنوان منبع اصلی آلودگی به همراه جمعیت ۱۱۳۰۰۰ نفری اشاره می کند که برخورداری از صنایع شیمیایی و مداخله کننده در آلودگی می باشد و سالانه هزاران مترمکعب فاضلاب را وارد محیط زیست می نماید. او می افزاید که: فعالیت های کشاورزی نوع دیگری از تهدیدات بوم ساختی سفیدرود را فراهم کرده اند بطوریکه آبیان دائماً در معرض انواع گوناگون آفت کش های سمی مصرفی در کشاورزی قرار دارند (۲۱).

۳) فعالیت های عمرانی (civilization) :

برخی فعالیت های عمرانی و شهرسازی از قبیل برداشت شن از بستر رودخانه ها ، ریختن نخاله های ساختمانی و احداث جاده ها و پل ها نیز می توانند منبع آلودگی رودخانه ها محسوب گردند. محمد افخمی کارشناس محیط زیست گیلان انجام عملیات غیرمسئولانه برداشت شن از رودخانه ها را مسبب این امر می داند. او می افزاید : سالانه میلیون ها مترمکعب شن از رودخانه ها استخراج می شود که تخریب بوم ساختی منطقه را بدنبال دارد و خصوصاً زیستگاه های طبیعی ماهی خاویار را به نابودی می کشاند (۲۱).

۴) ضایعات کشاورزی و آبهای زهکش مزارع (agricultural):

ضایعات کشاورزی بویژه فاضلاب های دامداری ها ، استخرهای پرورش آبیان و سالن های پرورش ماکیان سرشار از مواد آلی ، کودهای شیمیایی شامل نیترات ها و فسفات ها ، بقایای سموم کشاورزی ، اکسیژن محلول و میکروارگانیسم های پاتوژن هستند که برخی از این مواد قادرند تأثیرات شدیدی بر نامطلوب شدن کیفیت آب ها برجای بگذارند (۲۷).

۵) پدیده های طبیعی (natural phenomena) :

علاوه بر فعالیت های انسانی و تأثیر اجتماعات آبیان ، پدیده هایی چون فعالیت های آتشفشانی (volcano) ، رشد فزاینده جلبک ها (algae bloom) ، طوفان ها (storms) و زمین لرزه ها (earthquakes) نیز در ایجاد آلودگی آب ها دخیل هستند (۳۰).

عوامل آلاینده آبهای رودخانه ها :

کیفیت آبها بستگی به رژیم آبی (hydrological regime) رودخانه ها دارد چنانکه مواد نامحلول رودخانه ها از یک نقطه به نقطه دیگر تفاوت می کنند که بستگی به منبع آب رودخانه ، مسیرهای عبور رودخانه و اثر متقابل ذرات موجود در آب رودخانه دارد (۲۸). محققان دریافته اند که میزان متوسط مواد آلاینده حدوداً ۰/۱ درصد از حجم کل آب های شیرین مناطق سکونتگاهی جهان را تشکیل می دهند (۳۰).

اصولاً مواد آلاینده آب رودخانه ها را به ۲ دسته کلی تقسیم بندی می کنند :

الف) آلاینده های آلی (organic) شامل :

۱- پاک کننده ها (detergents)

۲- مواد غیر مُسری نظیر کلروفرم

- ۳- مواد زائد حاصل از فرآیندهای تهیه مواد غذایی نظیر چربی ها و روغن ها
 - ۴- آفت کش ها و علف کش های آلی
 - ۵- مواد نفتی نظیر بنزین ، گازوئیل ، روغن موتور ، نفت سفید و گریس
 - ۶- خرّده آشغال های حاصل از بوته ها و درختان
 - ۷- ترکیبات آلی فرار (volatile) نظیر حلال های صنعتی و حلال های کلره
 - ۸- انواع ترکیبات شیمیایی موجود در وسایل بهداشت شخصی (hygiene) و لوازم آرایش (cosmetic)
- ب (آلاینده های غیر آلی (inorganic) :
- ۱- مواد اسیدی موجود در فاضلاب های صنعتی مثل "سولفور دی اکسید" حاصل از نیروگاه های برق
 - ۲- آمونیاک موجود در ضایعات پروسه های صنایع غذایی
 - ۳- ضایعات شیمیایی موجود در محصولات فرعی صنعتی
 - ۴- کودهای شیمیایی حاوی نیترات و فسفات که در فاضلاب های کشاورزی وجود دارند.
 - ۵- فلزات سنگین که از موتور وسایل نقلیه خارج می شوند.
 - ۶- ذرات سیلنتی خاک که از طریق رواناب ها بداخل آب ها انتقال می یابند (۳۰).



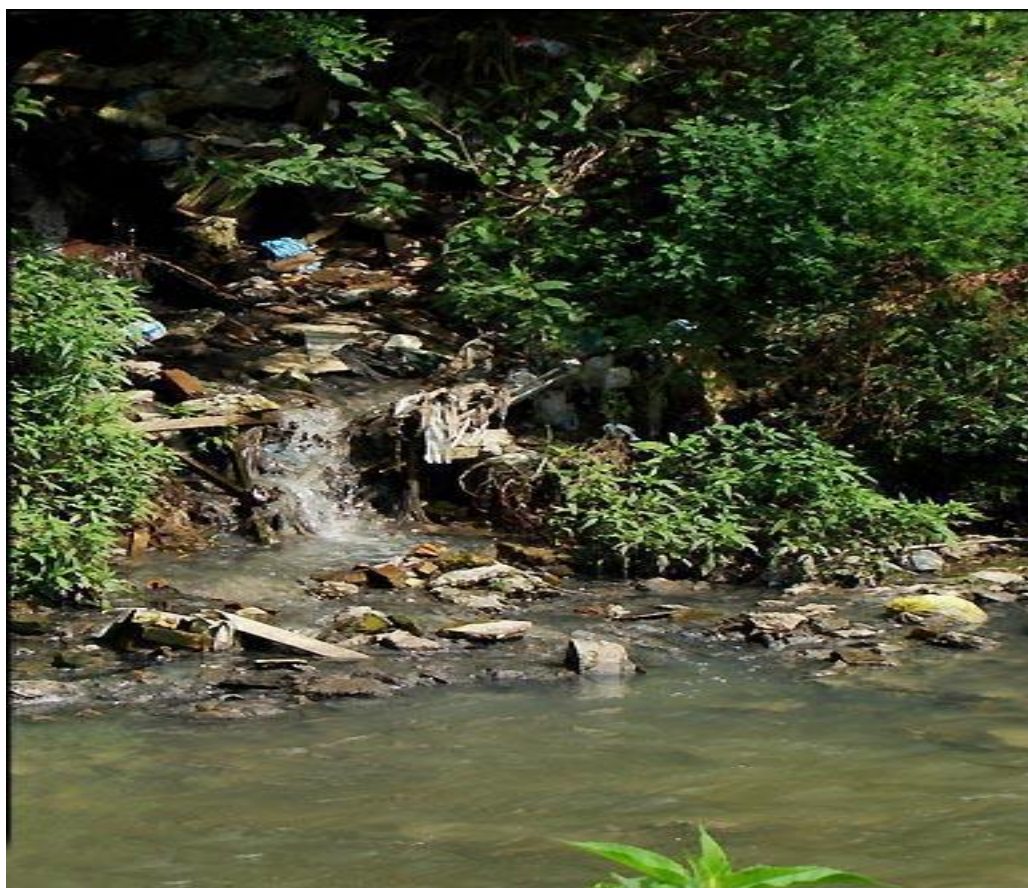
مهمترین عوامل آلاینده آب های رودخانه ها بشرح زیر می باشند :

۱) عوامل آلاینده بیماریزا:

آنها عبارت از باکتری ها، ویروس ها، پروتوزوا و انگل ها هستند. برخی از بیماری ها مانند اسهال و عوامل کامپیلو باکتری و هپاتیت A ، بیماری های انگلی و خونریزی دانگ که یک نوع بیماری ویروسی منتقل

شونده از راه برخی از پشه ها است ، به آلودگی آب ها مرتبط هستند. برخی از بیماری ها از طریق آشامیدن آب و برخی نیز از طریق زندگی در کنار آبهای آلوده منتقل می شوند. روزانه ۵۶۰ تن زباله در منطقه جنگلی سراوان به صورت غیراصولی دفن می شوند که شیرابه های ناشی از این زباله ها دو رودخانه مهم گیلان را که از داخل شهر رشت می گذرند و به تالاب انزلی می ریزند را به نابودی کشانده است (۲۱).

اصولاً آب های آشامیدنی بهیچوجه نباید حاوی آلودگی های میکربی باشند. بررسی ها نشان می دهند که ۸ رودخانه در آمریکای شمالی ، ۱۰ رودخانه در آمریکای مرکزی و جنوبی ، ۹ رودخانه در اروپا و ۱۴ رودخانه در آسیا و منطقه اقیانوس آرام دارای آلودگی های مدفوعی از ۱۰۰-۱۰۰۰ در هر ۱۰۰ میلی لیتر بوده اند و حتی ۳ رودخانه در منطقه آسیا و اقیانوس آرام از سطوح آلودگی مدفوعی بیش از ۱۰۰۰۰۰ در هر میلی لیتر برخوردار بوده اند (۲۸).



۲) ضایعات طالب اکسیژن (BOD_w):

این مواد منابع ورودی فاضلاب های خانگی و فضولات حیوانی هستند و باعث افزایش باکتری های هوازی می شوند که اکسیژن محلول در آب را به مصرف می رسانند در نتیجه از مقدار اکسیژن مورد نیاز برای موجودات آبی شدت کاسته شده و نظام زیستی آب دچار اختلال می گردد و تنوع زیستی آب کاهش می یابد.

۳) ضایعات صنعتی (industrial waste):

ضایعات شیمیایی که ضمن فرایندهای صنعتی تولید می شوند، گاهاً بدرون رودخانه ها تخلیه می گردند. برخی از مواد آلاینده چنین ضایعاتی عبارت از :

سیانید (cyanide)، اسیدها، نمک ها، فلزات روی (zinc)، سرب (lead)، مس (copper)، کادمیم (cadmium) و جیوه (mercury) هستند. چنین موادی بمحض اینکه با غلظت زیاد وارد آب رودخانه ها گردند، سبب مرگ آبی جانوران آبی می شوند. همچنین گاهی اوقات مواد آلاینده وارد زنجیره غذایی (food chain) می شوند و در بدن موجودات زنده تجمع می یابند تا اینکه به مرحله سمیت (toxic levels) برسند که سرانجام به مرگ پرندگان، ماهی ها و پستانداران (mammals) می انجامد (۲۵).

فاضلاب های صنعتی بستگی به نوع کارخانجات حاوی مواد آلاینده متنوعی چون: مواد آلی، یونهای سدیم و پتاسیم و کلسیم و منیزیم، کربنات ها و بی کربنات ها، کلرید، فلورید، سیلیکا، سیانید، عناصر فلزی چون کادمیم، کرم، مس، جیوه، سرب، روی، نیکل و نظایر آنها می باشند درحالیکه فاضلاب های کشاورزی عمدتاً حاوی: نمک ها، مواد جامد نامحلول، بالا بودن نسبت سدیم قابل جذب (SAR = sodium adsorption ratio)، نیترات ها، فسفات ها و بسیاری از سموم دفع آفات و بیماریهای گیاهی و کودهای شیمیایی هستند (۲۸).

غلظت فلزات سنگین در رسوبات رودخانه ها، تالاب انزلی و دریای کاسپین اندازه گیری شده است. رودخانه های حوزه کاسپین که درجات مختلفی از فلزات سنگین را دارا هستند، مستقیماً به نسبت فاصله از کارخانه های فولاد یا معادن واقع شده و در کرانه مجاور رودخانه ها قرار گرفته اند. رسوبات تالاب انزلی را بدلیل غلظت بالای جیوه، سرب، کروم و روی بسیار آلوده تشخیص داده اند (۱۹). گاهی اوقات افراد سودجو و فرصت طلب، مواد جامد سمی (poisonous substances) را بطور عمدی بدرون رودخانه ها سرازیر می کنند که به آن "fly-tipping" می گویند. کسانی که چنین مواردی را شاهدند باید سریعاً شماره کامیون و یا نام شرکت صاحب آنرا به ادارات مربوطه اصلاع دهند تا اقدامات قانونی جهت خاتمه چنین اعمالی را صورت دهند (۲۵).



(۴) مواد مغذی آلی:

نیتрат ها و فسفات های محلول بواسطه فاضلاب های خانگی و صنعتی و کشاورزی وارد آبها می شوند. حجم مقدار فسفات آب دریا بین ۰/۰۳ و ۰/۱۵ ppm با یک میانگین ۰/۰۶ ppm می باشد. بیشترین سطح استاندارد (WHO - ۱۹۸۴) فسفات در آب سطحی دریا ۱ ppm است. بر اساس نتایج بدست آمده ، میانگین غلظت فسفات در قسمت شرقی دریا (۰/۰۸ ppm) بیشتر از قسمت غربی آن (۰/۰۵ ppm) می باشد. بیشترین مقدار فسفات در رودخانه چپک رود، رودخانه قرارسو، منطقه چالوس و کمترین مقدار در رودخانه جفارود به ثبت رسیده است. مقدار غلظت نیترات در آب سطحی دریا بین ۰/۰۳ و ۰/۴۱ ppm با میانگین ۰/۲۱ ppm است. متوسط مقدار فسفات در قسمت شرقی دریا (۰/۲۱ ppm) بیشتر از قسمت غربی آن (۰/۲۰ ppm) است. آب سطحی دریا در قسمت سفیدرود، چالوس ، لنگرود و تنکابن بالاترین غلظت نیترات را دارد. "چپک رود"، انزلی و کپورچال ثابت کردند که دارای کمترین مقدار از ترکیبات نیترات هستند. تعیین بار مواد مغذی رودخانه ها که به دریا حمل می شوند، حجم کل موادی را که سالانه توسط هر رودخانه به دریا تخلیه می شوند را امکان پذیر می سازد. بطور کلی بیشترین بار غذایی رودخانه در مصب سفیدرود مشاهده شده است (هرساله ۱۸۴۰ تن) و بدنبال آن رودخانه چالوس (هرساله ۱۷۱ تن) و کمترین بار غذایی نیز در منتهی الیه مصب های ساحلی غربی (آستارا) و مصب های ساحلی شرقی (قرارسو) مشاهده شده است. مجموع بار غذایی سالانه این دو رودخانه ۲۲۸۸ تن برآورد می گردد (۱۹).

۵) کودهای شیمیایی (fertilizers) و سموم کشاورزی :

پلاستیک، آفت کش ها و مواد نفتی، نیتрат ها و فسفات ها ترکیبات عمده اینگونه از آلاینده ها هستند که در ایران مورد استفاده قرار می گیرند. ۱۶ درصد از کل کودهای شیمیایی در استان های شمالی ایران یعنی گیلان و مازندران مصرف می شوند. در سال ۱۹۹۶ در گیلان ۵۱۵۵۳ تن کود مصرف شد که ۶۱ درصد آنها از نوع کود اوره بود. در همان سال در مازندران ۱۹۰۲۱۷ تن کود مصرف شد که ۵۲ درصد آنها از نوع فسفات آمونیوم بودند (۱۹).

اگر مقادیر زیادی از کودهای شیمیایی و یا ضایعات کشاورزی حاوی نیترات و فسفات بداخل آب رودخانه ها نفوذ یابند، باعث رشد سریع جلبک ها (algae) و متمایل به سبز شدن رنگ آب ها می شوند که اصطلاحاً به آن "اوتروفیکاسیون" (eutrophication) گفته می شود و یکی از علانم آلودگی آب ها است. در این مواقع زمانیکه این جلبک ها بمیرند و توسط باکتریها تجزیه گردند، بر جمعیت باکتری ها بشدت افزوده می شود که این موضوع سبب مصرف شدن تمامی اکسیژن محلول در آب می گردد و عاملی برای نابودی جانوران آبی می گردد (۲۵).

جدول ۲) غلظت نیترات، فسفات، پتاسیم، و سولفات آبهای زیر زمینی اعماق ۷۰-۳۰ متری چاه های قابل شرب اطراف قاهره (۲۹)

موارد	غلظت املاح در آب زیر زمینی (mg/L)	حد مجاز آلودگی (mg/L)
نیترات (-NO ₃)	۲۰-۳۴۰	۴۵
فسفات (---Po ₄)	۷-۳۴	۵۰/۳-۰
پتاسیم (+K)	۷-۲۸	۱۲
سولفات (--So ₄)	۹۶-۶۳۰	۲۵۰-۴۰۰

بنابر نظریه WHO ، ۳/۲ درصد از آفت کش های مجاز استفاده شده در ایران تحت عنوان "به شدت خطرناک" لحاظ می شوند ، ۱/۸ درصد از این آفت کش ها تحت عنوان "خطرناک سمی" و ۲۴/۷ درصد "نیمه خطرناک" هستند. در سال ۱۹۹۶ مجموع ۲۹۳۵۷۲۶ لیتر آفت کش مایع و ۲۵۹۱۰۶۲ کیلو گرم آفت کش جامد دو استان گیلان و مازندران مصرف شد. علف کش ها (۴۳ درصد) و حشره کش ها (۷۴ درصد) متداولترین مواد مصرفی بودند. در این بررسی مشخص شد که در این دو استان آفت کش های DDT، ALD، MC و HCH مورد استفاده قرار گرفته اند. در این میان ایستگاه آستارا بالاترین میزان را نشان می دهد و متداولترین آفت کش های استفاده شده آنرا: آلدین، HCH (بتا) و همچنین HCH (گاما + دلتا) در غلظت های پایین تر را تشکیل می دهند. فصل های تابستان و زمستان بترتیب بالاترین و پایین ترین میزان مصرف آفت کش ها را دارند. روستاهای آستارا و قرارسو بالاترین غلظت آفت کش ها را نشان می دهند. HCH متداولتری و دی-آلدین کمترین آلاینده ای هستند که مورد استفاده قرار گرفتند. در نهایت این طور نتیجه گیری می شود که از میان رودخانه های بررسی شده ، بالاترین بار آفت کش به رودخانه سفیدرود و پایین ترین بار نیز به "سرداب رود" تعلق دارند مادامیکه قبل از رسیدن به دریا از میان کوه ها عبور کنند (۱۹).



۶) رسوبات:

مواد جامدی نظیر ذرات سیلت که در آب رودخانه ها به حالت معلق وجود دارند و از طریق شسته شدن (wash off) اراضی شخم خورده حاصل می شوند نیز از جمله آلاینده های آبها محسوب می گردند (۲۷). بررسی های انجام گرفته نشان می دهد که مقدار TTS در آب دریا در مقایسه با تمامی ایستگاه های فاضلاب شهری و کشاورزی که منبع اصلی سطوح بالای TTS هستند، بیشتر از حد استاندارد است (WHO-۱۹۸۴). ایستگاه آستارا بالاترین سطح آلودگی را به همراه ایستگاه های قرار سو و پلنگان نشان می دهند. کمترین مقدار مشاهده شده در منطقه بالارود است که در حد زیر استاندارد را نشان می دهد (۱۹).

۷) آلودگی های نفتی (petroleum):

در صورتیکه مواد نفتی بدرون رودخانه های آرام ریخته شوند، ایجاد لایه ای با تالو رنگین کمان (rainbow-coloured) بر سطح آب را می نمایند که مانع ورود اکسیژن هوا بدرون آب رودخانه می شود. چنانکه میزان این آلودگی افزایش یابد، می تواند با آغشته نمودن پر و بال پرندگان آبی (water birds) بر اثر مالیدن منقارشان (preen) شود که بمرور بدرون احشاء (gut) آنان نفوذ یافته و باعث مرگ شان می گردند (۲۵).

مهمترین نوع مواد نفتی آلاینده آب رودخانه ها را نفت خام تشکیل می دهد که در مواقع ریخته شدن (spill) از لوله های انتقال (shore lines)، کشتی ها و کانتینرهای عظیم انتقال دهنده (super tankers) به آب ها وارد می شوند. تخمین زده می شود که یک تن از هر یک میلیون تن نفت خام ضمن انتقال به محیط زیست نشت می کنند که برابر با ۰/۰۰۰۱ درصد از کل مواد نفتی استخراجی جهان است (۲۷).



برپایه مطالعات صورت گرفته در امتداد ناحیه ساحلی دریای کاسپین از آستارا تا بابلسر میانگین غلظت هیدروکربن های نفت خام ناچیز است و به $2/2 \text{ ppb}$ میرسد بنابراین آب این نواحی می تواند در زمره آب های پاک به شمار آید. ورودی هیدروکربن های نفت خام توسط رودخانه ها که به دریای کاسپین میریزند برای دو رودخانه اندازه گیری شده است. از دو رودخانه آستارا (غرب) و سفارود (جنوب آستارا) تقریباً $0/65$ تن هیدروکربن های نفت خام بطور سالانه به دریای کاسپین وارد می شوند. اطلاعات بدست آمده از ایستگاه های نمونه گیری نشان می دهد که غلظت های نفت خام در رسوبات از کمی آلوده ($18/6 \text{ ppm}$) تا بسیار آلوده ($85/12 \text{ ppm}$) می باشند و متوسط مقدار نفت خام در تمامی این ایستگاه ها $42/7 \text{ ppm}$ است بنابراین کل منطقه می تواند تحت عنوان آلودگی مناسب لحاظ گردند. الگوی توزیع آلودگی نفت خام در امتداد ساحل نشان می دهد که بیشترین غلظت هیدروکربن های نفت خام در منطقه میانی (از سفیدرود تا بابل رود) است و مناطق ساحلی شرقی کمترین میزان آلودگی را دارا هستند (۱۹).

۸) مواد اسیدی :

اسیدی شدن (acidification) آبهای سطحی در اثر آلودگی هوا نیز پدیده جدید دیگری ضمن دهه های اخیر بوده است که حیات موجودات زنده آبی را در بسیاری از نقاط گیتی تهدید می کند که البته این موضوع با شدت بیشتری در کشورهای توسعه یافته بوقوع می پیوندد ولیکن کشورهای کمتر توسعه یافته ای چون: هند ، چین ، تایلند ، برزیل و مکزیک نیز در این راستا قدم بر می دارند (۲۷).

۹) مواد رادیو اکتیویته :

مواد رادیواکتیو نیز بصورت زباله های اتمی در نیروگاه های هسته ای ، صنایع اتمی ، کارخانجات سازنده داروهای خاص و دانشگاه ها بفرم اورانیوم (uranium) و توریم (thorium) معدنی (mining) و پالایشی (refining) تولید می شوند(۲۷).



۱۰) حرارت (heat):

آخرین شکل آلودگی آب ها را گرما تشکیل می دهد که با افزایش یا کاهش غیر طبیعی دمای آب رودخانه ها به مرگ بسیاری از جانداران آبی می انجامد. این موضوع همچنین در مواقعی که آب های خنک حاصل از کارخانجات و نیروگاه ها به محیط وارد می شوند ، صدق می کنند(۲۷). اغلب صنایع از آب برای خنک کردن سیستم ها استفاده می کنند که گاهی آنها را بدرون رودخانه ها تخلیه می کنند. این موضوع سبب بالا رفتن دمای آب و در نتیجه کاهش میزان اکسیژن محلول و بهم خوردن تعادل زیستی موجود در آب می شود(۲۵).

افزایش دمای آب رودخانه ، گونه های میکربی گرما دوست (thermophilic) را جایگزین میکروارگانیسم های موجود در محیط می نماید(۳۰).

آلودگی های حرارتی و جیوه ای که از کارخانجات برق حرارتی وارد آبها می شوند به مرگ سریع آبزیان می انجامند. افزایش دمای رودخانه ها از طریق تبخیر ناگهانی دمای محیط و کاهش شدید اکسیژن محلول به صدمات شدید منجر می شود (۲۸).

تکنیک نمونه برداری (sampling technique) :

نمونه برداری از آبهای آلوده برای انجام آزمایشات فیزیکی و شیمیایی بروش های مختلفی صورت می گیرد که بستگی به دقت مورد نیاز و خصوصیات آلاینده ها دارد. برخی آلاینده ها در مقطع کوتاه زمانی ایجاد می شوند و برخی دیگر با وقوع بارندگی ها قوت می گیرند بنابراین به چنگ آوردن (grab) نمونه های نامناسب ممکن است سطح آلودگی ها را بطور صحیح نشان ندهند لذا دانشمندان به استفاده از نمونه گیرهای اتوماتیک تمایل یافته اند. نمونه گیری برای آلودگی های بیولوژیک با جمع آوری نمونه های گیاهی و جانوری منطقه انجام می گیرد. در این مورد باید پس از شمارش جمعیت جانوران مجدداً آنها را به محیط بازگردانید و یا اینکه برای تعیین میزان سمیت باید آنها را به آزمایشگاه منتقل نمود (۳۰).

برای انجام نمونه برداری ابتدا نقطه ای از کناره رودخانه (river bank) را که برای کارتان بی خطر بوده و دلیل کافی برای بررسی موجود باشد، انتخاب نمائید سپس تور نمونه گیری را از لابلای علف های هرز آبی لبه رودخانه بگذرانید و موجوداتی را که در ظاهر از نظرتان پنهان هستند، جمع آوری کنید. در صورتیکه عمق رودخانه کم است می توانید وارد آب شده و نمونه گیری را از آنجا انجام دهید. بعد از بالا کشیدن تور نمونه گیری باید با ضرباتی آهسته تمامی محتویات تور را جهت شناسایی جانداران صید شده بدخل شیشه شفافی بریزید (۲۵).

در هنگام نمونه گیری از خوردن و آشامیدن اجتناب کنید. از دستکش لاستیکی برای محافظت دست ها استفاده نمائید. از تماس مواد نمونه برداری شده با پوست بدنانتان اجتناب ورزید. ابزارهای مورد استفاده را در پایان عمل نمونه برداری بخوبی بشوئید (۲۵).

سنجش میزان آلودگی آب ها :

روش های سنجش آلودگی آب ها به دو شیوه اصلی زیر هستند :

- ۱) شیوه مستقیم و بدون نمونه گیری نظیر اندازه گیری دمای آب ها
 - ۲) شیوه غیر مستقیم نظیر روش "in situ" که به کمک نمونه گیری ها انجام می گیرد.
- تمامی نتایج اندازه گیری ها را با استانداردهایی که توسط حکومت ها و مؤسسات تحقیقاتی تعیین شده اند، مورد ارزیابی قرار می دهند (۳۰).

اصولاً آلودگی آب ها را از ۳ طریق : فیزیکی ، شیمیایی و بیولوژیک ارزیابی می کنند:

الف) آزمایشات فیزیکی :

از انواع مرسوم آزمایشات فیزیکی آب های آلوده می توان به مواردی چون اندازه گیری حرارت ، غلظت مواد معلق جامد (TSS = total suspended solids) و گل آلودگی (turbidity) اشاره نمود (۳۰).

ب) آزمایشات شیمیایی :

اینگونه آزمایشات معمولاً بطور همزمان برای تعیین ترکیبات آلی و غیر آلی آلاینده آبها انجام می شوند که عبارتند از:

PH (۱)

BOD = biochemical oxygen demand (۲)

COD = chemical oxygen demand (۳)

(۴) تعیین موادی چون نیترات ها و فسفات ها

(۵) تعیین عناصر فلزی نظیر : مس ، روی ، آهن ، کادمیم ، سرب و جیوه

(۶) اندازه گیری میزان مواد پتروشیمی و روغن های نفتی

(۷) مقدار کل مواد هیدروکربنه نفتی (TPH =total petroleum hydrocarbons)

(۸) آفت کش ها ، قارچ کش ها ، علف کش ها و غیره (۳۰)

(پ) آزمایشات بیولوژیک :

اینگونه آزمایشات از طریق شاخص های میکربی (microbial indicators) و نمونه های گیاهی و جانوری انجام می شوند تا سطح سلامتی اکوسیستم های آبی را برای استفاده های انسانی مشخص نماید (۳۰).

روش های کنترلی کاهش میزان آلودگی آب ها :

برای کاهش میزان آلودگی آب ها باید به صورت های زیر عمل نمود :

الف- کنترل آلودگی ها در محل ایجاد آلودگی یعنی کارخانجات ، خانه ها و واحدهای کشاورزی

ب - فاضلاب های شهری (waste water) را می توان برای انجام تیمارهای لازم در محل مخصوصی

تخلیه نمود و بطریقی میزان فاضلاب های مایع ساکنین را کنترل کرد.

ج - تصفیه فاضلاب کارخانجات و استفاده مجدد از آنها در صنایع

د - بازیافت آب های آلوده برای استفاده در کشاورزی

ه - کنترل روانابها (run off) ، آبخیزها و زه آبها (leaching)

و - محدود کردن فعالیت های بیولوژیکی هوازی و غیر هوازی در مرداب ها و آب بندان ها

(lagoons)، (۲۷).

بطور کلی فاضلاب های صنعتی عمدتاً حاوی آلاینده های معمول نظیر روغن و گریس ، مواد سمی چون فلزات

سنگین و مواد بخار شونده و همچنین آلاینده های غیر معمول مثل آمونیاک هستند که نیازمند سیستم های

خاص تصفیه سازی می باشند . این قبیل آلودگی ها را می توان با روش های زیر کنترل نمود :

۱- استخرهای خنک کننده (cooling ponds) که از طریق تبخیر (evaporation) ، همرفت

(convection) و تشعشع (radiation) عمل می نمایند .

۲- برج های خنک کننده (cooling towers) که از طریق انتقال حرارت و تبخیر سازی فعال هستند .

۳- سیکل ترکیبی (co-generation) که از طریق بازیافت دما و مواد اجرا می شود (۳۰).

همچنین برای سکونتگاه های خانگی و تجاری اقدام به تهیه "septic tank" می نمایند تا فاضلاب ها پس

از انجام برخی مراحل تصفیه سازی مجدداً به درون زمین تخلیه گردند (۳۰).

مواد و سموم دفع آفات را می توان از طریق بکارگیری روش های تلفیقی کنترل آفات (IPM =

integrated pest management) از قبیل روش های کنترل بیولوژیک کاهش داد (۳۰). چنانکه

گرایش به کشاورزی ارگانیک سبب خواهد شد که از آلاینده‌های کشاورزی به شدت کاسته گردد (۲۹).

رسوباتی که به همراه رواناب‌های مناطق کشاورزی بداخل آبها جاری می‌شوند را می‌توان با روش‌های آبخیزداری، شخم کنتوری (contour plowing)، مالچ پاشی، تناوب زراعی، کاشت گیاهان چندساله و محافظت از سواحل رودخانه‌ها (riparian) تا حدود زیادی کاهش داد (۳۰).

مزارع پرورش ماهیان و دامداری‌ها بعنوان کارخانجات کشاورزی (factory farm) عمل می‌کنند. فضولات مایع حیوانی (slurries) این مراکز را می‌توان در مخازنی (lagoons) جمع‌آوری نمود و سپس بصورت اسپری و یا قطره پاشی (trickle) برای تغذیه گیاهان مصرف کرد. همچنین می‌توان آنها را با کاه و کمپوست مخلوط نموده و پس از افزایش حرارت که در اثر انبار کردن شان بوجود می‌آید و زمانی که پاتوژن‌های داخلش از بین بروند برای حاصلخیز نمودن اراضی کشاورزی بکار برد (۳۰).

تکنیک‌هایی چون ایجاد پوشش سبز (green roofs) و حفاظ زنده (bio-retention system) در برخی مناطق توانسته‌اند از شدت رواناب‌های شهری و روستایی بکاهند (۳۰).

تصفیه سبز (green infra-structure) از جمله جدیدترین دستاوردهایی است که با استفاده از کاشتن برخی گیاهان در مناطق آب‌های آلوده اجرا می‌شوند (۳۰).

اغلب آبهای آلوده رودخانه‌ها به دریاها و اقیانوس‌ها منتقل می‌گردند. مدل‌های تحقیقاتی هیدرولوژی توانسته‌اند آثار آلودگی آبها را تا صدها مایل در مسیر رودخانه‌ها ردیابی نمایند. مدل‌های کامپیوتری پیشرفته‌ای چون "SWMM" و "DSSAM" برای ردیابی آثار آلودگی در اکوسیستم‌های آبی بکار می‌روند. همچنین از انواع فیلترهای هوشمند نظیر "copepods" برای بررسی آلودگی آبهای نیویورک استفاده می‌گردد که کمبود اکسیژن آبها در اثر وجود سلول‌های مرده جلبک‌ها و رشد باکتریها را هشدار می‌دهد (۳۰).

تصفیه فاضلاب‌ها :

پیدا کردن روش‌های کارآمد و باصرفه برای تصفیه فاضلاب‌های شهری از بزرگترین چالش‌های بشر کنونی است (۲۹). اصولاً تخفیف آلودگی آبهای زیرزمینی بسیار دشوارتر از آلودگی آبهای سطحی می‌باشند زیرا اینگونه آبها می‌توانند مسیرهای طولانی را بدون آنکه دیده شوند، طی کنند. گرچه خاک‌هایی با بافت ریز نظیر رس‌ها از طرق تصفیه ساده نظیر جذب داخلی "absorption"، جذب سطحی "adsorption" و رقیق‌سازی (dilution) اقدام می‌کنند ولیکن شکاف‌ها (cracks) و غارهای زیرزمینی (caverns) هیچگونه مانعی را در جریان انتقال آب‌های آلوده ایجاد نمی‌نمایند (۳۰).

روش‌های عادی تصفیه آبهای آلوده شامل فیلتراسیون قادر به جداسازی آلودگی‌هایی چون گل‌آلودی (turbidity)، مواد معلق (suspended) و ذرات جامد نامحلول (dissolved solid) می‌باشند اما نمی‌توانند سایر آلودگی‌ها نظیر رنگ‌ها (colour)، عناصر غیر آلی محلول و آلودگی‌های میکروبی مدفوعی (fecal coliform) و سختی (hardness) را از آبها پاک نمایند لذا برای این منظور از روش‌های دیگری چون: لخته‌سازی (coagulation) و رسوب‌سازی (sedimentation) و غیرو استفاده می‌کنند (۲۸).

فاضلاب خام شامل فاضلابی است که از آشپزخانه ها، دستشویی ها و سرویس های بهداشتی و فرآیندهای صنعتی نشأت می گیرد. فاضلاب باید قبل از اینکه مورد استفاده قرار گیرد یا به سیستم های آب محلی وارد گردد تصفیه شود. در یک تصفیه خانه، فاضلاب از یک سری از صفحه ها، اتاق ها و فرآیندهای شیمیایی عبور می کند تا اجسام و مواد سمی آن کاهش یابد. تصفیه فاضلاب سه مرحله دارد:

تصفیه اولیه ؛ در طی تصفیه اولیه درصد زیادی از مواد جامد معلق و مواد معدنی از فاضلاب حذف می شوند.

تصفیه ثانویه ؛ ضرورت تصفیه ثانویه کاهش مواد آلی توسط تسریع فرآیندهای زیستی طبیعی است. تصفیه پیشرفته ؛ تصفیه ثالثیه یا تصفیه پیشرفته زمانی انجام می شود که بخواهیم فاضلاب را دوباره مورد استفاده قرار دهیم. در این مرحله ۹۹ درصد از جامدات حذف می شوند و فرآیندهای شیمیایی مختلفی صورت می گیرد تا مطمئن شویم که آب عاری از هر گونه ناپاکی است (۱۵).

شرح کامل مراحل سه گانه تصفیه فاضلاب ها بقرار زیر می باشند:

الف) تصفیه اولیه:

فاضلاب خام از طریق لوله های فاضلاب به تصفیه خانه می رسد و ابتدا از یک سری صافیها و غربالها می گذرد. هدف از این کار گرفتن مواد جامد از فاضلاب است سپس فاضلاب وارد محفظه شن ریزه می شود. در اینجا شن ، سنگریزه و ذرات کوچکتر از فاضلاب جدا و دفع می شود. سپس و وارد مخزن رسوب گذاری اولیه می شود. در اینجا مواد ذره ای و معلق رسوب کرده و بصورت لجن درمی آید. گاه برای کمک به رسوب گذاری از مواد شیمیایی نیز استفاده می شود. لجن جدا شده را برای فرآوری بیشتر به هضم کننده منتقل می کنند. تصفیه اولیه حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد آلاینده ها را از فاضلاب می گیرد (۷).

این مرحله شامل بخش های زیر است:

(* جمع آوری نخاله های ساختمانی (grit removal)

(** غربالگری (screening)

(*** خرد کردن (grinding)

(**** رسوب گذاری (sedimentation)

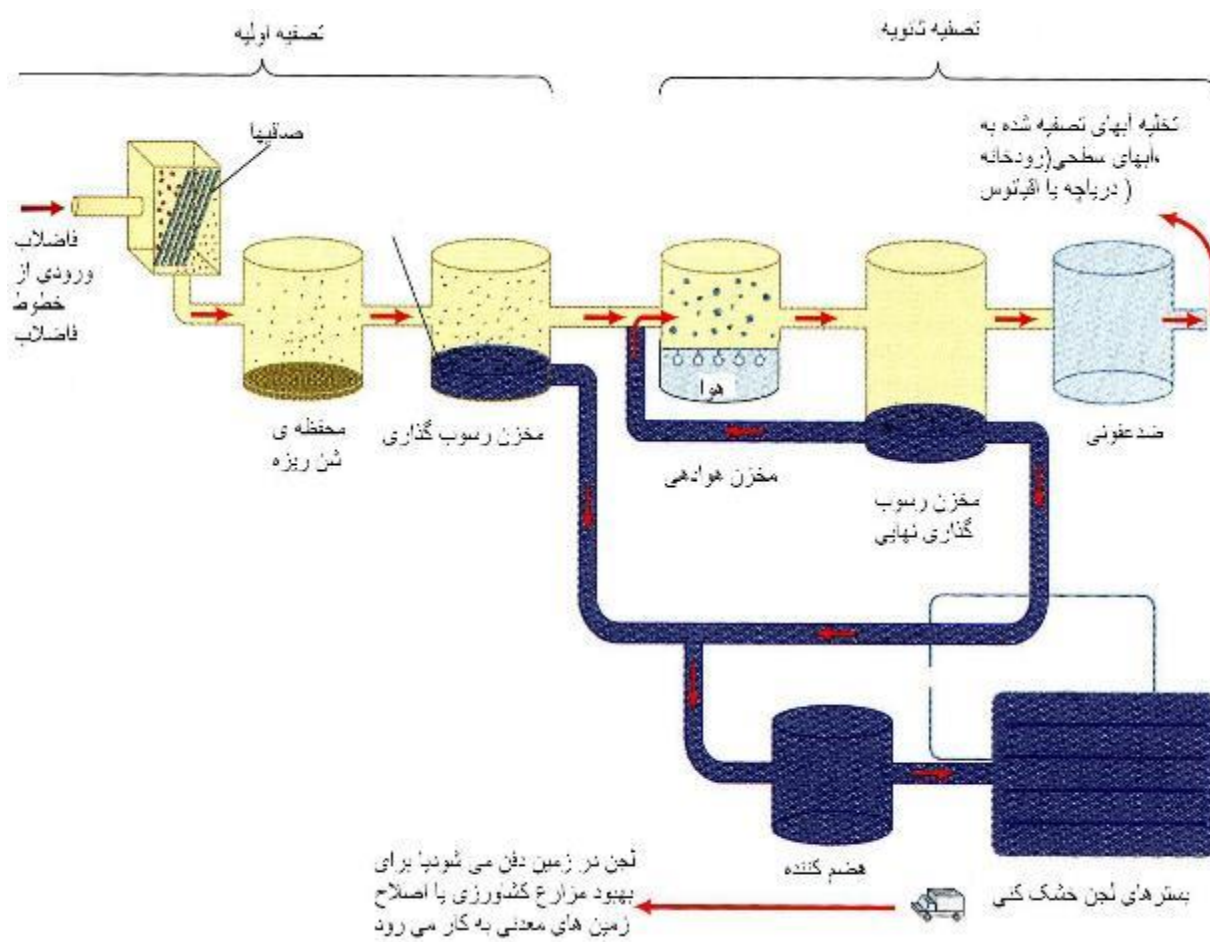
ب) تصفیه ثانویه:

برای تصفیه ثانویه روشهای متعددی وجود دارد اما روش لجن فعال متداولتر از روشهای دیگر است. فاضلاب مخزن رسوب گذاری اولیه وارد مخزن هوادهی می گردد. در اینجا فاضلاب با هوا و قسمتی از لجن مربوط به مخزن رسوب گذاری نهایی، که حاوی باکتری های هوازی است مخلوط می شود. باکتری ها مواری آلی فاضلاب را به مصرف می رسانند. فاضلاب پس از چندین ساعت وارد مخزن رسوب گذاری نهایی می شود و لجن آن رسوب می کند. قسمتی از این لجن غنی از باکتری دوباره در مخزن هوادهی با فاضلاب جدید وارداتی مخلوط می شود و فرآیند دوباره تکرار می گردد. از این باکتری ها بارها از پی هم استفاده می شود، اما قسمت عمده ی لجن رسوب گذاری نهایی به هضم کننده منتقل می شود. در اینجا این لجن همراه با لجن مخزن رسوب گذاری اولیه توسط باکتری های بی هوازی تیمار می گردد و بر روی مواد آلی آن بازهم تجزیه ی میکروبی

بیشتری صورت می گیرد. فاضلاب مخزن رسوب گذاری نهایی را معمولاً با کلرزنی ضد عفونی می کنند تا موجودات بیماری زای آن حذف شود سپس آب تصفیه شده ی آن را به آبهای سطحی تخلیه می کنند و یا برای آب آبیاری مزارع به مصرف می رسانند. تصفیه ثانویه حدود ۹۰ درصد از آلاینده های وارد شده به تصفیه خانه را از آب می گیرد. لجن قسمت هضم کننده را خشک می کنند و در خاک مدفون نموده و یا در بهبود خاک به مصرف می رسانند (۷).

این مرحله شامل بخش های بدین قرار می باشد:

(*) اکسیژن دهی (oxidation) به کمک لجن بیولوژیکی فعال (biologically active sluges) که پس از فیلتراسیون اولیه انجام می شود.



پ) تصفیه پیشرفته فاضلاب:

تصفیه اولیه و ثانویه تمام آلاینده ها را از فاضلاب نمی گیرد. جدا کردن فسفر، ازت، مواد آلی یا فلزات سنگین نیازمند به کارگیری روش های خاصی از جمله استفاده از صافی های شنی، ذغالی و یا کاربرد مواد شیمیایی خاص برای کمک به فرآیند جداسازی است. تصفیه پیشرفته بیش از ۹۵ درصد از آلاینده های

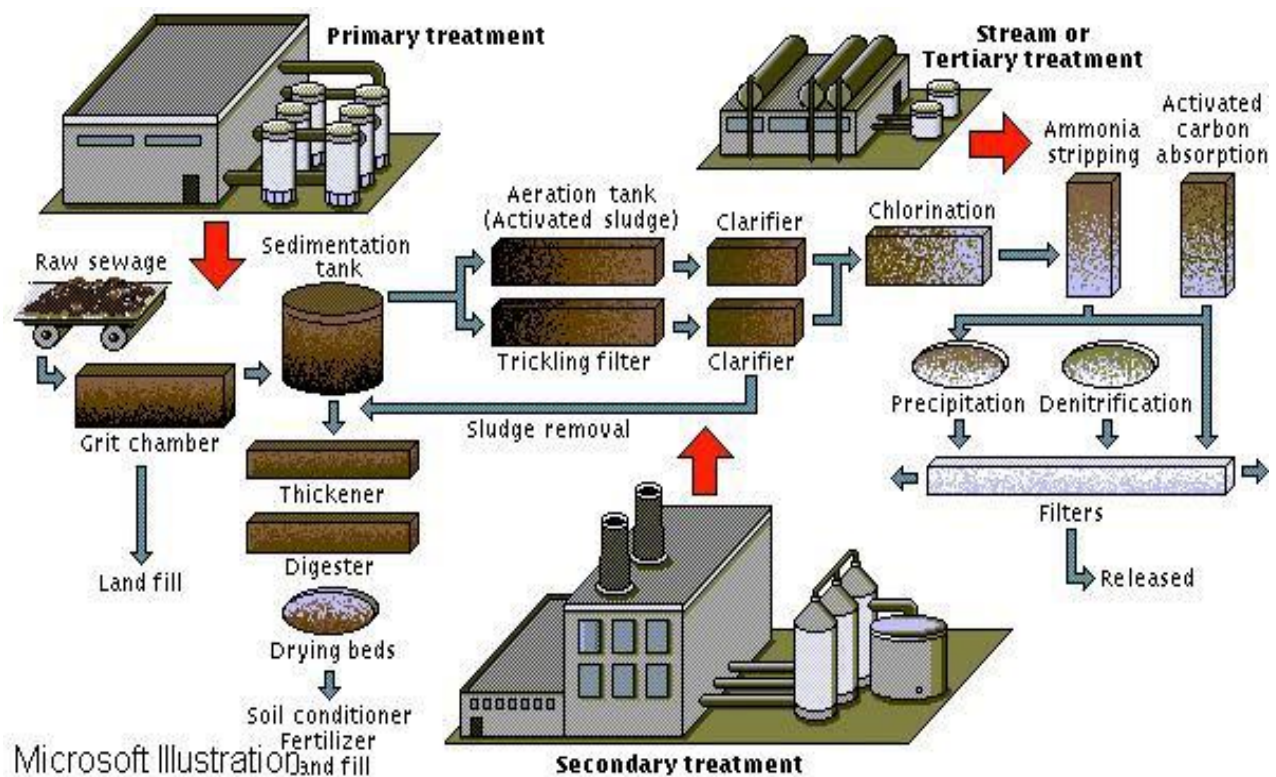
فاضلاب را از آن جدا می کند. سپس آب حاصل را می توان به آبهای جاری رها کرد و یا در آبیاری زمین های کشاورزی یا امکانات شهری، پارکها یا مناطق اطراف تصفیه خانه ها به مصرف رساند (۷).

این مرحله نیز از بخش هایی بدین شرح تشکیل یافته است:
 (* روش های پیشرفته بیولوژیکی برای جمع آوری نیتروژن

(**) روش های شیمیایی

(***) روش های فیزیکی نظیر فیلتراسیون شن (granular filtration) و جذب توسط کربن فعال (activated carbon absorption) ، (۲۷).

مهندسی محیط زیست بر کنترل بیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی آلودگی آبهای رودخانه ها بعنوان یک سناریوی کاملاً مؤثر اصرار و اهتمام می ورزد (۲۸).



اثرات زیان آور آلودگی آب رودخانه ها :

آب های آلوده بر زندگی موجودات زنده از قبیل جانوران ، گیاهان ، میکروارگانیسم ها و انسان اثرات زیان بخش و جبران ناپذیری برجای می گذارند (۳۰). بر اساس مطالعات کمیسیون اجتماعی- اقتصادی ملل متحد برای قاره آسیا (بانکوک- ۱۹۸۹) اغلب مناطق بیابانی شده (desertification) و عاری از سکونتگاه مناطق وسیعی از آسیا بدلیل شور شدن منابع آبی و آلودگی آب ها شکل گرفته اند (۲۸).

مواد آلاینده به ۲ طریق مستقیم و غیر مستقیم به تعادل اکوسیستم ها آسیب می رسانند :

(۱) طریقه اول (point sources) :

مواد سمی نظیر مواد نفتی بطور مستقیم و آبی به مرگ موجودات آبی منتهی می شوند.

(۲) طریقه دوم (non point sources) :

نظیر افزوده شدن کودهای شیمیایی بکار رفته در اراضی کشاورزی که از طریق رواناب حاصل از باران ، آب های زهکشی و مازاد به پیکره (body) منابع آبی وارد می گردند و بر روی محیط آبی تأثیرات شگرفی وارد می سازند. بطور کلی کنترل مواد آلاینده ای که تأثیرات مستقیم دارند تا حدودی راحت تر از مواد روش دوم است گرچه ممکن است عوامل سیاسی منطقه نیز تا حدودی در این مسیر موجب بروز معضلاتی گردند (۲۷). بسیاری از عوامل آلودگی آب ها شامل فاضلاب ها (sewage) و کودهای شیمیایی هستند که حاوی عناصری چون نیترات ها و فسفات ها می باشند که مازاد آنها باعث تحریک رشد گیاهان آبی و جلبک ها می شوند چنانکه رشد بی اندازه و غیرعادی آنها به انسداد آبراهه ها ، مصرف شدن اکسیژن محلول در آب در زمان تجزیه آنها و ممانعت از رسیدن نور خورشید به اعماق آب می گردد. کمبود اکسیژن برای موجودات آبی نیازمند به تنفس نظیر ماهی ها و نرم تنان بسیار زیان بخش است (۲۷).

انواع مختلف ضایعات ، برگ ها و علف های قطع شده ، رواناب های حاصل از بستر دام ها (livestock feedlots) و مراتع حاوی مواد آلی خام می باشند و زمانیکه باکتری ها و پروتوزوا (protozoan) به تجزیه (break down) مواد آلی اقدام می کنند ، به سرعت به مصرف شدن اکسیژن محلول در آب می انجامند و مقدار اکسیژن به کمتر از ۲-۵ ppm کاهش می یابد که برای زنده ماندن ماهی ها و جانوران کف زی رودخانه ها (dwelling) کافی نیست و با مرگ آنان به زنجیره غذایی اکوسیستم آبی صدمه جدی وارد می شود (۲۷). وجود مواد آلی در آب رودخانه ها بویژه در ماه های کم آبی سال مثل دسامبر تا ژانویه در بسیاری از کشورها سبب تخلیه (depletion) اکسیژن محلول آب ها و در نتیجه مرگ جانداران آبی می شود (۲۸). وجود جلبک ها نیز به کمبود اکسیژن (oxygen depletion = anoxia) محلول در آب ها منجر می گردد (۳۰).

اغلب آب های شیرین (fresh water) در اثر افزوده شدن مواد آلی در قالب فاضلاب های حاصل از بقایای مواد غذایی و ضایعات (effluent) کشاورزی ، آلوده می گردند. تعداد عدیده ای از باکتری ها و سایر میکروارگانیسم ها از این مواد آلی تغذیه می کنند و بسرعت بر جمعیت خویش می افزایند و بدین طریق اکسیژن محلول در آب را بمصرف می رسانند. وجود اکسیژن محلول در آب رودخانه ها بر کیفیت چنین آب هایی می افزاید اما افزوده شدن هر قطره از ضایعات حاوی مواد آلی سبب بروز صدمات شدیدی به موجودات زنده آبی نظیر : Stone-fly nymphs ، mayfly nymphs ، fresh water shrimps ، fresh water hogs ، blood worms ، tubifex worms و rat-tailed maggots می شود (۲۵).

در صورتیکه در جریان بررسی ها فقط با موجودات زنده ای نظیر : blood worms ، tubifex و rat-tailed maggots در آنها مواجه گردید نشاندهنده وجود مقدار اندک اکسیژن محلول در آب می باشد و در حقیقت آلودگی بوقوع پیوسته است (۲۵).

پاتوژن ها (pathogens) بخش دیگری از عوامل آلوده کننده مضر آبها را تشکیل می دهند که قادر به ایجاد بیماری هایی چون: تیفوئید (Typhoid) ، اسهال خونی (dysentery) و سایر بیماری های پوستی هستند. پاتوژن ها را میکروارگانیسم هایی از قبیل باکتری ها ، ویروس ها و پروتوزوا تشکیل می دهند که از طریق فاضلاب های تصفیه نشده ، زه آب های حاصل از بارندگی ها ، فاضلاب های خانگی ، فاضلاب های کشاورزی و فاضلاب قایق ها و کشتی ها وارد آب ها می شوند (۲۷).

در مناطق روستایی هندوستان که عمدتاً از آب های آلوده و تصفیه نشده رودخانه ها برای شرب استفاده می شود، بیماریهای ناشی از آب آلوده (water borne) نظیر: مالاریا ، تیفوئید ، وبا و اسهال خونی شیوع دارند (۲۸).

برخی از میکروارگانیسم هایی که در آب های سطحی آلوده یافت می گردند و موجب مشکلاتی برای سلامتی انسان ها می شوند عبارتند از :

۱- Burkholderia pseudomallei

۲- Cryptosporidium parvum

۳- Giardia lamblia

۴- Salmonella

۵- Novovirus & other viruses

۶- Parasitic worms (۳۰)

آلاینده های شیمیایی آب ها ممکن است :

الف- دچار تجزیه شوند.

ب - ایجاد ترکیبات شیمیایی جدیدتری نمایند.

ج - وارد آب های زیر زمینی گردند که از اینگونه مواد آلاینده می توان به :

"تری کلرو اتیلین" (trichloro ethylene) که بعنوان پاک کننده های صنعتی فلزات و همچنین در صنایع الکترونیک کاربرد یافته اند و "تترا کلرو اتیلین" (tetra chloro ethylene) که بعنوان پاک کننده های خشک صنعتی مصرف می شوند، اشاره نمود که هر دو آنها از جمله مواد سرطان زا (carcinogens) محسوب می گردند. بخش هایی از این مواد نیز بمرور دچار تجزیه شده و به مواد خطرناک جدیدی چون "دی کلرو اتیلین" (dichloro ethylene) و "وینل کلراید" (vinyl chloride) تبدیل می گردند (۳۰).

آلوده شدن آب ها به مواد شیمیایی کلره نظیر DDT که دوام زیادی دارند ، می توانند در اثر تجمع بیولوژیک (bio-magnification = bio-accumulation) در پیکره موجودات زنده به حد سمیت و سرطانزایی برسند (۳۰).

سابقه جهانی قانونگذاری (Legislation) برای کنترل آلودگی آبها:

در ضمن دهه های اخیر کوشش های فراوانی برای کنترل قانونی آلودگی آب ها انجام پذیرفته است . در سال ۱۹۷۰ بمیزان ۵۰ میلیارد دلار برای فراهم سازی آب پاکیزه برای مصارف شهروندان و ایجاد تسهیلات و فاضلاب های شهری در ایالات متحده آمریکا اختصاص یافت که هزینه کردن آنها به کنترل رواناب های آلوده

کننده صنعتی و شهری انجامید. در سال ۱۹۷۲ استانداردهایی برای آب های شرب ، ماهیگیری و شنا توسط کنگره آمریکا تصویب شد و راه را برای انجام اجباری آزمایش آبها از نظر وجود مواد شیمیایی و میکربی هموار ساخت (۲۷).

برنامه های محیطی سازمان ملل (UNEP = united nation environmental program) که دفتر آن در نایروبی پایتخت کشور کنیا قرار دارد با انجام مطالعات و انتشار کتب و نشریات هشدار دهنده به تشویق کشورهای در حال توسعه برای کنترل آلودگی آبها اقدام می کند و این کشورها را بر آن می دارد تا با تدوین استانداردهای لازم به رشد و توسعه ملی بدون آسیب رسانیدن به محیط زیست بپیششوند . این برنامه در سال ۱۹۷۲ تنها دارای ۱۱ کشور عضو بود اما تعداد اعضایش پس از ۱۰ سال بالغ بر ۱۰۶ کشور گردید که ۷۰ کشور از آنها جزو کشورهای در حال توسعه می باشند(۲۷).

نتیجه گیری و پیشنهادات:

اصل پنجاهم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران حفاظت از محیط زیست را وظیفه عمومی دانسته است اما اگر آموزش های عمومی کافی صورت نگیرند، نمی توان به هدف امیدوار بود. در استان گیلان بیش از ۳۰ واحد عمده تولیدی وجود دارد و سالیانه حدود ۳۲۰۰ تن مواد زائد در نتیجه فعالیت آنها تولید می شوند. این مواد خطرناک بطور عمده حاوی فلزاتی چون سرب، نیکل، کادمیوم، جیوه، روی و مس هستند که تجمع آنها در بدن انسان ها سلامتی آنها را به مخاطره می اندازند. معمولاً قریب به اتفاق فاضلاب های صنعتی، خانگی، بیمارستانی و ... بدون تصفیه به طبیعت تخلیه می شوند. تخلیه زباله های خانگی در طبیعت گیلان ، هزاران مترمربع زمین با خاک بسیار مرغوب را تخریب می کند. اکثریت مردم باید به این سطح از آگاهی برسند که ۷۰ درصد زباله های شهری قابل بازیافت و استفاده مجدد در طبیعت می باشند یعنی زباله هایی که شامل : نان، کاغذ و مقوا، شیشه، ضایعات فلزی و پلاستیک هستند. پیشنهاد می شود از گسترش و ایجاد صنایع و کارخانه های آلوده کننده در اطراف رودخانه ها پیشگیری به عمل آید و صناعی که در حال فعالیتند و ایجاد آلودگی آنها محرز است، تحت کنترل قرار گیرند. کارخانجات باید ملزم به نصب دستگاه های تصفیه گردند. جهت سم پاشی مزارع و باغات لزوماً باید زمان مناسبی لحاظ گردد و سموم و کودهایی انتخاب گردند که دارای ترکیبات کم ضررتر و ناپایدارتر باشند و در نهایت برقراری سیستم صحیح و بهداشتی جمع آوری و دفع زباله و جلوگیری از تخلیه آنها در کناره های رودخانه ها بشدت پیگیری ، اجرا و نظارت شوند.

منابع و مآخذ:

- (۱) ابتکار- ورود فاضلاب های شهری مهمترین عامل آلودگی رودخانه ها ؛ رودخانه های رشت از نفس افتادند- ۱۳۸۸- ناشر ابتکار نیوز (<http://www.ebtekar news.Com>)
- (۲) ابتکار - فاضلاب پنج شهر حیات سپیدرود را تهدید می کند- ۱۳۸۸- ناشر ابتکار نیوز
- (۳) آجان نوری ، ن- شناخت حوزه آبخیز سفیدرود - ۱۳۸۸- روزنامه همشهری
- (۴) اصلاح عربانی ، ا و همکاران - کتاب گیلان - ۱۳۸۷ - گروه پژوهشگران گیلان

- (۵) آل شفيعی فومنی ، ی- رودخانه های گیلان زلال آب دیروز- ۱۳۸۲- روزنامه همشهری
- (۶) باقری، ن- سفیدرود در وضعیت اضطراب قرار گرفت- ۱۳۸۸- سی.اچ.ان نیوز
- (۷) بوتکین، د؛ کمر، ا- وهاب زاده ، ع ؛ مترجم -۱۳۸۲- انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد
- (۸) پندی ،ک- رشت در آیینی ی تاریخ- ۱۳۸۷- انتشارات کتیبه گیل
- (۹) پورعلی ،م- آلودگی محیط زیست با سموم - ۱۳۸۸ - ([http:// www.aftab.ir](http://www.aftab.ir))
- و ([http:// www.aftab.ir](http://www.aftab.ir)) و ([http:// www.jame jam online.ir](http://www.jame jam online.ir))
- (۱۰) پورکاظم، ا- گیلان میعادکوه و جنگل و دریا- ۱۳۸۷- مجتمع آموزش کشاورزی گیلان
- (۱۱) پیوند ایران نیوز- خطرات آلودگی بوم سازگان بوم سازگان رودخانه سفیدرود گیلان - ۲۰۰۰- (<http://www.payvand news.Com>)
- (۱۲) خبر گذاری جمهوری اسلامی ایران(ایرنا)، کد خبر ۷۴۰۸۶۷ - پسماندها و پساب ها مشکل اصلی طبیعت گیلان - ۱۳۸۸- ایرنا
- (۱۳) روزنامه قدس- جاجرود در تیررس فاضلاب ها - ۱۳۸۸- آستان قدس رضوی ،موسسه فرهنگی قدس ، روزنامه قدس
- (۱۴) کاسپین اینویرنمنت پروگرام - نیمرخ ساحلی ایران- ۲۰۰۳ CRCT for ITCAMP
- (۱۵) کرانتر، د ؛کیفرستین ،ب - جامعه و آلودگی آب - ۱۳۸۸-
- (۱۶) گیلان نیوز- منابع آبی استان گیلان در معرض انواع آلودگی است - ۱۳۸۶- ([http:// www.gilan news. Com](http://www.gilan news. Com))
- (۱۷) فردا نیوز- سفیدرود کلکسیون آلودگی رودخانه های ایران -۱۳۸۷- فردا نیوز
- (۱۸) محیط زیست ایران- ورود روزانه ۴۰۰ تن زباله به سیاهرود - ۱۳۸۸- خبرگذاری مستقل محیط زیست ایران
- (۱۹) مهر - گزارش تصویری آلودگی رودخانه های زرجوب و گوهررود - ۱۳۸۸- خبرگذاری سرزمین مهر
- (۲۰) مهر - فاضلاب پنج شهر حیات سفیدرود را تهدید می کند - ۱۳۸۸- خبرگذاری مهر
- (۲۱) مهر - سفیدرود کلکسیون آلودگی رودخانه های ایران -۱۳۸۷- خبرگذاری مهر
- (۲۲) مهر - فاضلاب ها جاری در رودخانه های گیلان ، ورود روزانه ۴۰۰ تن زباله به سیاهرود - ۱۳۸۸- خبرگذاری مهر

23) CSE – 2010 – River pollution – Center for science and environment

24) E.R.F.B – 2005 – River pollution case study eastern regional fisheries board ; summary report on pollution of the Tolka River near Clonee – Eastern Regional Fisheries Board ; Co . Dublin

25) Fact sheet – 2009 – River pollution – Fact sheets

26) Sauer , Jack – 2009 – The Niantic River Stuary , the Oswegatchie Hill – Save the Hill , Inc ; Waterford

27) Kranz , David ; Bard , Kifferstein – 1998 – Water pollution and society – Netscape now

- 28) Mughal , F . H – 2008 – Indus river pollution a risk to livelihood – (<http://DAWN.com>)
- 29) Wademan – 2009 – Human impact on the Nile River – University of Michigan (<http://www.wademan.com/visionQuest/Cairo-Nile>)
- 30) Wikipedia – 2010 – Water pollution – Wikipedia

"فاضلاب های خانگی و کاربرد مجدد" ؛ "greywater & reuses"

مقدمه :

هر روز میلیون ها نفر :

الف) صبحگاهان که از خواب برمی خیزند یا قبل از آغاز کارهای روزانه اقدام به گرفتن دوش آب داغ می نمایند.

ب) افراد خستگی عصرگاهی خویش را با آرمیدن درون وان حمام (bathtub) و یا استخرهای گردابی (whirlpool) بفراموشی می سپارند.

پ) آنها مدتی از روز را صرف مسواک زدن می کنند.

ت) مردم بر اساس تعداد اعضای خانوار به دفعات به شستن البسه می پردازند چنانکه بررسی ها حاکی از اینکه هر خانواده ۴ نفره بطور متوسط بیش از ۳۸۰۰ گالن آب قابل استفاده مجدد را سالانه از طریق حمام کردن و شستن البسه ضایع می سازند (۱).

چرا باید از فاضلاب های خانگی استفاده شود؟

چگونه سیستم های مناسب کاربرد مجدد فاضلاب های خانگی را برمی گزینند، می سازند و نهایتاً مورد بهره برداری قرار می دهند ؟

فاضلاب های خانگی را تحت چه تیمارهایی قرار می دهند و چگونه تصفیه می کنند ؟

آنها برای چه مواردی مصرف می شوند ؟ مثلاً برای آبیاری چه گیاهانی کاربرد دارند؟

تکنولوژی های مدرن مدیریت و استفاده مجدد از فاضلاب های خانگی در کشورهای پیشرفته کدامند(۲)؟

تعاریف :

فاضلاب های خانگی (waste ، gray water ، grey water) عبارت از: آب های ضایعاتی (waste)

حاصل از فعالیت های معمول روزانه نظیر : رختشویی ، شستشوی ظروف و حمام کردن است که می توانند

برای اموری مثل آبیاری فضاهای سبز و ساختمان های نیازمند رطوبت زیاد همچون گلخانه ها به مصرف

مجدد برسند.

فاضلاب های خانگی تفاوت های زیادی با فاضلاب توالتی دارند زیرا مورد اخیر را با نام گندآب ها (sewage)

یا (black water) می شناسند که حاوی فضولات انسانی (human waste) هستند (۵).

فاضلاب های خانگی یا "آب خاکستری" اصولاً نام خویشت را از ظاهر تیره ای (cludy) دریافت کرده اند که حدواسط آب تمیز و قابل شرب با مفهوم "آب سفید" (white water) و "گنداب های توالتی" با مفهوم "sawage water" یا "black water" می باشند.

در سیاق خانگی، فاضلاب های خانگی همان آب های مصرفی حمام، دوش گرفتن، روشویی و ماشین های لباسشویی هستند گواينکه گاهآ آب های ضایعاتی ظرفشویی و آشپزخانه ای را نیز از این جمله محسوب می کردند ولیکن هیچگاه فاضلاب هایی که حاوی فضولات انسانی (feces، fecal) هستند، جزو آنها شمرده نمی شوند (۵).

تعریف فاضلاب های خانگی در اتحادیه اروپا و استرالیا :

"هرگونه آبی که برای شستشو (wash water) در خانه ها استفاده می شوند بجز آب مصرفی در توالت ها و شستشوی کهنه بچه ها (diaper wash water) را فاضلاب خانگی می گویند. آب حاصل از شستشوی ظروف (dish water)، حمام کردن و دوش گرفتن (bath & shower water)، شستشوی دست و صورت (sink water) و رختشویی (laundry water) حدوداً شامل ۵۰-۸۰ درصد آب های ضایعاتی (waste water) اماکن مسکونی را تشکیل می دهند که از اینگونه آب های ضایع شده می توان برای بکارگیری در مقاصد گوناگونی نظیر آبیاری فضاها (landscape) استفاده نمود (۲).



تعریف فاضلاب های خانگی در ایالات متحده آمریکا :

"فاضلاب های خانگی شامل: آب های مصرفی آشپزخانه ای (kitchen sink water) و ماشین های رختشویی (washing machine water) هستند (۲)."

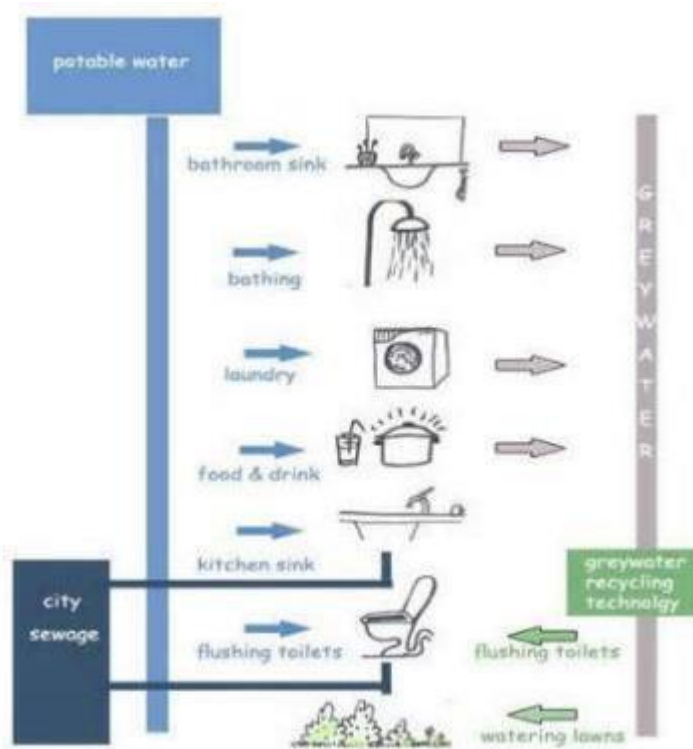
«جدول ۱) ترکیب مواد موجود در فاضلاب های خانگی (۳):»

منبع فاضلاب	بakteriya	کلرین	کف	نیزات غذا	PH	نیزات	گرس	روغن و	مواد آلی	اکسژن	طالب	فسفات	شوری	صابون	سدیم	نیزات مغلق	نیزگی
لباسشویی	*		*		*	*		*		*	*	*	*	*	*	*	*
ظرفشویی	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*			*	*	*	*
حمام کردن	*				*		*	*		*	*			*		*	*
آشپزخانه	*			*			*	*	*	*	*			*		*	*

آب های مصرفی به کجا می روند ؟

در مواردی که از سیستم های "گندزدایی" (septic system یا septic tank) بهره می گیرند آنگاه فاضلاب های معمولی خانگی (greywater) با فاضلاب های توالتی (black water) مخلوط می شوند سپس به داخل مخازن "گندزدایی" می ریزند و یا نهایتاً در مزارع کشاورزی تخلیه می گردند.

در راستای چنین وقایعی ممکن است آب های زیرزمینی و از آن جمله منابع آب های آشامیدنی جوامع آلوده گردند و یا اینکه در شهرهای بزرگ وارد سیستم های فاضلاب بهداشتی (sanitary sewer system) شوند.



امروزه تهیه آبهای آشامیدنی در بسیاری از شهرهای بزرگ دنیا با دشواری صورت می پذیرند و منابع آب تمیز بویژه در طی فصول گرم سال به شدت کمیاب می گردند. آبیاری محوطه های چمن (lawn) می تواند مقدار زیادی از آب های آشامیدنی را بهدر بدهد. کاهش آب چاه ها، رودخانه ها و تالاب ها نتیجه استفاده غیر اصولی از آب های قابل دسترس هستند (۱).

سیستم های فاضلاب خانگی به مالکان خانه ها اجازه می دهند تا آب های مصرف شده را تصفیه کنند و برای آبیاری باغ ها، گیاهان باغچه ای و فلاش تانک توالت های جریانی (flush toilets) بکار گیرند. البته در برخی شهرهای بزرگ دنیا به خانه هایی که سیستم فاضلاب آنها به سیستم فاضلاب شهری مرتبط نیست و تحت سیستم گندزدایی قرار ندارند، مالیات های سنگین می بندند. در برخی شهرها نیز اقدام به بکارگیری بخشی از کل فاضلاب های شهری می نمایند لذا آنها را بعد از انجام برخی فرایندها به مصرف می رسانند (۱).

دفع فاضلاب های خانگی :

فاضلاب های شهری (waste water) همواره حاوی گندآب ها (sewer) هستند لذا آنها مخلوطی از فاضلاب های معمولی خانگی و فاضلاب های توالتی می باشند که پس از جمع آوری توسط سیستم های فاضلاب شهری تحت فرایندهای تصفیه ای موسوم به "پاکسازی و حذف مواد زائد" (elimination) قرار می گیرند. فاضلاب های شهری را می توان قبل از اینکه در حجم وسیع وارد محیط زیست شوند، تحت تیمارهایی جهت کاهش آلودگی ها و نزول خطرات احتمالی قرار داد.

فاضلاب های شهری را غالباً در رودخانه ها، دریاها و اقیانوس ها تخلیه می کنند درحالیکه می توان با حذف برخی ترکیبات زائد و آلودگی ها به استفاده مجدد از آنها نظیر آبیاری گیاهان باغچه ها و فضاهای سبز پرداخت. واضح است که گیاهان می توانند از برخی مواد آلوده ساز فاضلاب ها مثل خرده های غذا بعنوان عناصر غذایی مورد نیازشان جهت رشد بهینه بهره گیرند درحالیکه رسوبات صابون ها و نمک ها می توانند برای گیاهان و میکروارگانیسم های خاک مضر باشند ولیکن چنین مواردی نیز در صورت بکارگیری فاضلاب ها در سازه های "رطوبت طلب" بمرور جذب خاک می شوند و سپس تجزیه می گردند. همچنین فاضلاب های خانگی تصفیه شده برای بسیاری از گیاهان رطوبت دوست نظیر اویارسلام (sedge)، گراس ها و جگن ها (rush) مشکلی ایجاد نمی کنند (۵).



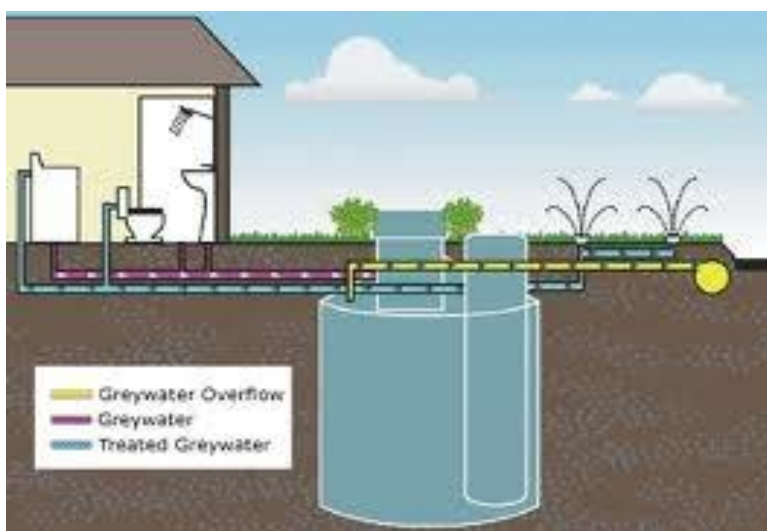
چرا از فاضلاب های خانگی استفاده می شود؟

سیستم های فاضلاب شهری (waste water) در نگاه اول ممکن است چندان با اهمیت جلوه نکنند. مثلاً کاهش دادن فشار آب در سردوش های حمام می توانند تا حدود زیادی با کمترین تلاش باعث صرفه جویی در آب مصرفی شوند و سیستم های گندزدایی (septic system) قادرند اغلب فاضلاب های شهری را تصفیه کنند اما زمانی که با دقت به موضوع نگرسته شود آنگاه اهمیت اصلی استفاده مجدد از فاضلاب ها آشکار می گردند (۲).

سیستم های اکولوژیک نظیر: بهره برداری از آب باران، مدیریت رواناب ها، استفاده از نورخورشید، کمپوست فضولات انسانی و تولید مواد غذایی در فضاهای سبز تماماً از موضوعاتی هستند که در زندگی بشر امروز مشارکت دارند (۲).

امروزه حدود ۸ میلیون سیستم فاضلاب شهری در ایالات متحده آمریکا با ۲۲ میلیون مشترک وجود دارند که طی ۶۰ سال اخیر با وجود حدود یک میلیارد کاربر تاکنون حتی یک مورد انتقال بیماری مسری از طریق کاربرد مجدد فاضلاب های شهری تأیید نشده است درحالی که سالانه حداقل ۴۰۰ آمریکایی در اثر برخورد با صاعقه جان می سپارند (۲).

ثابت شده است که بنحو مطمئن از فاضلاب های خانگی می توان بجای آب های آشامیدنی جهت آبیاری درختان فضاهای سبز بهره گرفت، ضمن اینکه چنین آب هایی از مقادیر بسیار اندک ذرات مواد آلی نیز بهره می برند و بدینگونه بخشی از نیازهای گیاهان به عناصر غذایی را برآورده می سازند. بهرحال استفاده از فاضلاب های خانگی می تواند چاره ای موقتی برای برخی معضلات اکولوژیکی باشد که در صورت رها شدن فاضلاب های خانگی بدون هیچگونه تیماری در طبیعت گریبانگیر اجتماع در آینده ای نه چندان دور خواهند شد (۲).



فواید استفاده مجدد (reuse یا recycling) فاضلاب های شهری عبارتند از:

(۱) کاهش مصرف آب های آشامیدنی :

فاضلاب های شهری در بسیاری از مواقع می توانند جایگزین مصرف آب های آشامیدنی شوند و بخشی از هزینه های خانوارها را در مواردی نظیر آبیاری فضاهای سبز و باغچه های خانگی کاهش دهند.

(۲) ایجاد کمترین آلودگی در صورت عدم استفاده از مخازن گندزدایی و ساختارهای تیمار فاضلاب ها: استفاده از فاضلاب های شهری می تواند حجم کمتری از فضولات را به مخازن گندزدایی رهنمون سازند لذا هزینه های کمتری را به شهرداری ها تحمیل می نمایند.

(۳) تیمارهای بهتر :

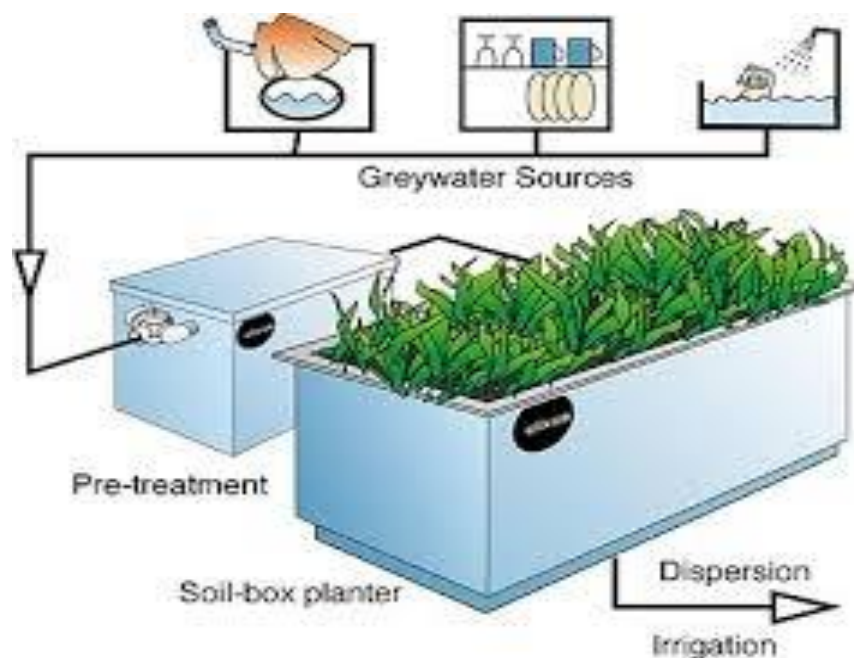
خاک سطحی بسیار مؤثرتر از خاک زیرین و ساختارهای تیمار فاضلاب عمل می کند. بکارگیری فاضلاب های شهری در سطح خاک که فعالیت میکروبی و گیاهی بیشتری دارد، می تواند باعث کاهش آلودگی آب های زیرزمینی و خاک های زیرین شود و بدینگونه نیازی به تخصیص اراضی جهت احداث مخازن گندزدایی نیست بویژه مناطقی که ضریب نفوذپذیری آب در خاک بسیار کم است و موجب ماندابی می شود، دچار معضلات زیست محیطی نخواهند بود.

(۴) کاهش مصرف مواد شیمیایی و انرژی :

همچنان که مقدار آب آشامیدنی مصرفی و فاضلاب های شهری با کاربرد مجدد فاضلاب های خانگی کاهش می یابند لذا نیازی به پمپاژ مقادیر بیشتری از آنها نخواهد بود و بنابراین در هزینه های عمومی صرفه جویی می شود.

(۵) تقویت سفره های زیرزمینی :

کاربرد فاضلاب های شهری غالباً بیش از نیاز آبی گیاهان فضاهای سبز است لذا باعث تقویت آب های زیرزمینی می شوند.



۶) رویش گیاهان :

فاضلاب های شهری می توانند بر وسعت فضاهای سبز شهری بیفزایند.

۷) احیاء عناصر غذایی موجود در فاضلاب ها :

فاضلاب های شهری حاوی برخی عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان هستند و می توانند باعث بهم خوردن تعادل های محیط های آبی موسوم به "اوتروفیکاسیون" گردند لذا استفاده از آنها در اراضی می تواند به اصلاح خاک ها منتهی شود.



۸) افزایش هشدارها و حساسیت به چرخه مواد طبیعی :
فاضلاب های شهری می توانند ضمن افزایش عملکرد تولیدات گیاهی باعث کاربرد عاقلانه و هوشمند منابع طبیعی موجود شوند.

۹) کاهش استخراج آب های رودخانه ها و سفره های آب (aquifers) :
۱۰) اصلاح و تقویت کیفی خاک های سطحی با مواد موجود در فاضلاب های خانگی (۲،۵).

«جدول ۲) ویژگی ها و ظرفیت های سیستم های مختلف فاضلاب های شهری (۲):»

سال	سیستم فاضلاب شهری در کالیفرنیا	
۲۰۰۷	جمعیت	۳۶۵۵۳۲۱۵ نفر
۱۹۹۹	سیستم های فاضلاب خانگی	۱۳/۹ درصد
۲۰۰۹	بهره برداران فاضلاب خانگی	۵۰۸۰۸۹۷ نفر
۲۰۰۰	جمعیت هر خانوار	۲/۸۷ نفر
۲۰۰۹	تعداد سیستم های فاضلاب	۱۷۷۰۳۴۷ مورد
۲۰۰۹-۱۹۹۲	سیستم های فاضلاب مجاز	۲۰۰ مورد
۲۰۰۹-۱۹۹۲	نسبت سیستم های غیر مجاز به مجاز	۸۸۵۲
۲۰۰۹-۱۹۹۲	درصد سیستم های مجاز	۰/۱۱ درصد
کاربران سیستم فاضلاب در کانادا		
۱۹۵۰	سیستم های فاضلاب خانگی	۱۰/۰ درصد
۱۹۵۰	جمعیت ناحیه "کالیورنیا"	۱۰۵۸۶۲۲۳ نفر
۱۹۵۰	بهره مندان از فاضلاب خانگی	۱۰۵۸۶۲۲ مورد
۲۰۰۹-۱۹۴۹	متوسط تعداد بهره مندان	۳۰۶۹۷۶۰ نفر
۲۰۰۹-۱۹۴۹	جمع تعداد بهره مندان	۱۸۴۱۸۵۵۷۶ نفر
سیستم های فاضلاب شهری در ایالات متحده آمریکا		
۲۰۰۸	جمعیت ایالات متحده	۳۰۳۸۲۴۶۴۰ نفر
۱۹۹۹	سیستم های فاضلاب خانگی	۷/۰ درصد
۲۰۰۹	تعداد بهره مندان	۲۱۲۶۷۷۲۵ نفر
۲۰۰۰	جمعیت خانوار	۲/۵۹ نفر
۲۰۰۹	سیستم های فاضلاب خانگی	۸۲۱۱۴۷۷ مورد
۱۹۵۰	سیستم های فاضلاب خانگی	۱۰/۰ درصد
۱۹۵۰	جمعیت ایالات متحده	۱۵۲۲۷۱۴۱۷ نفر
۱۹۵۰	تعداد کاربران	۱۵۲۲۷۱۴۲ نفر
۲۰۰۹-۱۹۴۹	متوسط تعداد کاربران	۱۸۲۴۷۴۳۳ نفر
۲۰۰۹-۱۹۴۹	جمع تعداد بهره مندان	۱۰۹۴۸۴۵۹۹۵ نفر
۲۰۰۸-۱۹۹۰	گزارش انتشار بیماری	۰
۲۰۰۸	تلفات صاعقه	۴۰۰ نفر
۲۰۰۵	خفگی در وان حمام	۳۴۴ نفر

«جدول ۳) کل موارد بیماری های مسری ثبت شده در ایالات متحده آمریکا در سال ۲۰۰۷ میلادی (۲):»

تعداد موارد	نوع بیماری مسری	
۷	Cholera	وبا
۱۱۱۷۰	Cryptosporidiosis	اسهال پروتوزوایی
۴۸۴۷	E . coli	اشرشیا کولی
۱۹۴۱۷	Giardiasis	اسهال ژiardیایی
۲۹۷۹	Hepatitis A	هپاتیت آ
۲۷۱۶	Legionellosis	تب باکتریایی لژیون
۴۷۹۹۵	Salmonellosis	سالمونلا
۱۹۷۵۸	Shigellosis	اسهال شیگلایی
۴۴۷	Vibriosis	بیماری های باکتریایی دستگاه تناسلی
۱۲۳۷۱۳		کل

سیستم های جمع آوری فاضلاب های خانگی :

سیستم های فاضلاب خانگی به دو گروه اصلی تقسیم می شوند که برای انتخاب هر کدام از شیوه های مذکور باید به قوانین، مقررات و شرایط منطقه ای توجه نمود: :

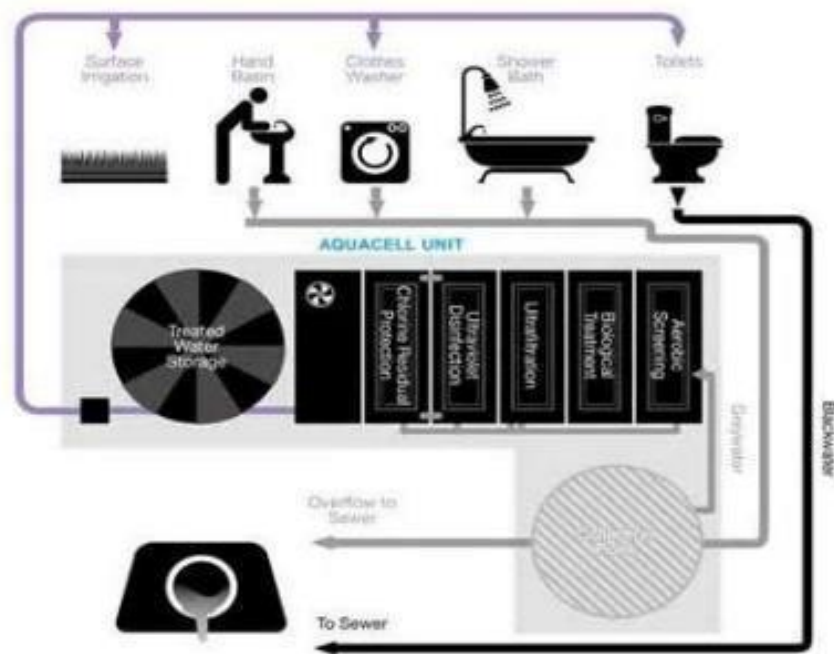
۱) سیستم های فاضلاب بر اساس مصرف انرژی :

۱-۱) سیستم دستی تغذیه ثقلی (gravity fed manual systems) ؛

در سیستم دستی هیچگونه نیازی به پمپ ها و نیروی الکتریسته نیست زیرا فاضلاب ها تحت نیروی جاذبه به محل های مورد نظر انتقال می یابند اما این سیستم نیازمند محوطه های بزرگ و باز برای استقرار می باشد.

۱-۲) سیستم بسته (package systems) ؛

سیستم بسته نیازمند نیروی الکتریسته است اما آنها "خود شمول" (self-contained) هستند و در محیط های بسته استقرار می یابند (۱).

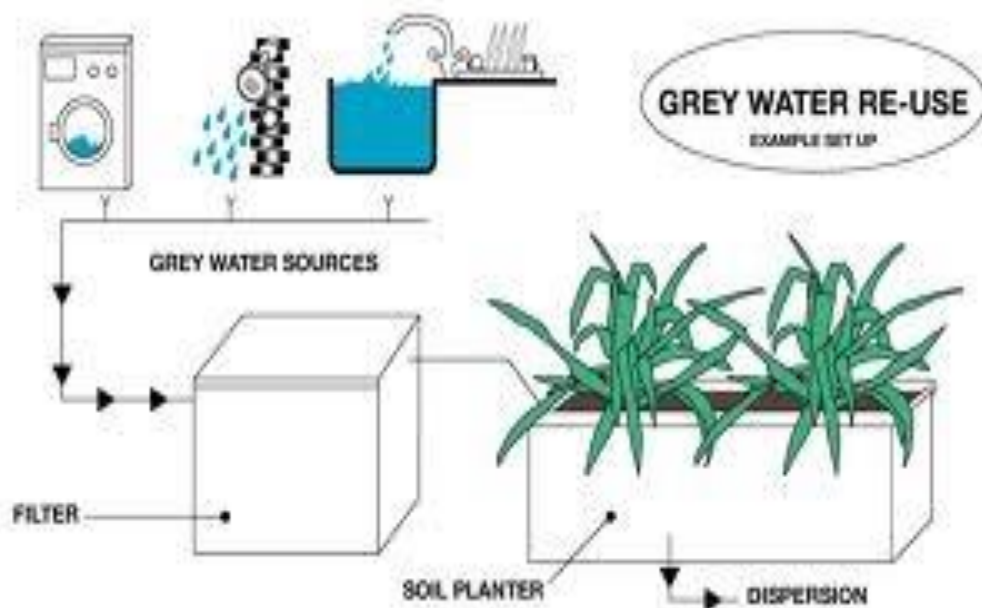


۲) سیستم های فاضلاب براساس گندزدایی :

۱-۲) سیستم بازیافت فاضلاب ها بدون پالایش (without purifying):

فاضلاب های بازیافتی بدون پالایش را در برخی فعالیت های کشاورزی از جمله آبیاری نهالستان ها و همچنین مصارف درون اقامتگاهی (dwelling) در مواردی که اجباری در استفاده از آب های آشامیدنی نیست نظیر آبیاری باغچه ها و چمن ها و فلاش تانک توالت ها بکار می برند. از آنها همچنین اگر از جمع آوری آب های باران حاصل شده اند و عاری از آلودگی ها و یا فاضلاب هایی که فاقد مواد شیمیایی مثل صابون های سنتزی باشند، می توان در برخی امور خانگی استفاده کرد.

فاضلاب های خانگی در مواردی که ابتدا جمع آوری و سپس مصرف می گردند، هیچگاه نباید بیش از ۲۴ ساعت در مخازن باقی بمانند زیرا دچار فساد و گندیدگی ذرات مواد غذایی همراهشان می شوند. در مواردی که ضرورت بکارگیری فاضلاب های شهری برای برخی نیازهای خانگی مثل شستشو، حمام کردن و بویژه آشامیدن وجود داشته باشد، باید با سیستم های مناسب پالایش و گندزدایی تیمار گردند (۵).



۲-۲) سیستم بازیافت فاضلاب ها از طریق پالایش یا ضد عفونی کردن (purifying یا decontamination): در مواردی که ضرورت تبدیل فاضلاب های خانگی به آب آشامیدنی (potable) و یا نزدیک به کیفیت آن (near potable) وجود دارد، باید از سیستم های تصفیه دقیق مبتنی بر فرآیندهای بسیار ظریف (soft process) بهره گرفت و چنین فرآیندهایی شامل: راهکارهای بیولوژیکی طبیعی، سیستم های مکانیکی نظیر فیلترشن، تشعشع UV و فیلترهای جاذب (lava filter) می باشند (۵).

بطور کلی سیستم های تصفیه فاضلاب های خانگی را به دو دسته زیر تقسیم بندی می کنند :

۱) فرآیندهای نرم یا بدون نیاز به انرژی (fine processes) شامل :

۱-۱) سیستم های بیولوژیکی (biological systems) از جمله :

۱-۱-الف) سیستم های گیاهی (plant systems)

۱-۱-ب) سیستم های تالابی (treatment ponds)

۱-۱-پ) ساختارهای "رطوبت طلب" (constructed wetlands)

۱-۱-ت) دیوارهای زنده (living walls)

۲-۱) "بیو-راکتورها" (bio-reactors) یا سیستم های فشرده (compact systems) نظیر :

۲-۱-الف) سیستم های لجن فعال (activated sludge)

۳-۱) "بیو-روتورها" (bio-rotors)

۴-۱) فیلترهای "زیست-هوازی" (aerobic bio-filters)

۵-۱) فیلترهای زیستی غیرهوازی یا بی هوازی (anaerobic bio-filters)

۶-۱) فیلترهای هوادار غوطه ور (submerged aerated filter)

۷-۱) "بیورول ها" (bio-rolls)

برخی از سیستم های فاضلاب های شهری فقط به بازیافت قسمتی از فاضلاب های خانگی معمولی و فاضلاب های توالی با استانداردهای قابل قبول می پردازند و آب احیاء شده (reclaim water) را برای آبیاری گیاهان و یا سایر اهداف مصرف می کنند (۵).



استاندارد کیفی فاضلاب های شهری :

استانداردهای جاری دارای محدودیت هایی جهت دستیابی به فاضلاب های شهری بمنظور آبیاری فضاها سبز هستند. سازمان بهداشت جهانی (WHO) فقط زمانی استفاده مجدد از فاضلاب های شهری را توصیه می نماید که تعداد کلیفرم های مدفوعی (fecal coliform) کمتر از ۱۰۰۰ CFU در یک هزار میلی لیتر داشته باشند درحالیکه سایر دستورالعمل های موجود بر میزان کدربودن یا تیرگی (turbidity)، اکسیژن محلول و میزان PH فاضلاب ها متمرکز هستند آنچنانکه توصیه می گردد که تا حد ممکن به حذف کلیفرم های مدفوعی قبل از استفاده مجدد از فاضلاب های خانگی اقدام شود تا از خطرات بالقوه اش بر سلامتی انسانها کاسته شود. لذا توصیه می گردد که از فیلترهای مناسب و کارآمد بمنظور بیشترین میزان حذف پاتوژن ها بهره گیرند. چنین فیلترهایی باید دارای سوراخ های بسیار ریز تا حد میکرومتر باشند چونانکه برای حذف باکتری ها بمیزان ۱۰-۵/۰ میکرون (μm)، برای حذف رسوبات شیمیایی بمیزان ۱۰۰۰-۱ میکرون و برای حذف تیرگی بمیزان ۱۰-۰/۱ میکرون باشند (۳).

«جدول ۴) استاندارد کیفیت فاضلاب ها برای استفاده مجدد (۳):»

موارد	کل کلیفرم ها در ۱۰۰ میلی لیتر	کلیفرم های مدفوعی	BOD (mg/l)	تیرگی (NTU)	کلر (mg/l)	PH
استاندارد آب حمام	۵۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰-۲۰۰۰	---	---	---	۹-۶
USA	نایاب	<۲۴۰	۴۵-۱۰	۹۰-۲	۱	۹-۶
استرالیا	<۱	<۴	۲۰	۲	۱	۹-۶
بریتانیا	نایاب	<۴	۲۰	۲	۱	۹-۶
ژاپن	<۱۰	<۱۰	۱۰	۵	۱	۹-۶
WHO	۱۰۰۰-۲۰۰	<۱۰	۱۰	۵	۱	۹-۶
آلمان	۱۰۰	۵۰۰	۲۰	۲-۱	۱	۹-۶

«جدول ۵) مشخصات مواد لازم در صافی های شن (۳):»

لایه ها	مواد لازم	قطر ذرات (m)	تخلخل	طول (m)
لایه اول	شن نرم	3.0E-04	۰/۸	۰/۶۵
لایه دوم	شن درشت	4.0E-03	۰/۸	۰/۰۵
لایه سوم	سنگریزه	1.5E-02	۰/۵	۰/۰۵

«جدول ۶) مشخصات مواد لازم در صافی های مختلط (۳):»

لایه ها	مواد لازم	قطر ذرات (m)	تخلخل	طول (m)
لایه اول	مالچ	7.5E-02	۰/۵	۰/۲۵
لایه دوم	سنگریزه متوسط	1.5E-02	۰/۵	۰/۱۰
لایه سوم	سنگریزه نخودی	4.0E-03	۰/۵	۰/۱۰
لایه چهارم	شن نرم	3.0E04	۰/۸	۰/۲۰
لایه پنجم	شن درشت	4.0E-03	۰/۸	۰/۱۰
لایه ششم	سنگریزه درشت	2.0E-02	۰/۵	۰/۰۵

«جدول ۷) کارایی جمع آوری و حذف ۲ نوع ذرات توسط صافی مختلط (۳):»

قطر ذرات به میکرون	مواد لازم	لایه ها
۱/۰	۰/۵	
1.31E-04	6.55E-05	لایه اول
1.78E-04	1.40E-04	لایه دوم
2.79E-04	3.01E-04	لایه سوم
1.74E-03	2.52E-03	لایه چهارم
4.47E-04	4.82E-04	لایه پنجم
1.65E-04	1.21E-04	لایه ششم

استفاده مجدد از فاضلاب های خانگی (reuse یا recycling):

بطور کلی فاضلاب های خانگی را برای دو منظور کاملاً مجزا بشرح زیر بکار می گیرند :

۱) کاربردهای "بیرون خانگی" (outdoor reuse):

سیستم های بازیافت ضایعات انسانی نظیر تهیه کمپوست از باقیمانده ها و مواد زائد خانگی و فضولات انسانی می توانند سکونتگاه های متراکم بشر امروز را با چرخه اکولوژیکی مواد مرتبط سازند. استفاده از فاضلاب ها می تواند به تولید پایدار مواد غذایی در اکوسیستم های خانگی، پاک شدن محیط های آبی و پناهگاه های حیات وحش منجر شود. بنابراین از طریق مدل سازی تکنولوژی های مناسب بمنظور تولید مواد غذایی کافی، آب و بهداشت در جهان مدرن نهایتاً امیدوار به جایگزینی فرهنگ منحل "آب ضایع شده" (waste water) با فرهنگ "آب زندگی آفرین" (life generating) خواهیم بود (۴).

در راستای دستیابی به اهداف فوق، توصیه شده است که از سیستم های ساده و یا پیچیده در شرایط مناسب به بازیابی غاضلاب های شهری پرداخته شود ولیکن متخصصین امر باور دارند که طراحی سیستم های ساده فاضلاب برای اماکن مسکونی ارجح ترند. البته در سیستم های ساده امکان گسیل مستقیم فاضلاب های خانگی بدون سیستم های آبیاری قطره ای وجود ندارد اما با کاربردهای سبز باعث تصفیه آنها در خاک می شوند. در سیستم های ساده فاضلاب نیازی به کاربرد پمپ ها و مصارف انرژی نیست زیرا مایعات تحت نیروی ثقل زمین به جریان در می آیند. در چنین مواردی ترجیح داده می شود که از سیستم های آبیاری مناسبی استفاده گردد که بجای اعتماد به صافی ها و قطره چکان های جدید و گرانقیمت بنحو مقتضی مانع مسدود شدن (clogging) مسیر آبیاری شوند (۴).



برخی کارشناسان نیز عقیده دارند که سیستم های پیچیده تر فاضلاب های شهری برای سیستم هایی در مقیاس : چند فامیلی، تجارتي و صنعتي مناسب ترند زیرا این سیستم ها می توانند به تیمار و استفاده مجدد آب در حجم زیاد پردازند و بدینگونه صرفه جویی با ارزشی از آب مصرفی را در مناطق متراکم شهری، فرآیندهای تولید غذا، مدارس، دانشگاه ها، تأسیسات کارخانه ای و ساختمان های عمومی به منصفه ظهور برسانند زیرا چنین سیستم های پیچیده ای مبتنی بر کاربرد فیلترها و پمپ ها هستند و غالباً توسط مهندسين ورزیده طراحی می گردند. آنها بسیار گران می باشند و نیازمند نگهداري و مراقبت منظم هستند (۴).

فاضلاب های شهری دارای تفاوت های عمده ای نسبت به آب های آشامیدني هستند لذا نیازمند دستورالعمل های متفاوتی می باشند تا قابل مصرف مجدد گردند. بخاطر داشته باشید که فاضلاب های خانگی و شهری را نباید بیش از ۲۴ ساعت ذخیره نمود زیرا عناصر غذایی موجود در آنها شروع به تجزیه می کنند و تولید بوی بد می نمایند.

فاضلاب های شهری بطور بالقوه حاوی پاتوژن ها هستند زیرا همواره امکان نفوذ و آلودگی مدفوعات انسانی بداخل آنها وجود دارند بنابراین باید سعی شود تا حداقل تماس مستقیم اجزاء بدن کاربران با فاضلاب های شهری حاصل گردد.

سیستم های فاضلاب را باید بگونه ای طراحی نمود که آنها را بدون خاک هدایت نمایند زیرا هیچگاه نباید در دسترس حیوانات و انسان جهت آشامیدن قرار گیرند. نفوذ دادن فاضلاب ها (infiltrate) بدون اینکه به تشکیل رواناب (run off) و یا آبگرفتگی (pool up) سطح زمین بینجامد، زمانی حاصل می شود که با اطلاع از سرعت فرونشست آب در خاک به طراحی سیستم های مناسب فاضلاب اقدام گردد. باید بدانیم که جمع شدن فاضلاب ها بر سطح زمین باعث تکثیر پشه ها و افزایش بیماری ها می شوند.

واقعیات نشان می دهند، سیستم های ساده ای که فاقد پمپ و فیلتر هستند، نیازمند مراقبت کمتری می باشند لذا انرژی کمتری مصرف می کنند و هزینه کمتری نیاز دارند گواينکه بسياري از محققين بر اين عقیده اند که بهتر است از سیستم های ۳ دریچه ای (3 way valve) در حد واسط سیستم جمع آوری و بخش گندزدایی فاضلاب ها بهره گرفته شوند (۴).



مهمترین سیستم هایی که جهت کاربرد مجدد فاضلاب های خانگی برای مصارف "بیرون خانگی" وجود دارند عبارتند از :

۱-۱) فاضلاب ماشین لباسشویی (washing machin) :

ماشین های لباسشویی آسانترین منابع مولد فاضلاب های شهری برای استفاده مجدد هستند زیرا آنها را می توان بطور مستقیم وارد سیستم های موجود نمود. بدینگونه هر ماشین لباسشویی دارای یک پمپ حدواسط می گردد که بطور اتوماتیک به پمپ آب مصرف شده می پردازد تا اینگونه فاضلاب ها را مستقیماً برای آبیاری درختان به بهره برداری برساند (۴).

۱-۲) فاضلاب لباسشویی استوانه ای دوار (laundry drum) :

استوانه کهنه شورها را معمولاً با بندهایی به دیوارهای حیاط یا انباری محکم می سازند تا ایمن گردند. افراد در مواردیکه از خانه های اجاره ای بهره می برند و بدینگونه تمایلی به مخارج بیشتر وجود ندارد و یا فضای کافی مابین خانه ها و باغچه های خانگی در اختیار نیست بنابراین بکارگیری لباسشویی های استوانه ای دوار توصیه می گردند. در چنین حالتی ابتدا آب را بدرون استوانه ای نظیر یک بشکه بزرگ یا مخزن موقتی پمپاژ می گردد و یا اینکه آب ها مستقیماً از کف استوانه وارد شیلنگی می شوند که قادر به آبیاری تمامی گیاهان باغچه های خانگی است. این روش ارزان ترین و آسان ترین شیوه است اما نیازمند ثبات جریان آب در شیلنگ برای اثربخشی مطلوب می باشد (۴).



۱-۳) فاضلاب لباسشویی بدون مخزن (laundry to landscape):

این سیستم به حداقل مراقبت نیازمند است و قابل انعطاف جهت آبیاری گیاهان در شرایط گوناگون می باشد. در این سیستم، شیلنگی که از ماشین لباسشویی خارج می شود، دارای دریچه ای است که اجازه تخلیه فاضلاب بدون سیستم در مواقع لزوم را می دهد بطوریکه فاضلاب از طریق خروجی ها بمیزان حدود ۱ اینچ برای هر یک از درختان تخلیه می شود. این سیستم بسیار کم هزینه است و به آسانی نصب می شود و انعطاف پذیری زیادی جهت آبیاری گیاهان عرضه می دارد (۴).

۱-۴) فاضلاب دوش ها (shower water):

دوش ها از منابع عمده فاضلاب هایبا کیفیت شهری هستند که غالباً تولید مقادیر زیادی از فاضلاب های نسبتاً تمیز می نمایند. متذکر می شوم که برای داشتن سیستم های ساده و کارآمد باید از سیستم مبتنی بر نیروی ثقل زمین و بدون پمپ بهره گرفت اما در مواردیکه باغچه های خانگی بر فراز تپه ای در مقایسه با جایگاه استقرار خانه ها قرار دارند آنگاه نیازمند نصب پمپ در سیستم انتقال فاضلاب خواهید بود (۴).

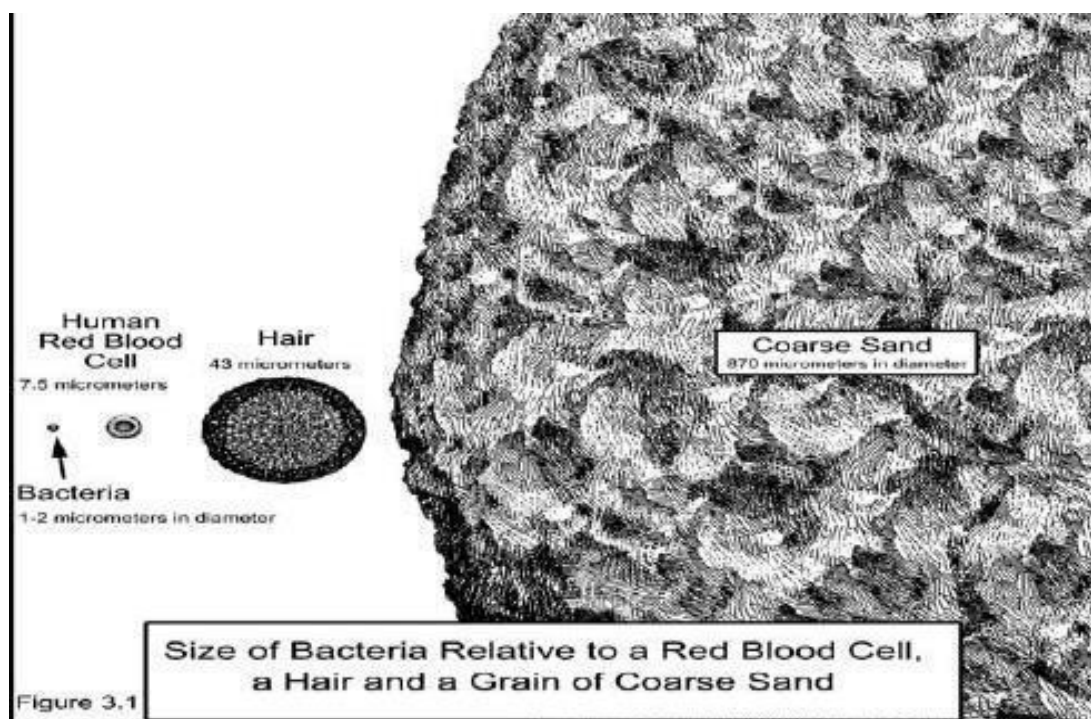
۱-۵) فاضلاب آشپزخانه ای (sink water):

ظرفشویی های آشپزخانه ای از منابع نسبتاً خوب فاضلاب های خانگی هستند. اینگونه فاضلاب ها عمدتاً حاوی ذرات مواد آلی نظیر چربی ها و سایر مواد غذایی دور ریختنی می باشند. چنین فاضلاب هایی در بسیاری از طراحی ها مستقیماً وارد سیستم های بهره برداری مجدد نمی گردند زیرا آنها ایجاد رسوبات و در نتیجه انسداد لوله های سیستم ها می شوند لذا برای اجتناب از رسوب گذاری و انسداد لوله ها توصیه می شود که چنین فاضلاب هایی را با انشعابات قطورتری بدون حوضچه های اطراف درختان تخلیه نمایند درحالیکه فاضلاب های حمام را می توان با انشعابات باریکتری تخلیه کرد. در غیر این صورت باید آنها را

ابتدا تصفیه نمود سپس از رسوبات بعنوان کمپوست و از آب حاصله جهت آبیاری چندین درخت بهره گرفت (۴).

۱-۶) فاضلاب زهکش های انشعابی (branched drain):

فاضلاب ها در این سیستم از میان لوله های زهکش استاندارد با قطر ۱/۵ اینچ در اثر نیروی ثقل و شیب حدود ۲ درصد بعبارتی حدود يك چهارم ($\frac{1}{4}$) اینچ نزول به ازای هر فوت فاصله افقی جریان می یابند. بدینگونه فاضلاب ها مرتباً به مقادیر کمتر و کمتر تقسیم می شوند و نهایتاً در انتهای هر انشعاب توسط يك دریچه خروجی بر روی مالچ هایی که در ناحیه ریشه درختان تعبیه شده اند، می ریزند. اینگونه سیستم ها گواينکه زمانی را برای نصب می طلبند اما تا مدت ها بخوبی کار می کنند و کمترین مراقبت را نیازمندند (۴).



۱-۷) آبیاری با فاضلاب های خانگی (irrigation):

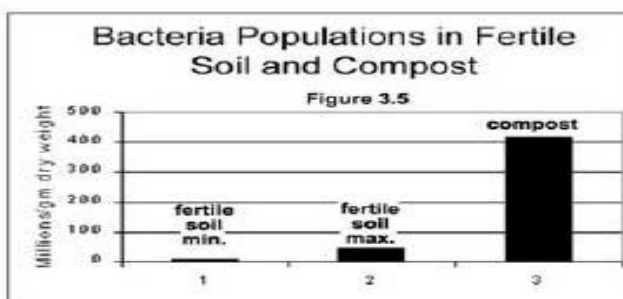
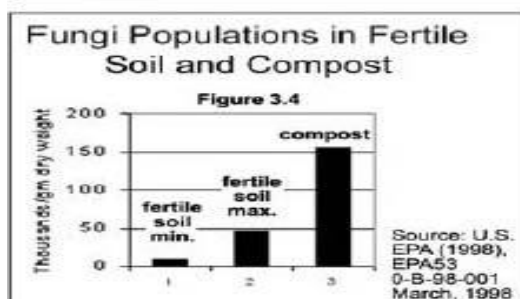
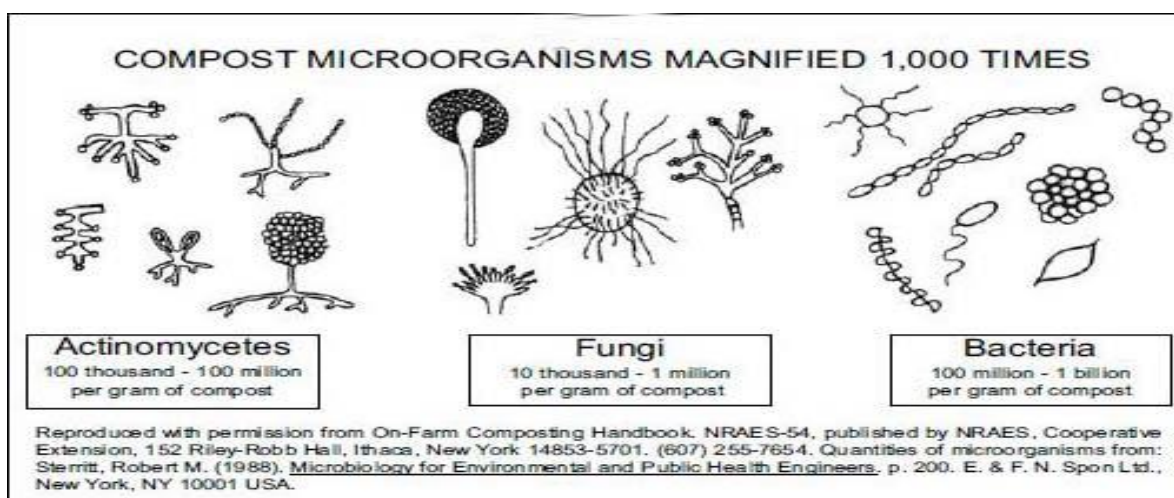
فاضلاب های شهری ممکن است حاوی ذرات کثافات، غذا، گریس، مو و برخی مواد پاک کننده باشند. فاضلاب های شهری گواينکه کثیف بنظر می رسند ولي غالباً بي ضررند و از آنها می توان بنحو سودمندی جهت آبیاری باغچه های خانگی بهره گرفت. در صورتیکه فاضلاب های خانگی را بدون رودخانه ها، دریاچه ها و مصب ها (estuaries) سرازیر سازند، باعث بروز آلودگی خواهند شد اما برای برای غالب گیاهان بسیار با ارزش و سودمندند.

بکارگیری مجدد فاضلاب های خانگی در کنار فواید مشهودی چون صرفه جویی در آب آشامیدنی و هزینه های خانوارها منجر به کاهش فشار بر سیستم های فاضلاب شهری (sewer system یا septic system) می شوند بنابراین از احتمال بروز آلودگی در منابع منطقه ای آب کاسته می گردد. استفاده از فاضلاب های شهری جهت آبیاری گیاهان می تواند چرخه طبیعی آب ها را تسریع بخشد. آسان ترین شیوه بکارگیری فاضلاب ها همانا انتقال آنها توسط لوله ها به خارج از خانه ها و سپس آبیاری فضای سبز، گلکاری ها و درختان میوه است. از فاضلاب ها می توان بطور مستقیم جهت آبیاری سبزیجات بهره گرفت ولیکن نباید با بخش های خوراکی سبزیجات تماس یابند.

در بسیاری از سیستم های فاضلاب شهری ضرورتاً هیچگونه موادی نظیر : سموم زهکش ها، سفید کننده ها (bleach)، رنگ ها (dye)، شوره حمام، تمیز کننده ها (cleanser)، شامپوها و مواد حاوی بور که برای گیاهان مضر هستند، وارد نمی شوند. در فاضلاب ها باید فقط مواد طبیعی و شوینده های قابل تجزیه شدن که برای گیاهان خسارتزا نیستند، موجود باشند (۴).

فاضلاب های خانگی در مقایسه با فاضلاب های توالتی سریعتر تجزیه می شوند زیرا از نیتروژن و فسفر کمتری برخوردارند. هرچند باید فرض شود که تمام فاضلاب های خانگی حاوی ترکیباتی نظیر فاضلاب های توالتی از جمله دستجات پاتوژن ها نیز هستند. البته برخی از فاضلاب های خانگی ممکن است مستقیماً از سینک دستشویی ها به باغچه ها و یا گیاهان گلدانی منتقل شوند تا توسط خاک پالایش شوند و قابلیت مصرف توسط ریشه های گیاهان را بیابند. فاضلاب ها ممکن است حاوی عناصر غذایی و برخی پاتوژن ها باشند و گرمای خویش را به خاک بدهند لذا حائز اهمیت است که آنها را قبل از کاربرد برای اهداف آبیاری گیاهان برای مدت کوتاهی ذخیره سازند تا از گرمای آنها کاسته شود و به ذلالت نسبی برسند مگر اینکه ابتدا تیمار شوند.

فاضلاب های شهری باید بصورت آبیاری زیرسطحی بکار بروند مثلاً از طریق آبیاری قطره ای در زیر مالچ و یا بر روی چاله های مملو از مالچ رها گردند و هیچگاه نظیر آبیاری بارانی در هوا اسپری نگردند زیرا آنگاه بصورت ذرات بسیار ریز معلق در هوا (aerosol) در می آیند که استشمام آنها برای انسان ها و حیوانات خطرناک خواهند بود.



در بسیاری از سیستم های فاضلاب های خانگی ضرورتاً نباید هیچگونه مواد سمی از جمله سفیدکننده ها (bleaches)، مواد شیمیایی نظافت شخصی (bath salts)، رنگ های شیمیایی (artificial dyes)، پاک کننده های مبتنی بر کلرین (chlorine)، اسیدها و قلیاهای قوی، حلال ها و ترکیبات حاوی بور موجود باشند زیرا آنها در غلظت های بالا برای گیاهان مسمومیت را هستند.

اغلب مواد پاک کننده حاوی نمک های سدیمی هستند که خاک را بحالت قلیایی در می آورند و این موضوع باعث محدودیت هایی جهت جوانه زنی بذور گیاهان می شود گواينکه با پاشاندن ذرات خاک (disperse) سبب تخریب ساختمان خاک نیز می شوند.

همچنین آبیاری خاک ها با فاضلاب های خانگی می تواند به دلیل دربرداشتن ژيپس (کلسیم سولفات) باعث کاهش PH و در نتیجه اصلاح برخی خاک ها گردد.

وجود مواد پاک کننده حاوی آمونیاک در فاضلاب های خانگی هیچگونه مشکلی را برای آبیاری گیاهان ایجاد نمی کند زیرا گیاهان خواهند توانست نیتروژن مورد نیازشان را بدینگونه کسب نمایند.

در طی بررسی های ۲۰۱۰ میلادی متعاقب آبیاری با فاضلاب های خانگی به هیچ موردی از خسارات مهم بر گیاهان مواجه نشدند لذا بدینگونه تلقی می گردد که مخاطرات سدیم موجود در فاضلاب های خانگی به میزان حرکت قائم آن در خاک های تحت تیمار بستگی دارد (۵).

اغلب شوینده های قوی و پاک کننده های مایع برمبنای سدیم ساخته می شوند اما سدیم می تواند مانع جوانه زنی بذور گیاهان شود و به ساختمان خاک های رسی آسیب برساند لذا در چنین مواردی باید از صابون های مایع عاری از نمک استفاده کرد.

برخی مواد مصرفی خانگی نیز طبیعتاً حاوی ترکیبات سمی برای انسان هستند مثل: "پارابن" (parabens)، "فنوکسی اتانول" (phenoxyethanol)، "استیر آلکونیوم کلراید" (stearalkonium chloride)، "پلی اتیلین گلیکول" (polyethylene glycol یا PEG) و رایحه های مصنوعی (synthetic fragrances) که بنابراین نباید از فاضلاب های حاوی آنها جهت آبیاری گیاهان بهره گرفت (۴).

کیوی (kiwi fruit) از جمله درختان میوه ای است که با تکنولوژی پانین توسط فاضلاب ها بخوبی پرورش می یابد زیرا آبیاری با فاضلاب های خانگی سازگاری خوبی با گیاهان بزرگ دارد لذا برای آبیاری درختان، درختچه ها، بوته های تمشک و انگور فرنگی، بوته های زینتی و گیاهان یکساله بزرگ مناسب هستند. استفاده از فاضلاب های خانگی برای آبیاری گیاهان یکساله کوچک نظیر چمن ها (lawn) و گل های باغچه ای ممکن است با حساسیت هایی توأم گردد. مقدار فاضلابی که پس از تصفیه به گیاهان داده می شوند، باید مطابق با نیاز آبی آنها باشند (۴).

۸-۱) کاربرد مجدد فاضلاب ها در سازه های "رطوبت طلب":

در مناطق مرطوب به تمامی فاضلاب های تولیدی به یکباره نیاز نیست لذا به جهت اینکه میزان فاضلاب ها از ضروریات آبیاری درختان باغچه حیاط بیشتر است آنگاه نیازمند احداث سازه هایی هستند تا بخشی از فاضلاب های تولیدی را در معرض اکوسیستم طبیعی قرار دهند. بعلاوه اراضی مغروق می توانند عناصر غذایی را جذب و فاضلاب ها را تصفیه نمایند تا حدیکه فاضلاب ها قابلیت پمپ شدن و استفاده در امور آبیاری را بیابند و بدینگونه در هزینه های احداث تصفیه خانه ها صرفه جویی می گردد. از فاضلاب ها همچنین می توان برای آبیاری گیاهان زینتی که خواهان شرایط غرقابی هستند، بهره گرفت. در مواردیکه نزدیک آبگذرهای طبیعی زندگی می کنید آنگاه وجود اراضی مغروق می تواند جویبارها را از آلودگی به عناصر غذایی که در اثر عدم تصفیه فاضلاب ها حاصل می آید، محافظت کند. ولیکن در صورتیکه در مناطق خشک زندگی می کنید و یا اینکه در صدد کاهش مصرف آب آشامیدنی هستید آنگاه بواسطه نیاز شدیدی که به فاضلاب ها جهت آبیاری گیاهان تشنه دارید، ضرورتی به ایجاد اراضی غرقاب ندارید (۴).

۹-۱) کاربرد فاضلاب ها توسط سیستم های پمپی (pumped systems):

در صورتیکه بکارگیری نیروی ثقل زمین بواسطه شیبدار بودن، مرتفع بودن و یا فاصله زیاد بین درختان باغچه های خانگی امکان پذیر نباشد آنگاه نیازمند سیستمی شامل یک بشکه و یک پمپ تخلیه هستید تا فاضلاب ابتدا به درون بشکه پلاستیکی با حجم حداقل ۵۰ گالن جریان یابد. این بشکه را می توان بر سطح زمین استقرار بخشید و یا در داخل زمین دفن نمود. آنگاه پمپی در داخل بشکه قرار می گیرد که فاضلاب را به درون سیستم آبیاری فاقد پخش کننده می راند تا گیاهان باغچه ای و فضاهای سبز را مشروب سازد. البته برای تهیه پمپ باید هزینه ای پرداخت شود، ضمناً نیازمند الکتریسته و مراقبت است (۴).



۲) کاربردهای "درون خانگی" (indoor reuse):

در بسیاری از اماکن مسکونی اقدام به بکارگیری فاضلاب های خانگی بصورت کاملاً ساده و اقتصادی می نمایند. آنها فاضلاب های خانگی را برای کاربرد مجدد از ساختمان ها خارج نمی سازند بلکه برای استفاده در داخل ساختمان ها بکار می گیرند. این موضوع در مواردی انجام می شود که مصارف آب در داخل اماکن بسیار زیاد است و فضاهای سبز کافی برای آبیاری نظیر اطراف ساختمان های مرتفع آپارتمانی موجود نمی باشد بنابراین در اینگونه موارد می توان از شیوه های بسیار ساده ای برای استفاده مجدد از فاضلاب های حاصل در داخل اماکن فاقد سیستم های تصفیه فاضلاب بهره گرفت.

در چنین مواردی سطل ها (buckets) می توانند فاضلاب های حاصل از دوش ها را جمع آوری و تصفیه نسبی نمایند تا متعاقباً از آنها در فلاش تانک توالت ها بهره گرفت و یا برای استفاده به خارج از منازل منتقل ساخت. فاضلاب های خانگی که تحت تیمارهای تصفیه قرار می گیرند، بحالت قطره قطره در داخل سطل ها جمع آوری می شوند. طرح های ساده ای نیز برای این موارد وجود دارند که از آن جمله دستشویی هایی که مستقیماً به توالت ها (sink positive) مرتبطند و یا سیستم های نسبتاً پیچیده ای چون "brac system" که فاضلاب ها ابتدا در دبه هایی جمع آوری و پس از تصفیه نسبی توسط پمپ برای فلاش تانک توالت ها و یا آبیاری باغچه ها مصرف می گردند. اخیراً فاضلاب های بازیافتی دوش ها و حمام ها را در آمریکا، اروپا و استرالیا در فلاش تانک ها بکار می گیرند.

مخازن آب توالت ها (فلاش تانک) را می توان با فاضلاب های خانگی طبقات فوقانی ساختمان ها پر ساخت. همچنین بسیاری از فاضلاب های خانگی را می توان به آسانی تیمار داد و بازیافت نمود زیرا دارای کمترین سطوح آلودگی ها هستند.

در مواردی که سیستم لوله کشی مجزایی (plumbing system) برای فضولات انسانی وجود داشته باشد آنگاه می توان از فاضلاب های خانگی در برخی مصارف خانگی، باغبانی و یا صنعتی بصورت مستقیم و یا پس از فرآیندهایی مجدداً بهره گرفت و یا موقتاً در مخازنی ذخیره نمود. فاضلاب های خانگی ذخیره شده را باید طی یک دوره زمانی کوتاه استفاده نمود زیرا بواسطه برخورداری از ذرات جامد مواد آلی بزودی به فساد می گرایند.

فاضلاب هایی که بدینوسیله بازیافت می شوند، هیچگاه برای آشامیدن مناسب نخواهند بود اما اگر فاضلاب ها را از مرحلهی چون فیلتراسیون و تجزیه میکربی بگذرانند آنگاه برای شستشو و استفاده در فلاش تانک ها آماده می گردند.

همچنین سیستم های بسیار جالب و پُر طرفداری نظیر "earthships" نیز وجود دارند که فاضلاب های خانگی را در داخل گلخانه های حاوی گیاهان رطوبت دوست بکار می برند (۵،۴).

مقررات دولتی استفاده مجدد از فاضلاب های خانگی:

مقررات حکومتی که در رابطه با کاربرد فاضلاب های خانگی جهت آبیاری فضاها و سبز شده اند، همچنان در حال تغییر و تحول هستند و خواهان روشن شدن میزان واقعی سودمندی و خطراتی می باشند که در این برهه می توانند، حادث شوند.

"فاضلاب های خانگی" (grey water) در برخی مواقع می توانند با عنوان "گندآب های خانگی" (waste water) حاوی کلیه آب های مصرفی خانگی باشند و در صورتیکه تحت کُد بین المللی لوله کشی ساختمان ها (international plumbing code) جمع آوری گردند، اجازه استفاده برای آبیاری فضاها و سبز و مصرف در فلاش تانک ها را خواهند داشت و در ایالاتی از آمریکا که چنین قوانینی را با شرایط اقلیمی سازگار نموده اند، می توانند برای آبیاری مزارعی که در معرض فضولات سطحی قرار دارند، بکار روند.

مجوز بکارگیری فاضلاب های خانگی جهت آبیاری سطحی و زیرزمینی و سایر موارد مشابه تحت دستورالعمل های "مؤسسه کیفیت محیط" (Department of Environment Quality) آمریکا در مارس ۲۰۱۰ میلادی تصویب گردید و بدینگونه ایالت های کالیفرنیا، یوتا، نیومکزیکو و برخی دیگر از ایالت ها اجازه استفاده از فاضلاب های خانگی را در سیستم آبیاری قطره ای زیرزمینی دریافت داشتند.

مجلس قانون گذاری ایالت مونتانا در سال ۲۰۰۹ میلادی اقدام به وضع لایحه توسعه کاربرد مجدد فاضلاب های خانگی در ساختمان های اجتماعی و مجتمع های مسکونی نمود. "مؤسسه کیفیت محیط" آمریکا نیز پیشنهادی و قوانین و طرح هایی را برای استفاده مجدد از فاضلاب های خانگی تهیه نموده است. در کالیفرنیا نیز فشارهای گسترده ای جهت بهره برداری مجدد از فاضلاب های خانگی در راستای کاهش گازهای گلخانه ای بعمل آمده است زیرا همواره انرژی زیادی جهت پمپاژ، تیمار کردن، انتقال و ذخیره سازی آب های آشامیدنی مصرف می گردد که باید با انتخاب شیوه های جایگزین از صرف انرژی های مازاد و نتیجتاً پخش شدن گازهای گلخانه ای حاصل از آنها کاست.

کمیسیون استانداردسازی ساختمان های کالیفرنیا (CBSC) اقدام به تأیید متمم ۱۶ صفحه ای بر دستورالعمل استاندارد لوله کشی مصوب ۲۰۰۷ میلادی در مورد استفاده مجدد از آب های غیر آشامیدنی نمود که ضمن آن اجازه استفاده از فاضلاب های خانگی را در موارد اورژانس برای آبیاری مزارع را می دهد. همچنین رأی به اصلاح دستورالعمل های استاندارد لوله کشی دوگانه را برای سیستم های مجزای آب های آشامیدنی و فاضلاب های خانگی جهت ادارات، سینماها و تئاترها، اماکن توریستی، مدارس، هتل ها، اماکن عمومی، بلوک های آپارتمانی، سربازخانه ها، زندان ها و کانون های اصلاح و تربیت داد (۵).

قوانین دولتی فاضلاب های خانگی در آمریکا از یک ایالت به ایالت دیگر متفاوت است اما بهترین قوانین در ایالت آریزونا وضع شده اند. طبق این قوانین باید به کلیه شهروندان در مورد ساختن سیستم های ساده، کاربرد ایمن، مؤثر و شیوه های آبیاری فاضلاب های خانگی آموزش داده شود. در چنین مواقعی اگر طبق دستورالعمل های آموزشی رفتار شود آنگاه نیازی به کسب اجازه برای کاربرد و بازرسی سیستم های بازیافت فاضلاب های خانگی نخواهند داشت.

ایالت کالیفرنیا دارای نخستین نظامنامه ملی استفاده از فاضلاب های خانگی است ولی بواسطه وجود محدودیت های استقرار سیستم های فاضلاب خانگی از جهت کاربرد عمومی با دشواری هایی همراه هستند. همچنین گسترده نمودن سیستم های اصلی فاضلاب ها در کالیفرنیا تا میزان زیادی مجاز نیست. اطلاعات حاصله از بررسی ها در مورد کاربرد صابون های سنتزی نشان می دهند که طی ۲۰ ساله اخیر بیش از ۸۰۰۰ سیستم فاضلاب خانگی لغو مجوز شده اند. ایالت کالیفرنیا در سال ۲۰۰۹ میلادی برخی از بخش های نظامنامه بکارگیری فاضلاب های خانگی را اصلاح نمود بطوریکه به شهروندان اجازه استفاده از سیستم های ساده و کم هزینه ای نظیر "طرح های واحه ای" (Oasis design) را بطور قانونی می دهند. برخی از ایالات آمریکا نیز هیچگونه قوانین مدونی برای استفاده از فاضلاب های خانگی ندارند لذا برخی از آنان هیچگونه اجازه ای در این رابطه صادر نمی کنند درحالیکه برخی دیگر اجازه بکارگیری آزمایشی آنها را وابسته به شرایط صادر می نمایند (۴).

دستورالعمل بین المللی لوله کشی فاضلاب خانگی:

لوله کشی فاضلاب های خانگی بمنظور استفاده مجدد آنها می تواند حدوداً ۳۰ درصد از کل آب مصرفی خانوارها بکاهد. این عمل همچنین قادر است خطر آلودگی های بیولوژیکی بواسطه بکارگیری : مخازن تمیز، حذف مواد شناور و رسوبات، مکانیزم های کنترل هوشمند جهت تخلیه فاضلاب هایی که بیش از مدت مجاز در مخازن باقی مانده اند و وضعیت خطرناکی یافته اند، استفاده از سیستم های تصفیه و تیمارهای شیمیایی در راستای حفاظت از منابع موجود، بهداشت محیط و سلامتی انسان و همچنین کاهش هزینه های زندگی مفید واقع گردد. گوا اینکه دستورالعمل های سخت و سازگار با اقلیم هر منطقه در برخی ایالات آمریکا باعث ممنوعیت کاربرد فاضلاب های خانگی در داخل ساختمان های مسکونی شده اند (۵).

منابع و مأخذ :

- 1) AISO – 2013 – Greywater systems ; reusing bath, laundry & sink water to conserve fresh water – www.AISO.net
- 2) asis – 2013 – Greywater – www.greywater.net
- 3) Glassman , Jonathan & et al – 2009 – Greywater systems – Dept. of Environmental Sciences and Engineering , University of North Carolina , Chapel Hill
- 4) GWA – 2013 – About greywater reuse – <http://greywateraction.org>
- 5) Wikipedia – 2013 – Greywater – <http://en.wikipedia.org>

" کاربرد فضولات انسانی در کشاورزی " ؛ "Night-soil application for agri"

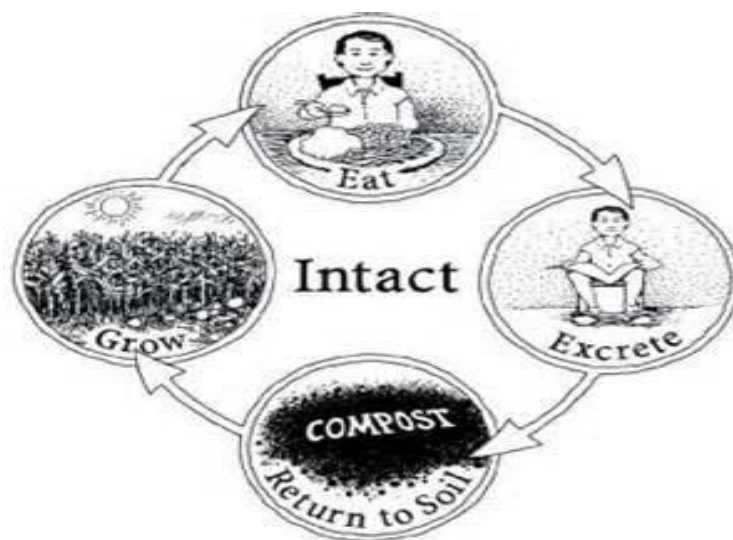
مقدمه :

فضولات انسانی (human ، human waste ، night soil ، humanure ، human manure) نوعی از منابع آلی، تجدید پذیر و قابل دسترس محسوب می شوند که استفاده از آنها موجب حفظ عناصر غذایی در محدوده اماکن مسکونی و مزارع می گردد. بعلاوه کاربرد فضولات انسانی به پایداری عناصر غذایی خاک می انجامد، باعث مدیریت ارتباطات اکولوژیک می گردد، چرخه عناصر غذایی با برگرداندن کودهای آلی به خاک تسریع می پذیرد و مدیریت سیستم های مختلف کشاورزی بهبود می یابند. استفاده صحیح از فضولات انسانی بعنوان منابع حاصلخیزی و باروری اراضی به حذف آلودگی های محیطی کمک می کند، منافع دراز مدت را به حداکثر می رساند و باعث اصلاح خاک های کشاورزی بصورت باثبات می گردد (۱).

نمونه های تاریخی کاربرد فضولات انسانی :

(۱) یونان قدیم (ancient attica) :

استفاده از فاضلاب ها بعنوان کود آلی بصورت امری عادی در یونان قدیم مطرح بود. سیستم فاضلاب یونان قدیم به جمع آوری کلیه فاضلاب های شهری در یک مخزن بزرگ مبادرت می ورزید سپس آنها را توسط کانال هایی به مناطق کشاورزی در حومه شهرها هدایت می کردند تا بعنوان کود آلی جهت بهبود حاصلخیزی خاک ها به مصرف برسند (۶).



۲) بریتانیای کبیر (UK) :

از دوران پادشاهی خاندان "تئودور" (Tudor) در انگلستان همواره گروهی را استخدام می کردند که به جمع آوری فضولات انسانی از توالت ها و چاه های فاضلاب مبادرت ورزند. این گروه که موسوم به "مردان ناقوس" (gong farmer) بودند، فقط اجازه داشتند که شب ها به جمع آوری فضولات شهری بپردازند سپس سریعاً آنها را به خارج از محدوده شهرها منتقل سازند. این گروه بعدها به نام هایی چون : "مردان شب" (night men) و "مردان فاضلاب" (night-soil men) معروف شدند ولیکن آنها را در محدوده شهر "منچستر" با عنوان "مکانیک های نیمه شب" (midnight mechanic) نیز می شناختند (۶).

۳) هندوستان :

افرادی که مسئول ارائه فضولات انسانی در هندوستان بودند، همواره بر عدم تماس با آنها توجه و اصرار داشتند. عملیات لمس نکردن فضولات انسانی پس از استقلال هند بصورت ممنوعیت قانونی در آمد اما "سنت گرایان" بر بروز مشکلاتی در اجرای قانون اصرار ورزیدند تا جائیکه چنین دستورالعملی جهت نظافت شهری در سراسر هندوستان غیر قانونی اعلام شد.

طبق گزارشات دولتی هندوستان در سال ۲۰۰۳ میلادی حدود ۶۷۶ هزار نفر به جمع آوری دستی فضولات انسانی در سراسر این کشور اشتغال داشته اند درحالیکه سازمان های اجتماعی بر اشتغال بیش از ۱/۳ میلیون هندی در این رابطه معترفند. کارگرانی که در امر جمع آوری فضولات انسانی در هندوستان فعالند، غالباً با همدیگر ازدواج می کنند و بدینگونه گروهی خاص از اجتماع با عنوان "طبقه جمع آورندگان فاضلاب" (waste-collection caste) شکل گرفته است که در اینکار تخصص یافته و تجربیات خویش را نسل به نسل منتقل می سازند. ضمناً استخدام سپوران دستی و ایجاد توالت های عمومی خشک (dry latrine) از اکتبر سال ۱۹۹۳ میلادی در هندوستان بصورت غیر قانونی در آمده است (۶).



(۴) ژاپن :

استفاده مجدد از مدفوع انسانی بعنوان کود آلی بصورت امری عادی از دوران های قدیم در ژاپن رواج داشت بطوریکه فضولات جمع آوری شده از خانه های افراد ثروتمند با بهای بیشتری عرضه می شدند زیرا معتقد بودند که آنها از رژیم غذایی بهتری بهره می جویند لذا عناصر غذایی بیشتری در فضولاتشان وجود دارد. اسناد تاریخی متعددی مربوط به قرن ۹ میلادی در رابطه با دست اندرکاران فضولات انسانی در ژاپن موجود است. این اسناد ثابت می کنند که اینگونه فضولات پس از جمع آوری بعنوان کود بفروش می رفتند اما روند آن پس از وقوع جنگ جهانی دوم به دو دلیل:

اولاً) بهداشتی نبودن و

ثانیاً) امکان دستیابی آسان و ارزان به کودهای شیمیایی نزول یافت تا حدیکه کمتر از یک درصد فضولات انسانی بعنوان کود به مصرف می رسید. همچنین حضور نیروهای اشغالگر آمریکایی به مذموم و غیر بهداشتی بودن بکارگیری فضولات انسانی بعنوان کود انجامید تا جائیکه آنها عرضه سبزیجات و میوه هایی که با فضولات انسانی تغذیه شده بودند را در فروشگاه های سراسر ژاپن ممنوع ساختند.

امروزه در ژاپن مدرن همچنان به جمع آوری فضولات انسانی و عرضه اش به کشاورزان اقدام می شود بطوریکه اصطلاح "خانه های بیرون دهنده" (outhouse with in the house) را برای توالت هایی که دارای قابلیت جمع آوری فاضلاب هستند، بکار می برند. بطوریکه این شیوه جمع آوری و بازیافت فضولات انسانی در منطقه مهم و سیاسی "Kumitori Benjo" نیز به بهترین وجهی اعمال می گردد (۶).



۵) چین، سنگاپور، هنگ کنگ :

جمع آوری فضولات انسانی برای افرادی که قبل از سال های ۱۹۶۰ میلادی در چین زاده شده اند، بخوبی شناخته شده است. اسناد موجود نشان می دهند که کشورهای چین و سنگاپور پس از خاتمه جنگ جهانی دوم به جمع آوری فضولات انسانی اقدام می کردند زیرا بسیاری از شهرها فاقد ساختارهای جمع آوری فاضلاب بودند و یا اینکه ساختارهای مذکور در اثر جنگ بشدت صدمه دیده بودند.

شیوه جمع آوری غالباً بصورت دستی اعمال می شد و اعتماد چندانی بر ایمن بودن افرادی که در تماس با فضولات انسانی بودند، وجود نداشت. زمانیکه نیروهای "کومین تانگ" (cuomintang) بر سرزمین اصلی چین و سنگاپور استیلا یافتند آنگاه گروه هایی از کارگران با سطل هایی برای کسب درآمد به جمع آوری فضولات انسانی از توالت های خانگی می پرداختند و اینکار بصورت روزانه با خیل عظیم "سطل بدستان" جریان داشت. افراد درحالیکه سطل ها را در انتهای دیرک های چوبی بر روی شانه ها حمل می کردند، به نقل و انتقال فضولات انسانی در خیابان ها می پرداختند و آنها را به محل های ذخیره سازی منتقل می ساختند. در هنگ کنگ حُسن تعبیر جالبی برای جمع آوری فضولات انسانی وجود داشت بطوریکه اصطلاح "رایحه شبانه فقرا" (pour night fragrant) در میان عامه مردم متداول گردیده بود (۶).

۶) اروپای قرون وسطی :

کمپوست سازی فضولات انسانی از قرون وسطی (medieval) در صومعه های مسیحیان (monastery) بصورت امری عادی جریان داشت. در اینگونه صومعه ها معمولاً توالت های عمومی (latrines) را در طبقات فوقانی ساختمان ها احداث می کردند تا مدفوع و ادرار انسانی مستقیماً بر روی توده های در حال کمپوست شدن زیرین ریخته شوند و بر توان حاصلخیزی آنها بیفزایند. این توده ها غالباً شامل ضایعات آشپزخانه ای و ضایعات فضایی سبز بودند. شواهد تاریخی نشان می دهند که ساکنان صومعه ها از خطرات چنین اعمالی بخوبی آگاه بوده اند و از آنها بدرستی بهره می گرفتند (۵).



مدیریت فضولات انسانی (waste management) :

فضولات انسانی (night soil) نامی قابل پذیرش برای مدفوع یا نجاسات انسانی (human excrement) است که آنها را بطور شبانه از چاه های فاضلاب (cesspools) و مستراح ها (privies) جمع آوری می کنند و اغلب بعنوان کود آلی به مصرف می رسانند.

فضولات انسانی در سیستم های مدیریت ضایعات در مناطق فاقد زیرساخت های اجتماعی از جمله امکانات عمل آوری فاضلاب و یا مخازن جمع آوری آلاینده ها بعنوان نتیجه عمل آوری مطرح می شوند. در این سیستم از مدیریت ضایعات اقدام به جمع آوری مدفوع انسانی (human faeces) بفرم جامد می نماید سپس آنرا پس از یکسری فرآیندهای میکروبی به مصارف کشاورزی اختصاص می دهند (۶).
مدیریت فضولات انسانی ضمن مراحل زیر صورت می پذیرد :

الف- جمع آوری فضولات انسانی در خانه ها (collection) :

مدفوع انسانی خانگی را در داخل سطل ها و یا ظروفی می ریزند. درون اینگونه سطل ها را برخی مواقع با ادرار و یا سایر بقایای گیاهی پر می کنند سپس روی آنها را با خاک تمیز می پوشانند. بدینگونه مشارکتی بین اجزاء تشکیل دهنده خاک و مدفوع انسانی بوجود می آید که این حالت با گذشت زمان منجر به ته نشینی مواد موجود از جمله فسفر در کف سطل می شود. چنین سیستمی در روستاهای ایزوله ای اجرا می گردد که فاقد ساختارهای جمع آوری فاضلاب هستند و اجرای چنین روندی در نهایت به توسعه ملی می انجامد. مواد جمع آوری شده برای مدت محدودی نگهداری می گردند سپس بستگی به شرایط منطقه ای در اختیار افراد یا سازمان های مسئول قرار می گیرند (۶).



ب - تحویل فضولات انسانی جمع آوری شده (disposal) :

واگذاری فضولات جمع آوری شده بستگی به موقعیت مکانی متفاوت است. فضولات انسانی در مناطق شهری بطور منظم از محله های پُر جمعیت و فقیر نشین جمع آوری می گردند و این مسئله بستگی به تدارک و تقاضا دارد.

جمع آوری و واگذاری فضولات انسانی را شبانه انجام می دهند و نامگذاری آن (night soil) نیز بدین دلیل صورت انجام پذیرفته است. در مناطق روستایی ایزوله که محل سکونت در داخل مزرعه واقع است، عملاً واگذاری بصورت انفرادی انجام می شود لذا چنین عملی در هر موقع از روز امکان پذیر می باشد. بعد از اینکه جمع آوری فضولات به حد مطلوب و نهایی رسید آنگاه فرایند عمل آوری آغاز می شود. ایجاد گودال های روباز فاضلاب (open cesspit) از روش های دیگر سروکار داشتن با ضایعات انسانی است. در این روش به جمع آوری و حمل فضولات انسانی از اطراف و اکناف اقدام می کنند سپس آنها را برای انجام فعالیت های عمل آوری برای مدتی بصورت توده باقی می گذارند (۶).

پ (عمل آوری فضولات انسانی :

مدیریت و عمل آوری (treatment) فضولات انسانی در راستای جلوگیری از شیوع بیماریها، افزایش حاصلخیزی خاک ها و محافظت های محیطی از اهمیت بسزایی برخوردار است. برخی روش های عمل آوری فضولات انسانی در طی ۲۰ سال اخیر طراحی و سازماندهی شده اند. اکثر این طرح ها در راستای مدیریت رواناب ها، توالت ها، مخازن گندزدایی (septic tanks) و سیستم های فاضلاب (sewer systems) برای جمع آوری- انتقال به محل عمل آوری و فرآوری فضولات انسانی و ضایعات شهری شکل گرفته اند تا در نهایت منتهی به برپایی شهری سالم و پاک (sanitary city) گردند ولیکن همچنان عمل آوری فضولات انسانی اولین گام های پیشرفت را می پیماید و تیمارهای اندکی بر اینگونه فضولات انجام می پذیرند.

تاکنون يك سیستم جامع و برجسته عمل آوری پذیرفته نشده است و تیمارهای عمل آوری ضایعات استاندارد نگردیده اند. فرایندهای عمل آوری فضولات انسانی بطور کلی شامل موارد زیر هستند:

مخلوط کردن مواد کمپوست ، تخمیر مصنوعی کمپوست ، ذخیره کردن کمپوست در مخازن و نهایتاً تولید بیوگاز

يك کارخانه پایلوت برای عمل آوری فضولات انسانی ممکن است شامل بخش های : تجزیه هوازی، تجزیه بی هوازی (anaerobic digestion) ، استخرهای پرورش آبزیان و تالاب های تثبیت زیستی (biostabilization) باشد (۳).



پ-۱) مخلوط کردن مواد کمپوست (mixed composting) :

بعد از تیمار اولیه باید ضایعات خانگی را با فضولات انسانی مخلوط ساخت تا کمپوست سازی بصورت هماهنگ (co-composting) در درون مخلوط حاصله انجام پذیرد. فضولات انسانی می توانند کیفیت حاصلخیزی ضایعات خانگی را با تنظیم رطوبت درون مخلوط افزایش دهند. زمانیکه دمای کمپوست افزایش می یابد، اکثریت باکتریها و تخم های انگل درون فضولات انسانی نابود می شوند. البته در این شیوه فقط می توان مقادیر کوچکی از فضولات انسانی را عمل آوری کرد، ضمن اینکه بکارگیری چنین روشی در مناطق پُر باران (rain ridden) جنوب چین دشوار است (۳).



پ-۲) تخمیر صنعتی فضولات (ferment manufacturing) :

در برخی شهرها بعد از آبگیری (de-watering) فضولات انسانی، آنها را با ضایعات خانگی و بقایای محصولات زراعی-باغی مخلوط می سازند سپس تخمیر بی هوازی طی ۲۰ روز درون مخزن رُخ می دهد. محصول حاصل از تخمیر را ابتدا خشک می کنند سپس بحالت گرانوله در می آورند و برای فروش به کشاورزان بسته بندی می نمایند. در این صورت امکان حمل و نقل تسهیل می گردد و کشاورزان از آن استقبال می کنند (۳).

پ-۳) مخازن ذخیره سازی فضولات (storage tanks) :

از مخازن ذخیره سازی بزرگ با گنجایش ۱۰۰۰ مترمکعب در برخی مناطق چین از جمله : شانگهای ، یانتای ، چینگد ، هفی و کینگدائو استفاده می کنند تا مراحل عمل آوری فضولات انسانی و تولید بیوگاز را انجام دهند. دوره ذخیره سازی اینگونه فضولات معمولاً ۲-۳ ماه است. باید توجه داشت که دمایی حاصل از تخمیر فضولات انسانی دارای اثرات بهداشتی مؤثری در کوتاه مدت است ولی باعث هدر رفتن مقادیر زیادی از انرژی کمپوست ها می شود لذا در صورتیکه با روش هایی باعث تعدیل و مدیریت دمایی تخمیر گردند آنگاه از هدر رفتن انرژی کمپوست جلوگیری خواهد شد (۳).



پ-۴) مرحله گواردن و تولید بیوگاز (biogas digestion) :

کاربرد تکنولوژی بیوگاز در چین به سال های ۱۹۵۰ میلادی بر می گردد آنگاه که الکتریسته در مناطق روستایی قابل دسترسی نبود اما این روند ادامه نیافت زیرا تجربه کافی در تهیه ساختارهای لازم و حفظ بیوگاز حاصل از گواردن کمپوست وجود نداشت. فرآیند تولید بیوگاز از سال های ۱۹۷۰ میلادی به مراحل

جدیدي وارد گرديد و مولد هاي جديد بيوگاز را در بسياري از نقاط چين مستقر ساختند تا حديکه امروزه حدود ۶/۵ ميليون مخزن تخمير فضولات بمنظور توليد بيوگاز تحويل خانوارهاي چيني شده اند که ۳/۸ درصد از جمعيت آن کشور را تشکيل مي دهند.

هدف برنامه اول توسعه بيوگاز چين شامل ساخت و استقرار ۲۰ ميليون مخزن تخمير فضولات و ۱۰۰۰ ژنراتور مولد الکتريسته مبتني بر کاربرد بيوگاز است که در آينده منجر به تدارك حدود ۵ درصد کل انرژي مصرفي خانواده هاي چيني خواهد بود.

اينگونه مخازن تخمير خانگي (family digester) فضولات غالباً با تواليت ها (latrine) و آغل ها (pigsty) مرتبط هستند. مدفوع انساني، سرگين خوک، پهن گاو و بقياي محصولات زراعي اصلي ترين مواد خامي هستند که درون مخازن ذخيره جهت توليد کمپوست و بيوگاز انباشته مي شوند. گاز متان با حجم و سرعت کافي از فضولات انساني بيش از ساير مواد آلي متصاعد مي گردد. مخازن توليد بيوگاز بعنوان يك روش عمل آوري جداگانه براي بسياري از مناطق روستايي و قصبات (townships) مناسبند. اگرچه همچنان بايد برخي مشکلات تکنیکی مبتلا به موضوع حل کردند تا به تکنولوژي هاي مطلوبي جهت عمل آوري فضولات انساني با بيشترين مزايای در کشاورزي و "آکواکالچر" و با کمترین خسارات محيطي دست يابند (۳).



ت - افزودن کمپوست فضولات انساني به خاک ها :

مديريت فضولات انساني در راستايي بکارگيري آنها بعنوان کودهاي حاصلخيزکننده خاک هاي کشاورزي ضرورت دارند. براي افزودن فضولات انساني به خاک ها بايد آنها را با اضافه کردن آب و خاک رقيق نمود.

کاربرد فضولات انسانی در طول تاریخ هیچگاه بواسطه مخاطره آمیزی برای سلامتی بشر متوقف نگردیده است و همواره بگونه ای رفتار شده است که کمترین آلودگی های خاک، آب و مواد غذایی وقوع یابند.

در مناطق مسکونی معمولاً فضولات انسانی در اثر روش های زیر رقیق می گردند :

#۱) رقیق سازی در اثر ریخته شدن فضولات انسانی درون آب رودخانه ها، مرداب ها (swamp) و یا مخازن انباشت فاضلاب ها

#۲) نفوذ دادن فاضلاب ها بدرون خاک تا در اثر امتزاج با خاک و یا آب باران بمرور رقیق گردند.

در بخش هایی از تانزانیا، چین، کامرون و پاکستان سیستم های زهکشی فاضلاب های انسانی بصورت روباز وجود دارند که این مواد را مستقیماً برای حاصلخیز نمودن خاک های کشاورزی به مزارع و باغ ها انتقال می دهند تا با افزودن ازت، مواد آلی، فسفر، عناصر فلزی و باکتری های مفید بر حاصلخیزی آنها بیفزایند. بدینگونه فاضلاب ها پس از ورود به بستر گیاهان در اثر اختلاط با خاک، برخی بقایای گیاهی نظیر کاه و خاک ارّه و یا آبیاری بمرور رقیق می گردند.

فاضلاب های جامد را می توان در مخازن گندزدایی (septic tanks) جمع آوری و بصورت کمپوست در آورد و یا اینکه مستقیماً بعنوان کود در سطح خاک جهت پرورش سبزیجات و محصولات زراعی پخش نمود. مواد جامد کمپوست شده را در سطح اراضی کشاورزی دفن (landfill) می کنند یا اینکه توسط کودپاش های دامی در سطح مزرعه پخش می سازند تا در زمان مناسب با خاک مخلوط گردند و یا مستقیماً به پای گیاهان می ریزند تا آنها را تقویت نمایند (۵).



خصوصیات شیمیایی و فیزیکی فضولات انسانی :

میزان تأثیرات شیمیایی فضولات انسانی به میزان آب و نوع خاک اراضی کشاورزی بستگی دارد. فضولات انسانی دارای نسبت کربن به نیتروژن (C/N) معادل ۱۲:۱ یا ۱۰:۱ هستند که مبین قابلیت تجزیه سریع و آزادسازی عناصر غذایی در اثر فعالیت های میکروبی می باشد. اشکال نیتراته ترکیبات ازته در آب محلول می شوند لذا PH خاک ها را کاهش می دهند. نیترات بوفور توسط گیاهان جذب می شود لذا در صورت وجود هر گونه آلودگی می تواند به آلودگی محصولات کشاورزی و آبهای زیرزمینی منتهی گردد و نهایتاً به سلامتی انسان آسیب برساند.

در مزارع بزرگ و مناطق کم جمعیت ایالات متحده به جمع آوری فضولات انسانی در مخازن بزرگ اقدام می گردد تا بمرور بپوسند و کمپوست گردند آنگاه بخش های جامد و مایع آنرا جداگانه بر سطح مزارع کشاورزی می پاشند. در برخی مواقع نیز اقدام به ریختن آب بداخل مخزن مذکور می کنند سپس مقداری از آنها را بداخل جوی آبیاری سرازیر می سازند (۵).

کشاورزی ذره بینی :

کشاورزی ذره بینی (micro-husbandry) منتسب به بکارگیری موجودات ذره بینی در راستای اهداف کشاورزی از جمله عمل آوری کودهای آلی است. بطور کلی ۴ شیوه برای سروکارداشتن با مدفوع (excrement) انسانی بشرح زیر وجود دارند :

۱) باقی گذاردن آنها بعنوان مواد زائد یا ضایعات بگونه ای که غالباً توسط مردم به داخل منابع آب، بیرون از محوطه خانگی و یا توالت ها تخلیه می گردند. بطور کلی بسیاری از این بقایا در خاک دفن می شوند، به درون انهار آب تخلیه می گردند، در اثر سوزاندن به خاکستر تبدیل می شوند و یا در محلی انباشته می گردند.

۲) دومین شیوه سروکارداشتن با مدفوع انسانی آن است که به صورت خام در اراضی کشاورزی استفاده گردد. این روش در آسیا بسیار معمول و موسوم به "night soil" می باشد. این روش گواهی که سبب تقویت خاک زراعی می شود اما امکان انتقال بیماریهای پاتوژنیک را بعنوان حامل (vector) فراهم می سازد. سازمان بهداشت جهانی (WHO) اعلام کرده است که :

فضولات انسانی ضمن اینکه می توانند باعث حاصلخیزی اراضی کشاورزی شوند ولی باعث مخاطراتی چون افزایش انتقال بیماریهای غذازاد (food-borne) از جمله بیماریهای روده ای (enteric یا intestinal) و کرم های قلابدار (hookworm) می گردند.

۳) سومین شیوه سروکارداشتن با فضولات انسانی عبارت از تهیه کمپوست در یک دوره زمانی طولانی و به کندی می باشد که این روش در بسیاری از کمپوست سازی های تجاری اعمال می گردد. کمپوست سازی کند عموماً در دمای کمتر از حرارت طبیعی بدن انسان یعنی ۳۷ درجه سانتیگراد معادل ۹۶/۶ درجه فارنهایت صورت می پذیرد. این شیوه از کمپوست سازی باعث حذف بسیاری از عوامل بیماریزا در طی مدت یک ماه می شود و سرانجام به حذف تمامی آنها می انجامد. کمپوست سازی در دمای کم باعث خلق مواد مفید جهت افزودن ایمن به خاک های باغات، فضای سبز و مزارع می گردد.

۴) کمپوست سازی گرماگرا (thermophilic) چهارمین شیوه سروکارداشتن با مدفوع انسانی است. اینگونه کمپوست سازی در رابطه با پرورش میکروارگانیسم های گرمادوست (heat-loving) یا گرماگرا (ترموفیل) در ضمن فرآیند کمپوست سازی می باشد. میکروارگانیسم های گرمادوست نظیر باکتری ها و قارچ ها می

توانند محیط کمپوست سازی را بگونه ای فراهم سازند که به ناپودی میکروارگانیسم های بیماریزای موجود در فضولات انسانی بینجامد لذا کمپوست حاصله برای استفاده در تولید صیفی جات ایمن می گردد.

کمپوست هایی که در گرمای بالاتر تولید می شوند، دارای تفاوت های زیادی با کمپوست هایی هستند که به کندی در دماهای کمتر فراهم می گردند. مسلماً زمانی که حرارت کمپوست به ۶۰-۵۵ درجه سانتیگراد برای چندین ساعت افزایش می یابد آنگاه بسیاری از کرم های روده ای (helminthes یا intestinal worms) مقاوم نظیر تخم های آسکاریس (Ascaris یا roundworm) ، تمامی باکتری ها و ویروس های پاتوژن از بین می روند (۲).



تعاریف کمپوست سازی :

- ۱) کمپوست بر طبق تعاریف لغت نامه ای عبارت از : مخلوط پوسیده ای از پس مانده سبزیجات، کودهای دامی و غیره است که بمنظور حاصلخیزی و اصلاح خاک ها استفاده می شوند.
- ۲) بعبارت دیگر : تجزیه بیولوژیکی و تثبیت مواد آلی در شرایط افزایش دمای توده بمنظور تهیه محصول نهایی عاری از پاتوژن ها و بذور گیاهان که آنرا بتوان بنحو سودمندی در خاک ها استفاده نمود.
- ۳) کمپوست سازی عبارت از گروهی از پسماندهای مواد آلی یا گروهی از پسماندها و خاک است که بر روی هم انباشته و مرطوب می شوند تا در اثر فعالیت های بیولوژیکی هوازی تجزیه گردند.
- ۴) کمپوست همان تولید بهداشتی و تثبیت یافته فرآیند کمپوست سازی است. کمپوست نتیجه تجزیه مواد آلی یعنی فرآیند هوموسی شدن (humification) یا عمل آوری (curing) می باشد. کمپوست تشابه فیزیکی بسیار کمی با مواد مادری خویش دارد و این موضوع بویژه در مورد کمپوست فضولات انسانی صدق می نماید. کمپوست بیش از یک کود و یا عامل التیام زخم های خاک بلکه سمبل تداوم زندگی است. کمپوست توده ای از مواد آلی محسوب می شود که باعث مساعدت کشاورزان در امر تولید می گردد.

۵) بطور کلی : کمپوست سازی عبارت از مدیریت فرایندهای بیوشیمیایی توسط انسان است که با استفاده از میکروارگانیسم ها به تجزیه و تبدیل مواد آلی در حضور اکسیژن منجر می شود. اگر سیستم مدیریتی مناسب باشد آنگاه جمعیت فراوانی از میکروارگانیسم های گرمادوست تشکیل می گردند تا مواد آلی را در کوتاه مدت و بنحو معجزه آسایی به هوموس تبدیل نمایند (۲).



شیمی طبیعی (natural chemy) :

انسان از سال ها قبل به کمک مخمرها به تولید مواد غذایی نظیر : نان ، پنیر و ماعالشعیر می پرداخته است و اینک نیز از باکتری ها برای تهیه کمپوست ها بهره می برد. کمپوست سازی مواد آلی نیازمند ارتشی از باکتری ها است. آنها به شدت به فعالیت می پردازند آنچنانکه دمای مواد آلی به بالاتر از دمای عادی محیط می رسد.

میکروارگانیسم ها که با چشم دیده نمی شوند و ماکروارگانیسم های قابل مشاهده ای نظیر قارچ ها و حشرات به فرآیند کمپوست سازی کمک می کنند. زمانیکه دمای کمپوست ها کاهش می یابد آنگاه کرم های خاکی به آنها وارد می گردند و آنها را در اثر تغذیه و دفع مجدد به حاصلخیزی می رسانند و بدینگونه مدفوع ابتدا به کمپوست و سپس کاملاً اصلاح می شود.

دلایل متعددی برای انباشتن مواد اولیه کمپوست سازی وجود دارد. توده نمودن مواد آلی از خشک شدن سریع آنها جلوگیری می کند و دمای آنها قبل از آمادگی کامل بفوریت کاهش نمی دهد. برای فعالیت بهینه میکروارگانیسم های درگیر در کمپوست سازی مواد آلی به رطوبت ۶۰-۵۰ درصد نیاز است. توده کردن مواد آلی از آبشویی (leaching) و مغروق شدن (water logging) آنها جلوگیری می کند و دمای حاصله را محفوظ می دارد. پوشاندن توده مواد آلی سهل تر است. در صورتیکه مواد آلی نظیر خرده های چوب و توده های کاه از استحکام کافی برای توده شدن برخوردار نباشند، باید توده را با دیواره هایی محصور ساخت و

همچنین سمت بادخیز توده را با ایجاد مانعی محفوظ داشت تا از کاهش دمای توده قبل از تکمیل فرایندها ممانعت گردد (۲).



نیازهای ۴ گانه کمپوست سازی :

(۱) رطوبت (moisture) :

کمپوست باید مرطوب نگهداشته شود زیرا توده مواد آلی خشک دچار دگرگونی نخواهد شد. توده در حال کمپوست شدن را نباید فقط مجموعه ای از آشغال و ضایعات محسوب داشت بلکه حاوی مجموعه ای از ارگانیسم های زنده است که تنفس می کنند و تغذیه می نمایند لذا برای فعالیت نیازمند رطوبت کافی هستند بطوریکه در شرایط بارندگی های شدید باید آنها پوشانید تا ایجاد آبشویی نشود و دچار کاهش حاصلخیزی نگردد.

مواد آلی در حین کمپوست شدن دچار کم آبی می شوند آنچنانکه حتی اگر مواد آلی مرطوب را نیز توده سازند، در ضمن کمپوست سازی به کاهش رطوبت در حدود ۸۰-۴۰ درصد مبتلا می گردند. مثلاً توده مواد آلی با رطوبت ۶۵ درصد پس از یک هفته به رطوبت ۳۰-۲۰ درصد می رسد لذا افزودن گاه و بیگاه رطوبت جهت تداوم فعالیت های کمپوست سازی ضرورت دارد.

مقدار رطوبت مورد نیاز کمپوست سازی به مواد آلی موجود در توده و محل انباشته شدن بستگی دارد. مثلاً در "پنسیلوانیا" که دارای ۹۰۰ میلیمتر بارندگی سالانه است، بندرت نیازمند آبیاری توده کمپوست خواهد بود گواينکه در شرایط انگلستان با بارندگی سالانه ۶۰۰ میلیمتر نیز نیاز مبرمی به آبیاری نیست. با این حال در حدود ۲۰۰-۳۰۰ گالن آب به ازای هر یارد مکعب از توده مواد آلی تا مرحله تکمیل فرایند کمپوست سازی ضرورت دارد. این رطوبت را می توان از طریق پاشیدن ادرار بر روی توده در حال پوسیدن و یا بدون

پوشش قراردادن توده در مقابل باران تأمین نمود و گرنه باید از طریق آبیاری به تأمین رطوبت مورد نیاز پرداخت بطوریکه توده در مرحله آغاز تراوش محتویات قرار گیرد. بکارگیری آب های مصرفی آشپزخانه و حمام موسوم به "آب خاکستری" (grey water) و جمع آوری آب باران می تواند برای این منظور کفایت نمایند (۲).

۲) اکسیژن (oxygen) :

کمپوست سازی نیازمند پرورش باکتری های هوازی و اکسیژن دوست در داخل توده مواد آلی بمنظور فرآیندهای تجزیه ای گرماگرا می باشد لذا برای این منظور باید مواد آلی را توده نمود تا فضاهای ریز درون شبکه ای ایجاد شوند. باید توجه داشت که باکتری های هوازی در شرایط مغروق شدن مواد آلی و فقدان اکسیژن دچار تلفات و مشقات می گردند.

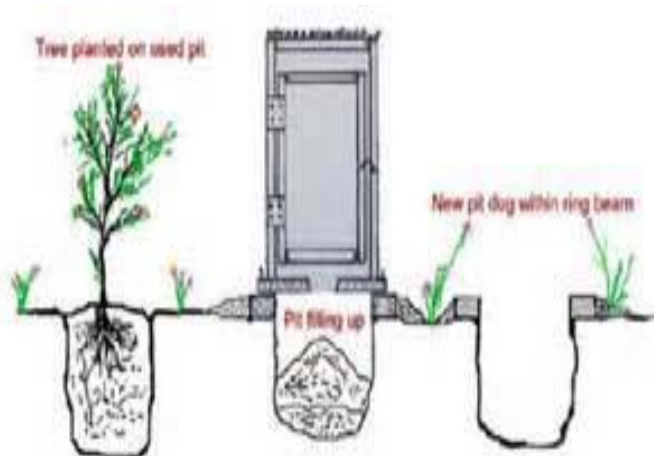
تجزیه باکتریایی همچنین می تواند تحت شرایط بی هوازی رخ دهد اما چنین فرآیندی بسیار کند صورت می گیرد، دمای توده بالا نمی رود و بوی بدی ایجاد می گردد. کمپوست هایی که در شرایط بی هوازی شکل گرفته اند، دارای بوی بدی نظیر تخم مرغ گندیده بواسطه برخورداری از سولفید هیدروژن، شیر ترشیده بواسطه برخورداری از اسید بوتیریک، سرکه بواسطه برخورداری از اسید استیک، استفراغ بواسطه داشتن اسید والریک و گندیدگی (putrefaction) بواسطه برخورداری از ترکیبات فنلی و الکلی می باشند (۲).

برای عدم ایجاد بوی بد در فرآیند کمپوست سازی باید :

الف) شرایط رشد باکتری های هوازی را فراهم ساخت.

ب) از مواد آلی و یا معدنی جاذب بوی بد در داخل توده در حال پوسیدن استفاده نمود مثلاً پس از هر دفعه ریختن فضولات انسانی باید آنها را با لایه ای از بقایای گیاهی و یا خاک پوشانید. بهترین موادی که برای پوشاندن متوالی توده فضولات انسانی توصیه می شوند شامل :

خاک ارّه، پیت خزه، برگ درختان، پوسته برنج، الیاف میوه نارگیل (coco coir)، علف های هرز، کاه و علوفه خشک می باشند که این مواد علاوه بر جذب بوی بد باعث افزایش فراهمی اکسیژن و فرار مگس ها می شوند (۲).



۳) دما (temperature) :

آبگیری (dehydration) و یخزدگی (freezing) توده در حال کمپوست شدن باعث توقف فعالیت میکروارگانیسم ها می شوند لذا باکتری ها تا فراهم شدن شرایط مناسب به انتظار می نشینند سپس با ولع به فعالیت می پردازند و موجب افزایش دمای توده می شوند (۲).

۴) تعادل مواد غذایی :

ایجاد مخلوط متعادلی از مواد آلی در طی توده کردن مواد آلی موجب بروز فرایندهای مطلوب و نتایج کیفی می شود. بواسطه اینکه اغلب مواد آلی کمپوست سازی حاوی کربن هستند لذا افزودن مواد سرشار از نیتروژن ضرورت دارد که باید آن را با فضولات دامی و یا انسانی تأمین کرد (۲).



رعایت نسبت کربن به نیتروژن توده نیتروژن :

یکی از دلایل اصلی ترکیب مواد اولیه سازنده کمپوست بواسطه دستیابی به نسبت C/N است. یک نسبت مناسب از C/N جهت حصول کمپوست مطلوب حدود ۲۰:۱ تا ۳۵:۱ با متوسط نسبت ۳۰:۱ است. کربن برای بقاء میکروارگانیسم ها بعنوان اساس زندگی و تأمین کننده انرژی می باشد اما نیتروژن نیز برای تولید پروتئین، مواد ژنتیکی و ساختار سلولی ضروری است.

در مواردی که نسبت C/N کاهش می یابد و مقدار ازت بیشتر از نیاز میکروارگانیسم ها است آنگاه مقداری از ازت بصورت گاز آمونیاک بدبو به هدر می رود بطوریکه اینگونه تلفات می تواند تا ۶۰ درصد فزونی یابد، در صورتیکه میزان تلفات ازت در نسبت ۳۰:۱ به ۱-۰/۵ درصد می رسد بنابراین کمپوستی سرشار از نیتروژن خواهید داشت (۲).

«جدول ۱) مقایسه عناصر غذایی موجود در فضولات مختلف (۲):»

منبع فضولات	رطوبت %	ازت %	فسفر %	پتاسیم %
انسان	۸۰-۶۶	۷-۵	۵-۳/۴	۲-۱/۵
گوساله	۸۰	۱/۶۷	۱/۱۱	۰/۵۶
اسب	۷۵	۲/۲۹	۱/۲۵	۱/۳۸
گوسفند	۶۸	۳/۷۵	۱/۸۷	۱/۲۵
خوک	۸۲	۳/۷۵	۱/۸۷	۱/۲۵
ماکیان	۵۶	۶/۲۷	۵/۹۲	۳/۲۷
کبوتر	۵۲	۵/۶۸	۵/۷۴	۳/۲۳
فاضلاب	---	۱۰-۵	۲/۴-۵/۵	۴-۳/۵

«جدول ۲) ترکیبات موجود در فاضلاب انسانی (۲):»

معیارها	مواد مدفوعی (۲۷۰-۱۳۵ گرم وزن تر برای نفر روز)	ادرار (۱-۱/۳ لیتر برای نفر روز)
مواد آلی	۹۷-۸۸ %	---
رطوبت	۸۰-۶۶ %	۹۶-۹۳ %
نیتروژن	۷-۵ %	۱۹-۱۵ %
فسفر	۵-۳/۴ %	۲/۵-۵ %
پتاسیم	۲-۱/۵ %	۴-۳/۵ %
کربن	۵۵-۴۰ %	۱۷-۱۱ %
کلسیم	۵-۴ %	۴/۶-۵ %
C:N	۱۰-۵ %	---

علت اینکه مدفوع و ادرار انسانی را نمی توان به تنهایی کمپوست نمود، این است که آنها حاوی مقادیر زیادی نیتروژن هستند ولی از مقدار کافی کربن و میکروارگانیزم ها برخوردار نمی باشند. ضایعات غذای آشپزخانه غالباً از نظر C/N در حال تعادل هستند لذا می توان آنها را به فضولات انسانی جهت کمپوست کردن افزود. خاک ارّه هایی با رطوبت ۶۵-۴۰ درصد برای افزودن به فضولات انسانی در حال کمپوست شدن مناسب هستند (۲).



میکروارگانیزم های گرمادوست کمپوست:

طیف گسترده ای از میکروارگانیزم ها درون توده کمپوست زندگی می کنند آنچنانکه :

(الف) باکتریهای معمولی در دستجات مختلف بوفور فعالیت می کنند و باعث بالا رفتن دمای توده می شوند.

(ب) باکتریهای "سرما دوست" یا "سایکروفیل" (psychrophiles) تا دماهای پائین تر از ۱۰- درجه

سانتیگراد نیز فعالند اما اپتیمم فعالیت را در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد و کمتر از آن بروز می دهند.

(پ) باکتری های "مزوفیل" (mesophile) در دماهای متوسط حدود ۴۵-۲۰ درجه سانتیگراد رشد می کنند

که شامل پاتوژن های انسانی نیز می شوند.

(ت) باکتریهای "گرما دوست" (thermophiles) در دماهای بالاتر از ۴۵ درجه سانتیگراد فعال می شوند و

حتی قادرند در دمای بالاتر از نقطه جوش آب نیز زیست نمایند. محدوده دمایی قابل زندگی باکتری های

"ترموفیل" را ۱۰۵-۵۵ درجه سانتیگراد می دانند.

(ث) نژادهایی از باکتری های "گرما دوست" را که در دماهای ۱۰۵-۸۰ درجه سانتیگراد بقاء می یابند را

اصطلاحاً "حرارت دوست" (hyper-thermophiles) می نامند. اینگونه باکتریها عمدتاً در چشمه های

آبگرم، خاک های مناطق حاره، توده های کمپوست و آبگرمکن ها زندگی می کنند (۲).

فضولات انسانی بر اساس برخی تخمین ها حاوی یک تریلیون باکتری در هر گرم و از انواع مختلف می باشند. یک پژوهش در این رابطه نشان می دهد که بیش از ۸۷ درصد باکتریهای موجود در کمپوست فضولات

انسانی از جنس "باسیلوس" یا "میله ای" (bacillus) و در مرحله تخم هستند درحالیکه پژوهش دیگری حاکی از آن است که بیش از ۶۵ درصد میکروارگانیسم های کمپوست از نوع " bacillus stearothermophilus" می باشند (۲).

مراحل کمپوست سازی فضولات انسانی :

کمپوست سازی فضولات انسانی طی ۴ مرحله بشرح زیر صورت می پذیرد :

- (۱) فاز "میانی" یا "مزوفیلی" (mesophilic)
- (۲) فاز "گرمایی" یا "ترموفیلی" (thermophilic)
- (۳) فاز "خنک شدن" یا "کولینگ" (cooling)
- (۴) فاز "عمل آوری" یا "کیورینگ" (curing)

باکتری های کمپوست در آغاز اقدام به ترکیب کربن با اکسیژن می نمایند تا "دی اکسید کربن" و انرژی حاصل آید. مقداری از این انرژی صرف رشد و تکثیر میکروارگانیسم ها می شود و مابقی به گرما تبدیل می گردند. بدینگونه زمانیکه ضایعات مواد آلی تحت تأثیر فرآیندهای کمپوست سازی قرار می گیرند، باکتری های مزوفیل به شدت توسعه می یابند و دمای توده را به بالاتر از ۴۴ درجه سانتیگراد می رسانند. این مرحله را بخش آغازین فرآیند کمپوست سازی می گویند.

باکتری های مرحله مزوفیلی شامل : "E.coli" و سایر باکتری های روده ای (intestinal) هستند اما رشد آنها بزودی با افزایش حرارت محدود می گردد درحالیکه باکتری های گرماگرا در محدوده حرارتی ۵۲-۴۴ درجه سانتیگراد شروع به تکثیر می کنند. با افزایش دما و تسریع در تکثیر باکتری های گرمادوست به مرحله دوم فرآیندهای کمپوست سازی می رسند. این مرحله می تواند تا ۷۰ درجه سانتیگراد ادامه یابد، گرچه چنین حرارتی برای کمپوست سازی چندان مطلوب نخواهد بود. این مرحله در ضمن مدت چند روز تا چند هفته به پایان می رسد، مگر اینکه مواد تازه ای به توده افزوده گردد.

بخش فضولات انسانی کمپوست بعد از مرحله ترموفیلی کاملاً "گوارده" یا "هضم" (digested) می شود اما بخش های خشبی تر هنوز کاملاً پوسیده نشده اند. مرحله خنک شدن در این زمان آغاز می گردد و طی آن کلیه میکروارگانیسم هایی که با وقوع گرما گریخته بودند، مجدداً به توده بر می گردند و به گوارش مواد آلی خشبی توده کمپوست می پردازند. قارچ ها و ماکروارگانیسم هایی نظیر کرم های خاکی و "خرخاکی" (sowbug) از جمله موجوداتی هستند که در این مرحله به تجزیه مواد آلی خشبی و تبدیل آنها به هوموس اقدام می کنند. برای تجزیه مواد آلی مقاوم به فساد نظیر لیگنین حاصل از پوست و چوب درختان به چندین ماه زمان نیاز خواهد بود. لیگنین غالباً توسط باکتری های گرماگرا تجزیه می شود اما تجزیه آنها توسط قارچ ها نیز در دمای کمتر ولی در مدت طولانی تر امکان پذیر است (۲).

مرحله نهایی فرآیند کمپوست سازی را مرحله "عمل آوری" (curing)، پیری (aging) و یا بلوغ (maturing) می نامند و آن طولانی ترین و مهمترین مرحله کمپوست سازی بشمار می آید. در کمپوست

سازي حرفه اي و تجاري تمايل به فرايندهاي سريع وجود دارد لذا غالباً مرحله "عمل آوري" را بنحوي قرباني مي كنند. در كمپوست سازي هاي تجاري تلاش مي شود تا با گرم شدن توده مواد آلي به كمپوست سازي در طي ۴ ماه خاتمه دهند و ۳ وهله كمپوست سازي در سال داشته باشند. در مواردی كه مرحله ۴ كمپوست سازي را تا حدود يك سال طولاني مي سازند آنگاه اطمینان بیشتری نسبت به نابودي كليه پاتوژن هاي كمپوست حاصل مي گردد.

توده هاي مواد آلي اگر بصورت نارس (ناقص) كمپوست شوند و مرحله "عمل آوري" كاملاً پايان نرسد آنگاه وجود موادي موسوم به "فيتوتوكسين ها" (phyto-toxins) در توده مواد آلي امكان پذير می باشد كه براي رشد گياهان سمّی قلمداد مي گردند. اين مواد همچنين مي توانند اكسيژن و نيتروژن خاك را بقاءپند و موادي چون اسيدهاي آلي را به محيط پيرايكنند. بنابر اين بهترين گزينه چنين است كه به توده مواد آلي اجازه دهند تا كاملاً پيوسند و به هوموس تبديل گردند (۲).



تنوع زیستی کمپوست :

كمپوست ها معمولاً حاوي ۳ دسته از ميكروارگانيزم هاي زير هستند :

الف) باكتري ها (bacteria)

ب) آكتينومايست ها (actinomycetes)

پ) قارچ ها (fungi)

باكتري ها بويژه انواع گرماگرا باعث توليد حرارت درون توده مواد آلي در حال پوسيدن مي شوند.

آکتینومايست ها از نظر تأثیرگذاری در حدواسط باکتری ها و قارچ ها هستند زیرا این گروه از نظر شکل ظاهري، خصوصيات رشد و ترجیحات شباهت زیادی به قارچ ها دارند. آکتینومايست ها غالباً در مرحله چهارم کمپوست سازی پدیدار می شوند. آنها پس از ظهور باکتریهای گرماگرا و قبل از پدیداری قارچ ها به فعالیت می پردازند.

تاکنون حداقل ۱۰۰ هزار جنس مختلف از قارچ ها شناخته شده اند که اکثریت آنها میکروسکوپی هستند. گرچه قارچ های گرماگرا نسبت به حرارت مقاومند ولی اکثر قارچ ها قادر به رشد در دماهای بیش از ۵۰ درجه سانتیگراد نیستند. قارچ ها تمایل به عدم حضور در دماهای بالاتر از ۶۰ درجه سانتیگراد دارند ولیکن آکتینومايست ها در دمای بیش از ۷۰ درجه سانتیگراد مضمحل می گردند. در دماهای بالاتر از ۸۲ درجه سانتیگراد نیز عمده فعالیت های بیولوژیکی بنحو مؤثری قطع می شوند (۲).

برای اینکه درک صحیحی از حضور میکروارگانیسم ها در طبیعت داشته باشید، باید بدانید که هر قاشق چایخوری از خاک علفزارهای طبیعی حاوی :

الف) ۸۰۰-۶۰۰ میلیون باکتری از ۱۰ هزار جنس مختلف

ب) ۵ هزار جنس از قارچ های گوناگون که میسلیوم های آنها تا چندین مایل گسترش دارند.

پ) ۱۰ هزار "پروتوزوا" منفرد از ۱۰۰۰ جنس متفاوت

ت) ۳۰-۲۰ عدد نماتد که می توانند در زمره ۱۰۰ جنس مختلف باشند.

که حضور بسیاری از آنها نهایتاً به نابودی عوامل بیماریزا، بهداشتی شدن و برخی تغییرات شیمیایی مطلوب توسط میکروارگانیسم های مفید در توده کمپوست می شوند (۲).

میکروارگانیسم های بهداشتی ساز کمپوست :

توده های در حال کمپوست شدن زمانیکه به دماهای بالاتر دست می یابند آنگاه برای ادامه پوساندن مواد آلی نیازمند بازسازی ظرفیت میکروارگانیسمی خویش هستند. چنین کمپوست هایی معمولاً عاری از میکروارگانیسم های بومی می شوند و باکتری های نامطلوبی نظیر "سالمونلا" (salmonella) در غیاب آنها به شدت تکثیر می یابند.

تنوع میکروارگانیسمی کمپوست ها اهمیت فراوانی دارد زیرا به تجزیه مواد آلی کمک می نمایند. بعنوان مثال در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد فقط ۱۰ درصد لجن های فاضلاب (sewage sludge) جامد در طی ۳ هفته تجزیه می گردند درحالیکه این عمل در دماهای ۶۰-۵۰ درجه سانتیگراد فقط طی ۷ روز صورت می پذیرد. کمپوست سازی در دماهای کمتر موجب تنوع میکروبی بهتری می شود.

یک پژوهش نشان می دهد که بهترین سرعت تجزیه مواد آلی در دماهای ۵۹-۵۵ درجه سانتیگراد رخ می دهد درحالیکه شدیدترین فعالیت باکتری های گرماگرا نیز در دمای ۵۵ درجه سانتیگراد وقوع می یابند که این دما برای تخریب پاتوژن ها کفایت می کند.

مطالعه ای دیگر در دانشگاه میشیگان آمریکا نشان داد که بیشترین تجزیه مواد آلی کمپوست در دمای ۴۵ درجه سانتیگراد رخ می دهد.

پژوهش متفاوتی حاکی از این است که بیشترین میزان تجزیه مواد آلی در دمای ۴۵-۵۵ درجه سانتیگراد وقوع می پذیرد درحالیکه ماکزیمم تنوع میکربی در دمای ۳۵-۴۵ درجه سانتیگراد حادث می شود. بخاطر داشته باشید که برخی از آکتینومایست های ترموفیل مشابه باکتری های مزوفیل تولید آنتی بیوتیک هایی می نمایند که می توانند مواد سمی ضعیفی را تولید کنند (۲).

آهک دهی کمپوست :

اصولاً هیچ نیازی به افزودن آهک به کمپوست فضولات انسانی نیست درحالیکه برخی با یک تصور غلط اعتقاد دارند که باید مقداری آهک به توده مواد آلی در حال پوسیدن اضافه نمود. توده های در حال کمپوست شدن بهیچوجه احتیاجی به آهک دهی و یا افزودن هیچگونه مواد معدنی دیگر ندارند ولیکن اگر خاک کشاورزی نیازمند افزودن آهک باشد لذا شایسته است که آهک را به خاک و نه اینکه به کمپوست اضافه کنند. باکتری ها قادر به تجزیه آهک نیستند، ضمن اینکه آهک می تواند میکروارگانیسم های تجزیه کننده را نابود سازد لذا توده در حال پوسیدن موسوم به "کمپوست تثبیت یافته با آهک" (lime-stabilized compost) خواهد بود.

کمپوست های کهنه حتی اگر با خاک ارّه تلفیق شده باشند، حالت اسیدی دارند. PH نهایی کمپوست باید فقط کمی بیشتر از ۷ یعنی در محدوده خنثی باشد. زمانیکه PH خیلی اسیدی و یا خیلی قلیایی می شود آنگاه فعالیت باکتری ها به شدت کاسته می گردد و یا حتی متوقف می شود. آهک و خاکستر چوب باعث بالا رفتن PH کمپوست می گردند.

برخی محققین معتقدند که باید آهک را به توده مواد آلی در حال کمپوست شدن اضافه نمود. آنها باور دارند که کمپوست در ضمن فرایندهای بیوشیمیایی به حالت اسیدی در می آیند لذا با افزودن مقداری آهک باید آن را به حالت خنثی در آورد درحالیکه توده کمپوست اگر به حال خود رها گردد، در پایان مرحله "عمل آوری" به خودی خود خنثی می شود. بنابراین توصیه می گردد که محصول نهایی کمپوست را قبل از کاربرد در سطح مزرعه آزمایش نمایند تا اگر به حالت اسیدی باشد، با افزودن مقادیر اندکی آهک به حالت خنثی در آیند (۲).

خاک ها در مناطق مسکونی کم تراکم :

مناطق مسکونی کم تراکم (low density) دارای تراکم جمعیتی کمتر از ۳۰۰ نفر در کیلومترمربع هستند. اینگونه اراضی دارای خاک های انتقالی و تغییر یافته ای هستند که در اثر فعالیت های انسانی وقوع یافته اند. اینچنین اراضی اگر بخوبی محافظت نگردند، در اثر حدوث باران های شدید به ایجاد رواناب ، سیلاب و فرسایش خاکی می انجامند و نتیجتاً به آلودگی آب های سطحی و سفره های آب زیرزمینی منتهی می گردند که تهدیدی برای سلامتی و ایمنی انسان ها خواهند بود.

دو راه اصلی برای مدیریت مناطق کم جمعیت عبارتند از :

- ۱) حفظ کیفیت آب مصرفی برای انسان ها
- ۲) تولیدات کشاورزی حاصل از مصرف فاضلاب ها بعنوان کود

بعنوان مثال مدیریت اراضی کم تراکم باید در موارد زیر در اولویت قرار گیرند :

الف) مدیریت فاضلاب های انسانی

ب) مدیریت تالاب های روستایی

پ) مدیریت جاده های خاکی و مالروها

ت) مدیریت کنارگذر رودخانه ها (۵).

کاربرد ایمن کمپوست فضولات انسانی در چین :

مدفوعات انسانی از هزاران سال پیش در کشور چین بمنظور افزایش باروری و حاصلخیزی اراضی زراعی- باغی و همچنین تغذیه ماهیان مصرف داشته اند. امروزه سالانه بمیزان ۱۶۴/۲۵ میلیون تن از فضولات انسانی توسط ۳۰۰ میلیون نفر از ساکنین ۴۷۹ شهر تولید می گردند. اینک فضولات انسانی بعد از یک دوره بی رغبتی مجدداً و سزاوارانه مورد توجه قرار گرفته و از یک منشأ آلودگی به یک منبع با ارزش تبدیل شده است.

هر چند جابجایی ایمن فضولات انسانی امکان پذیر می باشد ولیکن عمل آوری فضولات انسانی خام ضرورت دارد. فضولات انسانی شهرها تا قبل از سال ۱۹۷۹ میلادی فقط از طریق رعایت نکات بهداشت فردی کشاورزان و پاکیزگی محیطی حاصل می شد. اینگونه فضولات انسانی در مخازن نسبتاً کوچکی در مناطق روستایی انبار می گردیدند سپس آنها را در مواقع ضرورت بطور مستقیم در اراضی کشاورزی بکار می گرفتند.

کشاورزان گاهاً اقدام به استفاده از فضولات انسانی (night soil) توأم با ضایعات خانگی شهری (domestic waste) می کردند که از مناطق پُر جمعیت به روستاها حمل می گردیدند. البته هر دو ماده مذکور را ابتدا با همدیگر مخلوط می کردند و بصورت توده هایی جهت تولید کمپوست می انباشتند.

در سال ۱۹۷۹ میلادی، تغییرات جدی در سیستم اقتصادی روستاهای چین بوقوع پیوست بطوریکه سیستم جمعی (community system) با سیستم متعهد فامیلی جایگزین گردید. این موضوع سبب بروز مشکلاتی در جمع آوری و انتقال فضولات انسانی از شهرها شد. در برخی مواقع نیز کشاورزان علاقه ای به بکارگیری فضولات انسانی جهت حاصلخیزی خاک ها ابراز نمی داشتند. بویژه نسل جوان ترجیح می داد که از کودهای شیمیایی برای بهبود شرایط و افزایش تولیدات کشاورزی بهره گیرند. از اینرو فضولات انسانی را در مجاری فاضلاب ها رها می ساختند و موجب آلودگی های محیطی می شدند.

در سال های اخیر، قیمت سبزیجات و کودهای شیمیایی رو به فزونی گذارده و بازارها به ثبات نسبی دست یافته اند لذا کشاورزان مجدداً به فکر استفاده از فضولات انسانی افتاده اند. همچنین کشاورزان نیز روز به روز بر فواید بکارگیری فضولات انسانی عمل آوری شده (treated) در اراضی زراعی و تالاب های پرورش آبزیان بیشتر پی می برند اما به دلایل بهداشتی بر آن شده اند که فضولات انسانی را قبل از کاربرد کاملاً عمل آوری نمایند (۳).

اثرات اقتصادی کاربرد فضولات انسانی در چین :

در بدترین شرایط تخمین زده می شود که حداقل ۸۰۰ میلیون کیلوگرم نیتروژن، ۴۰۰ میلیون کیلوگرم فسفات و ۵۰۰ میلیون کیلوگرم پتاسیم را بطور سالانه بتوان از فضولات انسانی نواحی شهری چین حاصل نمود. این مقدار معادل ۴ میلیون تن کودهای تجاری است که می تواند حدود ۴ درصد از کل کودهای تجاری مصرفی سراسر این کشور را تشکیل دهد.

امروزه فقط از ۳۰ درصد فضولات انسانی شهری و ۲/۶ درصد ضایعات شهرنشینی چین بهره می گیرند لذا این موضوع مبین آن است که همچنان مقدار ۳ میلیون تن از کودهای شیمیایی را می توان در صورت بکارگیری ضایعات شهری و فضولات انسانی شهرها جایگزین نمود.

اینک کاربرد فضولات انسانی با فعالیت های ترویجی بطور رسمی در چین تشویق می گردند. مؤسسات بهداشتی ادارات منطقه ای مسئول جمع آوری و انتقال فضولات انسانی از توالت ها به مخازن ذخیره ای اطراف شهرها شده اند. دولت متضمن پرداخت قیمت سوخت، هزینه وسایل نقلیه و دستمزد کارگران است لذا بهای آنرا بمیزان ۱/۸ یوان (Yuan) برای انتقال هر تن/کیلومتر فضولات انسانی می پردازد. کشاورزان نیز به ازای هر تن ۱۲ یوان جهت انتقال فضولات عمل آوری شده از مخازن ذخیره ای به مزرعه پرداخت می کنند که معادل ۰/۲ یوان به ازای هر تن/کیلومتر است (۱ دلار آمریکا معادل ۸/۶ یوان چین).

این موضوعات زمانی ارزش واقعی خویش را عرضه می دارند که بدانید بهای کودهای تجاری در چین بسیار زیاد است چنانکه :

الف) اوره با بهای ۱۴۰۰ یوان/تن

ب) فسفات آمونیوم با بهای ۲۵۰۰ یوان/تن عرضه می گردند.

عموماً جمع آوری، انتقال و عمل آوری فضولات انسانی بسهولت اجرا نمی گردند و در مقایسه با کودهای شیمیایی نیازمند زمان بیشتری هستند. آمارها نشان می دهند که اگر ۵۰۰-۲۰۰ کیلوگرم بر "میو" (1 ha = 15 mu) فضولات انسانی بعلاوه ۸۰ کیلوگرم بر "میو" از کودهای تجاری نوع ۲۰-۲۰-۲۰ را بجای ۱۰۰ کیلوگرم بر "میو" کودهای تجاری در مزارع استفاده کنند آنگاه برنج بمیزان ۱۵ کیلوگرم بر "میو"، گندم بمیزان ۳۰ کیلوگرم بر "میو"، پیاز ممتاز بمیزان ۲۰ درصد و انگور بمیزان ۲-۲/۵ تن کیلوگرم بر "میو" افزایش خواهند یافت. چنین فوایدی آنزمان با صرفه تر خواهند بود که مسافت انتقال خیلی طولانی نباشد (۳).

کاربرد فضولات انسانی در اطراف دریاچه "Tai" کشور چین :

دریاچه "Tai" در استان های "زی جیانگ" و "جیانگ سو" واقع است. آنجا پوشیده از جنگل های قاره ای مخصوص مناطق معتدله است. اکثریت اراضی کشاورزی منطقه در سلطه زراعت برنج می باشد. تراکم جمعیت در حدود ۱۰۰ نفر در هر کیلومتر مربع است.

مهمترین محصولات منطقه شامل :

برنج، گندم، کلزا (rapeseed)، توت سفید (mulberry)، سویا، کلم برگ چینی (bok choy) و مارچوبه (milk vetch) می باشد.

مهمترین حیوانات اهلی شامل :

گاو میش ، کرم ابریشم ، کپور ماهیان ، غاز ، اردک ، مرغ و خروس ، بز ، خوک هستند. خاک ها عمدتاً به حالت غرقابی (paddy) و از انواع رسوبي (alluvial) می باشند. سبزینگی غالب منطقه از برگ پهن های برگریزند. اقلیم از جمله نواحی مرطوب نیمه حاره ای محسوب می گردد.

سوابق تاریخی نشان می دهند که کشاورزان چینی برای هزاران سال از فضولات انسانی موسوم به "night soil" بعنوان کود آلی جهت حاصلخیزی اراضی کشاورزی بهره می جویند (King-1911). آنها از اینگونه فضولات در اراضی زراعی وسیع و حتی اراضی کوچک معیشتی (subsistence farm) استفاده می کنند. ناحیه دریاچه "Tai" از جمله مناطقی است که مردمانش اقدام به جمع آوری فضولات انسانی می نمایند سپس آنها را در مخازن بزرگ سرامیکی، چاله های بتنی و یا حوضچه های سنگی بندکشی شده با سیمان نگهداری می کنند.

ساکنین این نواحی ابتدا مدفوع و ادرار انسانی را در خانه ها به کمک سطل هایی جمع آوری می نمایند و یا حتی مستقیماً در مخازن مخصوص می ریزند. آنها اینگونه مخازن را عمدتاً در داخل توالی های خانگی و یا درون اسطبل حیوانات مستقر می سازند.

کشاورزان گاهی ادرار را جداگانه جمع آوری و بکار می برند. آنها معمولاً ادرار انسانی جمع آوری شده را با کود خوکی مخلوط می سازند و نگهداری می کنند و بدین جهت کانالی بین اسطبل خوک ها و مخزن ذخیره سازی کودها احداث می کنند تا در روند جمع آوری کودها تسهیل گردد. زارعین منطقه مذکور تا قبل از تشدید کاربرد کودهای سنتزی (شیمیایی) از فضولات انسانی تقریباً در کلیه محصولات زراعی نظیر برنج و گندم استفاده می کردند اما امروزه از فضولات انسانی غالباً در کرت های کم وسعت سبزیجات و سایر محصولات خانگی مشروب از باران (rainfed) بهره می گیرند.

اولین دلیل از اینکه فضولات انسانی را بصورت مایع استفاده می کنند اینکه آنها بسیار غلیظ تر ولی کند اثرتر (heavier) از کودهای شیمیایی هستند. آنها سبزیجات و مزارع مشروب از باران را در مقایسه با مزارع برنج در مجاورت مناطق مسکونی احداث می کنند لذا غالب کاربرد فضولات انسانی را به اینگونه موارد متمرکز ساخته اند.

دومین دلیل برای ترجیح کاربرد فضولات انسانی برای محصولات باغی (horticultural crops) این است که باور عموم بر تأثیرات شگرفشان بر افزایش تولید و طعم چنین محصولاتی بویژه کلم برگ چینی (bok choy) معطوف گردیده است (۱).

کاربرد فضولات انسانی در کشور تانزانیا :

تولید غلات در بسیاری از مناطق تانزانیا از اواخر دهه ۱۹۷۰ میلادی که کاربرد نهاده های یارانه ای قطع گردید، بشدت تنزل یافت. مطالعات هدایت شده ای در اواخر دهه ۱۹۸۰ میلادی در منطقه "Ileje" واقع در

ارتفاعات جنوبی این کشور انجام گرفت که نتایج حاکی از وجود سوء تغذیه (malnutrition) و مرگ و میر (mortality) در افراد کمتر از ۵ سال به سبب عدم دسترسی به غذای کافی روزانه بودند.

دلیل اصلی برای اینگونه وقایع حاکی از تولیدات کشاورزی اندک در خاک های فقیر منطقه می باشد. نتایج بررسی های مذکور منجر به امضاء توافق نامه سه جانبه ای بین یک گروه غیر دولتی یا "NGO" بلژیکی موسوم به "COOPIBO"، یک سازمان غیر دولتی تانزانیایی موسوم به "CDTF" و شورای منطقه ای برای افزایش تولید محصولات غذایی در سال ۱۹۸۸ میلادی موسوم به قرارداد "IFCPP" گردید.

بر این اساس اقدام به آموزش کشاورزان خُرده پا برای کاربرد بهینه منابع کشاورزی موجود گردید. مهمترین موضوع آموزش ها را بکارگیری تکنیک هایی جهت افزایش حاصلخیزی خاک های زراعی تشکیل می داد. برای این هدف به احیای (reclaiming) اراضی کشاورزی پرداخته شد که در اثر قطع یارانه های دولتی برای تأمین نهاده های شیمیایی بحال خویش رها شده بودند (۴).

منابع کشاورزی کافی در بسیاری از روستاهای منطقه موجود بود ولی بزرگترین مشکل در راستای تغییر افکار ساکنین منطقه جلوه گر می نمود. کشاورزان آموزش های لازم را برای پوسانیدن کودهای دامی قبل از بکارگیری بعنوان کود مزارع ذرت گذراندند. این عملیات برای کشاورزانی که دارای دام هایی بودند، بخوبی اجرا شد اما کشاورزان فاقد دام به اصلاح خاک های زراعی به طرق دیگری نظیر: دفن بقایای محصولات زراعی، استفاده از لگوم هایی نظیر "کنف بنگالی" یا "sunn hemp" با اسامی علمی "crotalaria juncea" و "crotalaria ochroleuca"، تناوب زراعی و کمپوست ها تشویق گردیدند.

متعاقباً استفاده از فضولات انسانی بعنوان یکی از شیوه های مفید معرفی گردید. کشاورزان منطقه "Ileje" بندرت از فضولات انسانی استفاده می کردند زیرا باور داشتند که کاربرد آنها خالی از خطر نیست لذا کوشش هایی برای تغییر تفکر آنها صورت گرفت تا بپذیرند که کمپوست فضولات انسانی بعنوان یک ماده با ارزش غذایی برای گیاهان مطرح هستند. بدینگونه آنها در صدد انجام عملیاتی برای عمل آوری فضولات انسانی انجام برآمدند تا نهایتاً به اصلاح خاک های منطقه منجر گردند.

زمانیکه برای اولین دفعه به چنین امری اقدام شد، با مشکل پذیرش قاطبه کشاورزان منطقه مواجه گردید زیرا عموماً آنها غیر ایمن، ناسالم و غیر قابل استفاده می دانستند. در ابتدا یکی از زارعین پیشرو به تخلیه توالت خانه اش برای مصرف در مزرعه ذرت اقدام کرد. دیگران به اعمال و نتیجه کارهایش توجه داشتند تا اینکه مزرعه ذرت نامبرده دارای رشد بسیار خوبی در مقایسه با سایر مزارع و در قیاس با سال های قبل گردید.

مورد فوق الذکر بدین ترتیب بعنوان یک مزرعه آزمایشی جهت آموزش و تشویق سایرین به کاربرد کمپوست فضولات انسانی مطرح شد. این واقعه در سال ۲۰۰۴ میلادی رخ داد ولیکن در سال های بعد بر تعداد کشاورزانی که از فضولات انسانی بهره می گرفتند، افزوده شد. از آن به بعد عقیده غیر قابل مصرف بودن فضولات انسانی ملغی گردید و کشاورزان شروع به خریداری محتویات توالت های قدیمی به ازای هر سطل حدود ۸۰۰-۱۰۰۰ شیلینگ تانزانیا معادل ۱ دلار آمریکا نمودند تا جائیکه اینگونه فضولات انسانی بعنوان یک کالا در منطقه معامله می گردید.

کشاورزان اقدام به مصرف کمپوست فضولات انسانی بعنوان کود پایه و کود سرک در مزارع نمودند. متعاقباً کشاورزان اقدام به احداث توالت هایی به عمق بیش از ۵ فوت در خارج از خانه ها نمودند تا تخلیه آنها با سهولت بیشتری انجام پذیرد سپس به پُر کردن همزمان توالت ها با بقایای محصولات و سایر مواد آلی می پرداختند تا بر حجم و کیفیت کمپوست حاصله افزوده شود (۴).

زمانیکه توالیت ها از فضولات انسانی مملو می گردند، کشاورزان اقدام به پوشاندن سطح آنها با خاک می کنند و آنرا برای حداقل ۲ سال جهت فرآیندهای تجزیه برجا می گذارند. پس آنگاه لایه خاک پوششی را به کناری می زنند و با کمک بیل و سطل به تخلیه محتویاتشان اقدام می کنند. کشاورزان برای حفاظت خویش از چکمه های لاستیکی و دستکش استفاده می نمایند آنها قبل از مصرف فضولات بعنوان کود به پرتاب مواد خطرناکی چون شیشه های شکسته و میخ به درون توالیت اقدام می کنند. بدینگونه تمامی کاربران به خطرناک بودن فضولات پی می برند و هوشیاری خویش را در زمان کاربرد آنها بخرج می دهند.

کمپوست فضولات انسانی بعنوان بهترین کود آلی مطرح شده است زیرا در مقایسه با سایر کودهای آلی باعث واکنش سریعتری در گیاهان بویژه در صورت پخش سرک (top dressing) می گردد. کشاورزان آگاهند که باید کمپوست فضولات انسانی را بمیزان کمی مصرف کنند زیرا ممکن است منجر به سوختگی (burn یا scorch) گیاهان در صورت بیشبود گردند. آنها همچنین به ارزشمندی این نهاده آلی و اثرش بر افزایش راندمان محصولات کشاورزی توجه دارند.

مزارعی که تحت تیمار کمپوست فضولات انسانی قرار می گیرند، برای مدت بیش از ۲-۳ سال حاصلخیز می شوند و بخوبی اصلاح می گردند ولیکن این سؤال همچنان در بین کشاورزان منطقه مطرح است که آیا کمپوست فضولات انسانی از ایمنی و بهداشت کافی بهره می برد و خطری کاربران و بعلاوه مصرف کنندگان چنین محصولاتی را تهدید نمی نماید ؟ (۴).

کاربرد فضولات انسانی در "Lahual" کشور هند :

فضولات انسانی (nhght soil) از دوران های قدیم در کشور هندوستان بعنوان منبعی سرشار از عناصر غذایی با کاربرد کشاورزی مطرح بوده است. هندیان معتقد بودند فضولات انسانی در مواردی که بصورت ایمن حمل و نقل و استفاده شوند، می توانند از نزول حاصلخیزی خاک های زراعی بکاهند و مشکلات کمبود شدید آب را بر طرف سازند ولیکن امروزه با رواج مدرنیسم از اهمیت آنها کاسته اند. امروزه مؤسسه تحقیقات کشاورزی هندوستان (G.B.P.Institute) در صدد ترقی جایگاه فضولات انسانی برای تأمین بخشی از مواد آلی مورد نیاز گیاهان هستند.

دره "Lahual" در شمال غربی کوههای هیمالیا در کشور هندوستان واقع است اما مدتی طولانی از سال را به سبب بارش سنگین برف از تمام جهان جدا می ماند. اقلیم خشن و نامهربان حاکم بر منطقه باعث می شود که عملیات کشاورزی بصورت منحصر بفردی انجام پذیرند. مؤسسه تحقیقات کشاورزی هندوستان طی سال های اخیر به مستندسازی برخی از عملیات رایج در منطقه پرداخته است بویژه در مورد مدیریت سنتی عناصر غذایی خاک که به پایداری آگرواکوسیستم ها با حداقل افزودن نهاده های خارجی (external inputs) منتهی می گردد.

عملیات بررسی و تحقیق در بخش آغازین مستندسازی بر ۴ دهکده متمرکز گردید که بصورت سنتی اقدام به کمپوست نمودن فضولات انسانی می نمودند. مصاحبه ها با سرپرستان خانوارها طی سال های ۲۰۰۳-۴ میلادی انجام پذیرفتند و تمامی اطلاعات مشاهده ای- کاربردی به دقت ثبت شدند.

داشتن خاک های فقیر از بزرگترین موانع دستیابی به کشاورزی پایدار در بسیاری از نواحی هندوستان است زیرا چنین مشکلی به دلایل زیر در خاک های سطحی هر منطقه بروز می یابند:

الف) زدودن (removed) و نفوذ عمقی (leaching) عناصر غذایی خاک در اثر وفور بارش برف
 ب) وقوع بَهمَن (avalanches)
 پ) ریزش زمین (land slides)
 ت) فرسایش (erosion)

در مناطقی با شرایط محیطی سرد و خشن معمولاً پوشش گیاهی و گراس ها بسیار اندک هستند لذا در اینگونه مناطق امکان نگهداری دام های کافی برای حصول مقدار کافی از فضولات دامی وجود ندارد. بنابراین بطور سنتی در مواجهه با چنین شرایطی برای کسب مواد آلی به کمپوست کردن فضولات انسانی پرداخته می شود. نظریات مختلف، اولین هدف از چنین عملی را کسب در آمد توسط کشاورزان عنوان می کنند اما امروزه با ظهور مدرنیسم که کودهای شیمیایی را با سهولت در اختیار زارعین قرار می دهد، مردم خود را از اینگونه شیوه های قدیمی بدور نگه می دارند. بیش از این کشاورزان بواسطه کاربرد گسترده توالتهای امروزی برای بالا بردن عملکرد محصولات بالاجبار به استفاده از کودهای شیمیایی روی آورده اند و به کاشت محصولات نظیر : نخود فرنگی، سیب زمینی و رازک (hop) با نام علمی "humulus lupulus" می پردازند که خریداران بیشتری بعنوان محصول نقدینه ساز (cash crop) دارند (۴).

غالب کشاورزان طبیعتاً خواهان بکارگیری مواد شیمیایی در تولید محصولات کشاورزی نیستند زیرا آنها بر عواقب بکارگیری اینگونه مواد در مزارع مشابه آگاهی یافته اند. آنها ترجیح می دهند که از کودهای آلی بعنوان مواد ورودی بهره گیرند، هرچند تدارک آنها محدود شدت است و کمک های یارانه ای جهت تهیه کودهای شیمیایی نیز مهیا می باشند.

باوجودیکه درک صحیح از فواید تولید کمپوست فضولات انسانی وجود دارد ولیکن عموماً مصرف آنها در دره "Lahaul" به کاهش می گراید. دلایل اصلی چنین روندی عبارتند از :

- \$۱) شرایط غیر بهداشتی (unhygienic) توالتهای سنتی
- \$۲) رواج توالتهای مدرن
- \$۳) فقدان نیروی کارآموده برای انجام امور
- \$۴) افزایش تأثیرات متقابل اجتماعی-کشاورزی
- \$۵) بهبود سطوح آموزش تحصیلی
- \$۶) سهولت دسترسی به کودهای شیمیایی جایگزین
- \$۷) کاهش رواج توالتهای سنتی جمع آوری فضولات خشک انسانی برای کمپوست کردن (۴).

عملیات کمپوست کردن فضولات انسانی از برخی روستاها بطور کامل محو شده است درحالیکه برخی دیگر از روستاها از سال های ۱۹۸۰ میلادی بتدریج به کاهش کاربرد این شیوه اقدام کرده اند. بنابراین فرآیند تهیه کمپوست از فضولات انسانی تحت شدیدترین تهدیدات گرایش به مدرنیسم قرار دارد و احتمالاً اگر قدم های اساسی در جهت حفظ آن برداشته نشود آنگاه بزودی مضمحل خواهد گردید.

روستائیان دره "Lahaul" توالی های سنتی را در طبقه اول خانه ها و متصل به اتاق نشیمن می سازند. بدینگونه از میان یک حفره مستطیلی به ابعاد ۶×۱۲ اینچ که در کف توالی تعبیه شده است، فضولات انسانی بر سطح زمین ریخته می شوند یعنی محلی که کمپوست سازی انجام خواهد شد. استفاده از آب برای اجتناب از رطوبت مازاد طی دوره کمپوست سازی در اینگونه توالی ها اکیداً مجاز نیست. کشاورزان بعد از تخلیه حاجت با موادی به پوشاندن مدفوع اقدام می کنند که اصطلاحاً "fot" خوانده می شوند و شامل : مدفوع خشک گوساله ها، خاکستر ضایعات آشپزخانه، گراس های خشک و برگهای خشک می باشند.

مواد پوشاننده فضولات موسوم به "fot" را برای دو منظور اصلی بکار می گیرند :

الف) افزایش ظرفیت مواد آلی کمپوست

ب) جلوگیری از بوی بد کمپوست و دور ساختن مگس ها

برای اینکه بهترین نتایج در طی پروسه کمپوست سازی فضولات انسانی حاصل آیند، باید آنها را در دو اتاقک (chambers) یا سردابه (vaults) مختلف برای حداقل یک دوره شش ماهه انبار نمود آنچنانکه اولین سردابه را برای کمپوست سازی به مدت ۶ ماه باقی می گذارند درحالیکه سردابه دومی در حال بهره برداری باشد.

برای استفاده متناوب از ۲ سردابه، کمپوست سازی مناسب می تواند ۲ دفعه در سال انجام پذیرد بطوریکه فرآیند تدارک کمپوست از فضولات انسانی بصورت نوبتی طی سراسر سال در هر یک از سردابه ها تداوم یابد. کمپوست فضولات انسانی هر یک از اتاقک ها معمولاً در ماههای اکتبر-نوامبر و یا مارس-آوریل تخلیه می شوند. هر اتاقک کمپوست سازی دارای یک درب ویژه جهت تخلیه کمپوست می باشد. کمپوست های تخلیه شده را به مزرعه منتقل می سازند و بصورت کپه هایی توده می نمایند. این توده ها برای ۵-۴ ماه در سطح مزرعه باقی می مانند.

بزودی پس از آب شدن برف ها و قبل از شروع فصل زراعی به پخشاندن تمامی کپه ها در سطح مزرعه اقدام می شود. این موضوع فرصت کافی جهت کمپوست شدن مواد پیوست و فضولات انسانی را می دهد تا برای استفاده ایمن و مناسب آماده گردند.

امور مربوط به فضولات انسانی را بدلیل معذورات اجتماعی بطور شبانه و بویژه در شب های بدر کامل انجام می دهند. برای اجتناب از تلفات عناصر غذایی، توده کمپوست را باید از بارندگی در مزرعه محفوظ داشت. کمپوست فضولات انسانی را باید قبل از کاشت بذور بخوبی با خاک مخلوط نمود ولیکن نسبت اختلاط را بدقت مراعات کرد (۴).

تجربیات نشان می دهند که مخلوط ادرار با مدفوع انسانی را نباید بمصرف برسانند زیرا نه تنها بوی تعفن می دهد بلکه دوغابی که از این طریق حاصل می شود، مملو از میکروارگانیسم های روده ای (enteric) خواهد بود. ادرار را می توان بصورت مجزا برای یک مدت ۶ ماهه بمنظور عمل آوری ذخیره کرد و بدین طریق آنها را از وجود باکتریها مبرا و ایمن ساخت تا آماده مصرف در مزرعه گردد.

با تداوم این شیوه می توان به کنترل باکتریهای روده ای، ویروس ها، پروتوزوا و تخم های کرم روده ای (helminth) در مدفوع انسانی موفق گردید. مراقب باشید که برخی بیماریها ممکن است در اثر عمل آوری ناقص فضولات انسانی بوقوع بپیوندند که از آن جمله شامل :

اسهال خونی ناشی از آمیب (amoebic dysentery)، کرم کدو یا نواری (tapeworm)، وبا (cholera) و هپاتیت های ویروسی می باشند.

کاربرد ایمن و بهداشتی کمپوست فضولات انسانی اهمیت زیادی در حفاظت کاربران و محیط زیست دارد. مدیریت مناسب فضولات انسانی و عمل آوری آنها در راستای جلوگیری از شیوع بیماریها ضروری است. برای تبدیل مطلوب فضولات انسانی به کمپوست باید به یکسری اندازه گیری ها پرداخت. سازمان جهانی بهداشت (WHO) دستورالعملی را در ارتباط با کاربرد ایمن آبهای ضایعاتی (waste water)، مدفوع (excreta) و آبهای مصرفی آشپزخانه و حمام (greywater) تدارک دیده است.

مؤسسه پژوهش های کشاورزی هندوستان به پیشرفت هایی برای عمل آوری فضولات انسانی در جهت عملیات کشاورزی ارگانیک دست یافته است. افزایش عناصر غذایی خاک از طریق کمپوست فضولات انسانی در دره "Lahaul" حائز منافع فراوانی برای ساکنین محلی بوده اند. پژوهش های حاصل از تیمار مناسب فضولات انسانی از طریق سیستم های توالی دو سردابه ای نشان می دهند که کمپوست فضولات انسانی فاقد پاتوژن ها هستند لذا از مخاطرات سلامتی کاربران کاسته می گردد. پژوهش ها همچنین آشکار ساختند که استفاده از کمپوست فضولات انسانی می تواند نقش حیاتی را در حفظ حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد محصول در مناطقی داشته باشد که دارای دوره رشد محدود مثلاً اواسط آوریل تا اواسط آگوست هستند. این مدل از پایداری مدیریت سنتی خاک می تواند اعتبار علمی داشته باشد و ممکن است در بسیاری از مناطق جهان تکرار گردد آنچنانکه قادر به افزایش اثربخشی و عدم کاربرد مواد شیمیایی در سیستم های زراعی گردد (۴).

تأثیرات سلامتی کاربرد فضولات انسانی :

فضولات انسانی حاوی انواع مختلف پاتوژن ها (عوامل بیماریزا) نظیر: باکتری ها، ویروس ها و همچنین تخم های (ova) ارگانیسم های پارازیت (انگلی) مثل عامل تیفوئید، اسهال خونی (dysentery)، هپاتیت آ، فلج اطفال (poliomyelitis)، کرم های پهن (schistosomiasis)، کرم های قلابدار (anchylostomiasis) و کرم آسکاریس می باشند. بنابراین ضمن عملیات استفاده مجدد از مدفوعات همواره خطرات بالقوه ای برای تهدید سلامتی کاربران وجود دارند.

در حقیقت، مدفوعات با بیماریهای متعددی نظیر: عفونت های روده ای (intestinal infectious) و انگل های آزاد بویژه در مناطق حاشیه شهرها ارتباط دارند. بعنوان مثال در بهار سال ۱۹۸۸ میلادی، هپاتیت آ به حدود ۲ میلیون نفر در شانگهای سرایت نمود که از صدفداران دریایی (shellfish) آلوده به فضولات انسانی تغذیه کرده بودند. اینک بیماری اسهال و اگیر (diarrhoeic) بیش از ۷۰ درصد کل بیماریهای واگیر را تشکیل می دهد. تعداد موارد تیفوئید از ۱۰۰ هزار در هر سال فراتر می روند. در حدود ۴۹۰ میلیون نفر از مردم دنیا دچار آسکاریس هستند و ۲۰۰ میلیون نفر به کرم های قلابدار مبتلا می باشند. کرم های پهن مجدداً در مناطقی که پیشتر تحت کنترل بوده اند، بویژه در استان های "هوبی" و "هونان" چین ظهور یافته و بیش از ۱/۵ میلیون نفر را تحت تأثیر خویش قرار داده اند (۳).

دستورالعمل هاي بهداشتي (sanitation issues) :

استفاده از مدفوع انساني بعنوان كود از عمليات مخاطره آميزي است كه ممكن است به ابتلا بسياري از بيماريهاي پاتوژني منجر گردد وليكن هنوز هم در كشورهاي در حال توسعه بصورت گسترده اي استفاده مي شود. كرم هاي انگلي مسري نظير آسكاريس با فضولات انساني رابطه اي مستقيم دارند زيرا تخم هاي اينگونه انگل ها در مدفوع حضور مي يابند.

اين موضوع همچنين مي تواند باعث انتقال بيماريها از طريق واردات سبزيجاتي چون گوجه فرنگي و كاهو از كشورهاي در حال توسعه به كشورهاي توسعه يافته گردد. البته احتمال بروز چنين مخاطراتي با كمپوست كردن فضولات انساني از بين مي رود.

بياد داشته باشيد كه كمپوست نهايي را هيچگاه نبايد كاملاً استريل نمود بلكه بايد بهداشتي باشد زيرا كمپوست ها ضرورتاً بايد مملو از ميكروارگانيزم هاي مفيد باشند وليكن نبايد داراي انواعي از آنها گردند كه براي سلامتي انسان مضرند. بررسي ها نشان مي دهند، ميكروارگانيزم هاي موجود در فضولات انساني كه براي سلامتي بشر مضر هستند، در ضمن فرآيند كمپوست سازي دچار حذف، ضعيف شدن و يا نقصان شديد مي گردند.

مدفوع انساني ممكن است به مانند يك كود مطلوب گردد زيرا تقاضا براي كودها بسيار زياد است. فضولات انساني حاوي بسياري از عناصر غذايي كودي مورد نياز گياهان هستند بنابراين در مناطقي كه داراي اراضي فقير مي باشند، ضرورتاً كشاورزان براي بارور ساختن خاك هاي كشاورزي به خطرات ناشي از فضولات انساني رضايت مي دهند.

كمپوست سازي مي تواند بنحو اطمينان بخشي به ايمني فضولات انساني منتهي شود. بسياري از شهرداري ها كه اقدام به تهيه كمپوست زيستي از فضولات انساني مي نمايند، توصيه مي كنند كه آنها را براي بستر گل ها و گياهان زينتي بكار گيرند و در سبزيكاري ها مصرف نکنند. بسياري نيز ادعا مي كنند كه چنين كمپوست هايي بسيار نامطلوب و مضر هستند، مگر اينكه بقايي فلزات سنگين را از آنها حذف گردانند كه چنين فرآيندهايي غالباً نيازمند صرف هزينه هاي سنگين مي باشند (۶).

سازمان بهداشت جهاني (WHO) دستورالعملي را در سال ۲۰۰۶ ميلادي براي کاربرد ايمن آبهاي ضايعاتي، آبهاي مصرفي خانگي و مدفوعات بشرح زير صادر نموده است :

۱@ مواد مدفوعي و ساير مواد آلي را چگونه كمپوست سازند تا دما بخوبي كنترل شود و محصول نهايي در فرآيند كمپوست سازي هوايي ضمن اينكه بوي بد متصاعد ننمايند، به بهبود شرايط خاك بينجامند و عنصر فسفر را بكندي آزاد سازند.

۲@ سازمان بهداشت جهاني براي به حداقل رسانيدن بروز خطرات ناشي از بكارگيري فضولات انساني اقدام به توصيه ها و بيانیه هاي متعددي نموده است. مثلاً هرگاه احتمال بالا رفتن دما در توده در حال كمپوست شدن وجود دارد، اين سازمان توصيه مي كند كه دوره انبار كردن را طولاني سازند تا ايمني بيشتري حاصل آيد. چنانكه اگر دما را در محدوده ۲۰-۲ درجه سانتیگراد حفظ كنند آنگاه مي توان با ۲-۱/۵ سال كمپوست سازي به حذف كلييه باكتريهاي پاتوژن نائل آمد، ويروس ها را كاهش داد و عوامل انگلي پروتوزوا را به سطح كمتر از خطرزا يي براي انسان رسانيد.

@۳ سازمان بهداشت جهانی همچنین هشدارهای زیادی را برای کنترل خطرات ناشی از معرض بودن فضولات انسانی ارائه داده است. هشدارهایی که در زمینه چگونگی حمل و نقل فضولات انسانی شامل البسه پرسنل از جمله: چکمه ها، دستکش ها، ماسک صورت و عدم کاربردشان برای سایر امور می باشند.

@۴ اگر کیفیت کمپوست فضولات انسانی در زمان بکارگیری در مزرعه اطمینان بخش نیست، بهتر است از ارتفاع نزدیک زمین به پخش آنها اقدام گردد و سریعاً نیز پوشانده شوند. ضمناً باید از نزدیک شدن اطفال به محل های عمل آوری و پخش کمپوست فضولات انسانی جلوگیری شود.

@۵ سرانجام اینکه باید به توصیه های پرسنل بهداشت منطقه ای توجه شود زیرا تکنولوژی به تنهایی قادر به کنترل کامل بیماریهای مسری نیست لذا آگاهی و هوشیاری افراد جامعه ضرورت دارد. بنابراین اگر مطابق با توصیه های بهداشتی عمل شود و مراحل جمع آوری و عمل آوری کمپوست با دقت صورت پذیرند آنگاه از خطرات متصدیان جمع آوری، عمل آوری و همچنین کاربران کمپوست بسان کودهای آلی کاسته خواهد شد (۴).

نتیجه گیری :

فضولات انسانی، کودی سرشار از عناصر غذایی هستند که می توانند باعث دوام حاصلخیزی خاک ها و در نتیجه پایداری تولیدات کشاورزی گردند. با کاربرد فضولات انسانی در اراضی وسیع زراعی طبیعتاً عناصر غذایی مجدداً به چرخه مواد در مزرعه بر می گردند، بدون اینکه اینگونه فضولات هیچگونه مخاطراتی را به سبب سرشار بودن از نیتروژن و فسفر برای آلودگی آبهای سطحی ایجاد نمایند (۱).

چرخه مجدد فسفر موجود در فضولات انسانی بویژه برای سلامتی افراد اهمیت وافری دارد زیرا بشر مصرف کننده نهایی "آگرواکوسیستم ها" یا "اکوسیستم های کشاورزی" (agro-ecosystems) است. تکنولوژی مدرن مدیریت فاضلاب ها (sewage) سبب اتلاف موقت فسفر خاک بصورت سرازیر شدنشان به اقیانوس ها و یا دفن در زمین (landfills) شده اند. اینک که جمعیت بشر به شدت فزونی یافته است، اگر همچنان کاربرد فضولات انسانی را منحصر به اراضی کشاورزی کم وسعت نمایند آنگاه مازاد فسفر و ازت موجود در آنها به داخل آبهای سطحی تراوش می یابند و موجب "اوتروفیکاسیون" می شوند (۱).

همواره مسئله سلامتی انسان در موارد بکارگیری فضولات انسانی مطرح بوده است. یک راه حل سنتی برای کاهش چنین مخاطراتی این است که مثلاً مردم چین در چنین مواقعی هیچگاه از سبزیجات خام استفاده نمی کنند. مخاطرات انسانی از طریق هشدارهای همزمان بمیزان زیادی کاهش می یابند زیرا کشاورزان امروز خیلی بیشتر از گذشته نسبت به سرایت میکرب ها آگاهی دارند لذا از تماس مستقیم با فضولات انسانی اجتناب می ورزند.

بعلاوه به فضولات انسانی اجازه می دهند تا به مدت نسبتاً طولانی در مخازن تخمیر شوند و آمادگی کاربرد در مزارع و باغات را بیابند. هم زمان که کودهای شیمیایی بعنوان منابعی از عناصر غذایی نسبتاً ارزان مطرح می شوند، بکارگیری فضولات انسانی به کاهش می گراید و توالی های جریانی (flush toilet) عمومیت بیشتری می یابند. در آینده در صورتی که تمایل به بکارگیری فضولات انسانی فراتر از سطوح مزارع کوچک نرود و شیوه انباشتن فاضلاب ها توسعه بیشتری یابد آنگاه صدمات محیطی اجتناب ناپذیر می شوند و وابستگی به منابع خارجی فسفر به شدت افزایش می پذیرند (۱).

- 1) Erle , Ellis – 2001 – Using human manure "night soil" in the "Tai Lake" region of China – <http://www.agroecology.org>
- 2) Jenkins , Joseph – 1999 – Micro husbandry – The humanure handbook , chapter three (weblife.org)
- 3) Ling , Bo – 1994 – Safe use of treated night soil – <http://www.agriculturesnetwork.org> (ILEIA newsletter) : 10.3
- 4) Santaram , S.Oinam – 2008 – Traditional night – soil composting continues to bring benefits – LEISA magazine 24.2
- 5) Scheyer , J.M & et al – 2001 – Soils in low density residential areas – Agricultural Sciences , vol II
- 6) Wikipedia – 2010 – Night soil – http://en.wikipedia.org/wiki/night_soil

« گیاه پالایی و زیست پالایی : "Phytoremediation & bioremediation" »

مقدمه :

واژه "phytoremediation" از کلمات یونانی "phyto" به معنی "گیاه" و "remedium" به معنی "بازگشت به حالت عادی و متعادل" است که در رابطه با برطرف ساختن معضلات زیست محیطی (bioremediation) مطرح می گردد و ضمن آن به استفاده از گیاهان برای تسکین مشکلات محیطی بدون نیاز به گودبرداری و انتقال مواد آلوده به مکان های دیگر پرداخته می شود (۷). گیاه پالایی عبارت از بکارگیری مستقیم گیاهان زنده برای پاکسازی "درجا" یا "در محل" (in situ) آلودگی های خاک ، لجن ها ، رسوبات و آبهای زیرزمینی است و بعبارت دیگر:

گیاه پالایی شامل تخفیف غلظت مواد آلاینده (pollutants) در خاک ، آب و هوای آلوده (contaminated) به کمک گیاهان است بطوریکه مواد آلاینده ای نظیر فلزات ، آفتکش ها ، حلال ها ، نفت خام و مواد منفجره را :
الف) مشمول یا الحاق خویش می کنند (sequestration یا containe)
ب) تجزیه می نمایند (break down یا degradation)
پ) حذف می کنند (uptake یا removal یا eliminate)
ت) تبدیل می سازند (metabolism یا derivative) (۲،۷).

تکنولوژی گیاه پالایی طی ۲۰ ساله اخیر مورد توجه بسیار قرار گرفته آنچنانکه برای پالایش محل های آلوده به اورانیوم ، آرسنیک و سرب (lead) بکار گرفته شده است. این شیوه زمانی مفید واقع می گردد که محیط در شرایط طبیعی قرار داشته باشد. از معایب اساسی گیاه پالایی این است که نیازمند دوره های طولانی کاربری است و این مسئله بستگی به توانایی رشدیابی گیاهان و کامیابی آنها در شرایطی است که برای رشد عادی گیاهان نامناسب می باشند (۷).

گیاه پالایی چیست ؟

گیاه پالایی (phytoremediation) عبارت از بکارگیری گیاهان در پاکسازی آلودگی های محیطی است زیرا گیاهان قادرند به رفع بسیاری از انواع آلودگی های محیط زیست به فلزات ، آفتکش ها ، مواد منفجره و مواد نفتی کمک نمایند. گیاهان بیشترین تأثیر در رفع آلودگی ها را زمانی بروز می دهند که میزان آلودگی ها در سطح پائینی باشند زیرا غلظت های بالاتر آنها ممکن است رشد گیاهان پالاینده را محدود سازند فلذا برای رفع

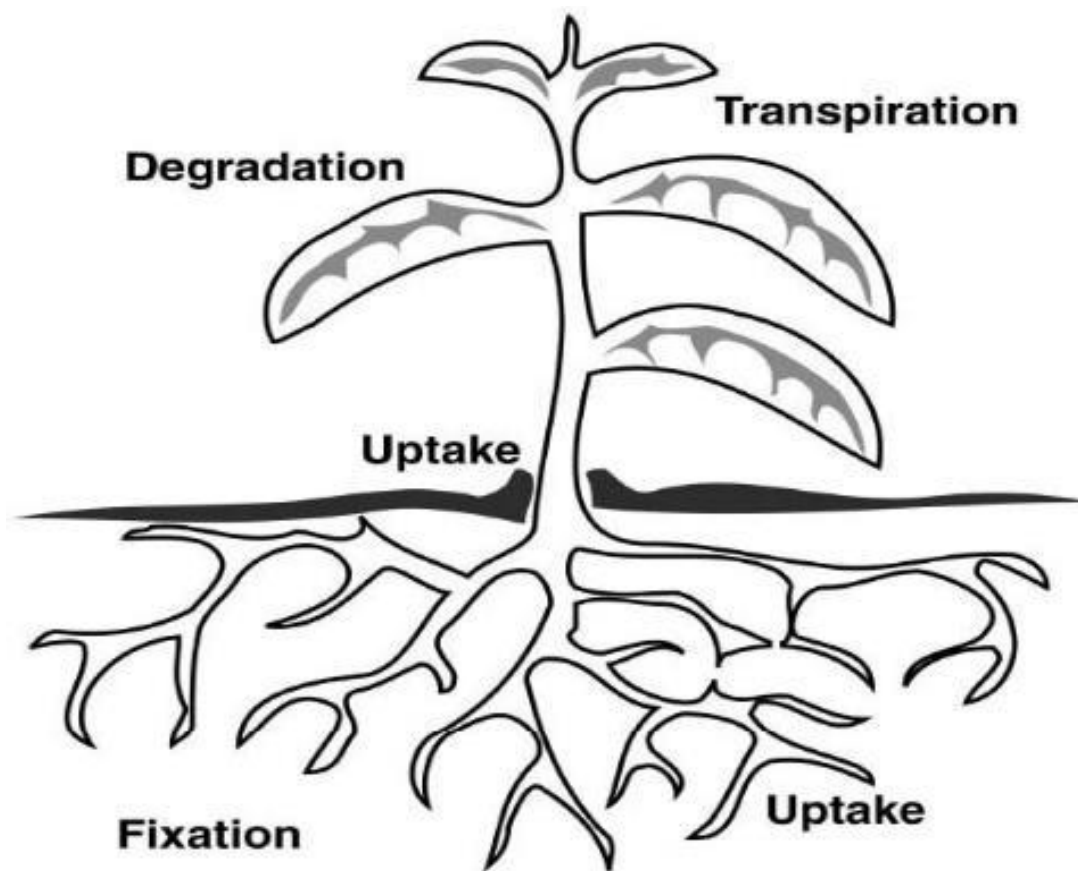
آلودگی ها از اینطریق نیازمند زمان طولانی تری می باشد. گیاهان همچنین از انتقال آلودگی ها توسط باد ، باران و جریان آبهای زیرزمینی به مناطق اطراف و یا سطوح عمیق تر خاک جلوگیری بعمل می آورند (۱).

گیاه پالایی عمدتاً منتسب به توانایی طبیعی برخی گیاهان موسوم به "سوپر تجمیع کننده ها" (hyper-accumulators) در جهت :

۱* - جمع آوری زیستی (bio-accumulate)

۲* - تجزیه (degrade = break down)

۳* - استرداد (render) آلودگی های مضر در خاک ، آب و هوا می باشد (۷).



زمان لازم برای گیاه پالایی :

گیاه پالایی ممکن است برای حذف آلودگی های یک منطقه تا چندین سال به درازا انجامد. مدت زمان لازم برای پاکسازی بستگی به چندین عامل دارد. بعلاوه تأثیر عوامل آلاینده محیط زیست از یک مکان به مکان دیگر متفاوتند.

گیاه پالایی در حالات زیر به مدت بیشتری به درازا می کشد :

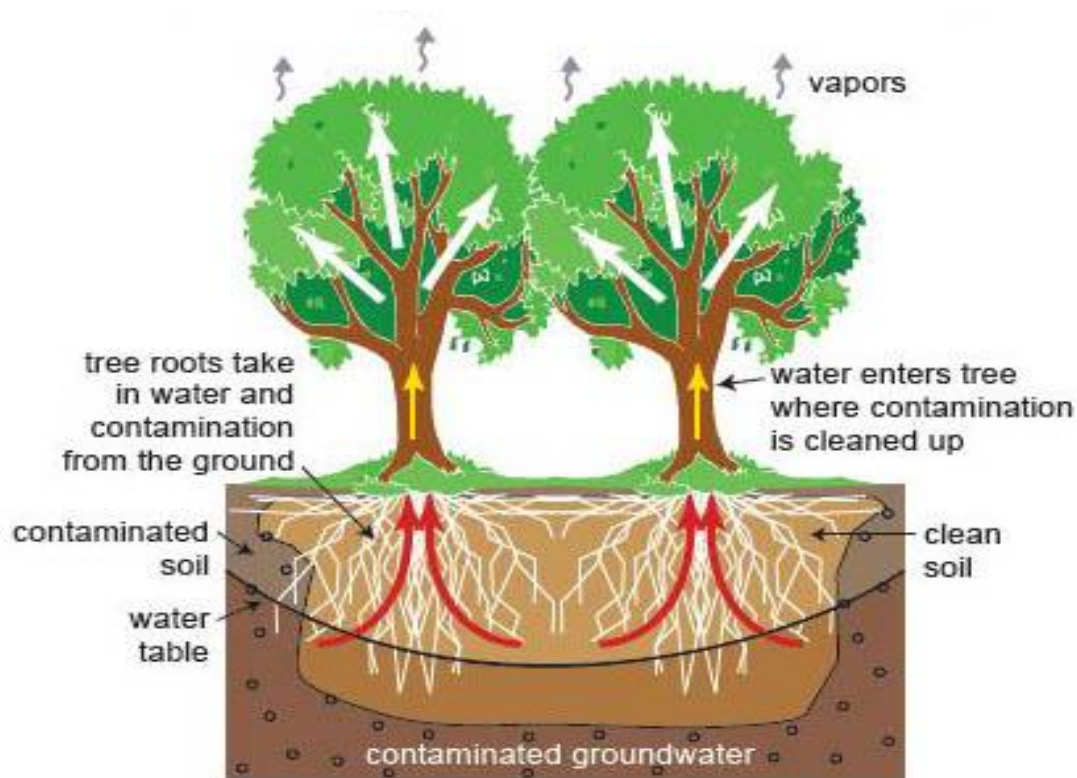
- (۱) بالا بودن غلظت آلودگی ها
- (۲) وسعت و یا عمق بیشتر مناطق آلوده
- (۳) رشد آهسته و طولانی گیاهان
- (۴) فصل رشد کوتاه منطقه (۱).

گیاهان طرح را ممکن است اجباراً جایگزین نمود زیرا اغلب آنها در اثر خسارات آفات، حیوانات و شرایط نامناسب اقلیمی صدمه می بینند که البته این موضوع نیز باعث طولانی شدن روند گیاه پالایی خواهد شد (۱).

ایمنی گیاه پالایی :

گیاه پالایی شیوه ای کم خطر و جالب توجه برای پاکسازی محیط زیست است. برای جلوگیری از تعلیف گیاهان این سیستم توسط حیوانات وحشی می توان از موانعی نظیر توری های سیمی استفاده نمود زیرا این گیاهان قاعداً دچار آلودگی می شوند.

اینگونه گیاهان در برخی موارد و در ضمن فرآیند پاکسازی به آزادکردن مواد شیمیایی بصورت بخار به داخل اتمسفر می شوند که به "تبخیر گیاهی" (phytovolatilization) معروف است. زمانیکه چنین وضعیتی حادث می شود، به نمونه برداری هوا اقدام می گردد تا از عدم تداوم آزادسازی مواد مضر و سمی بصورت بخار توسط گیاهان سیستم مطمئن شوند (۱).



علل کاربرد گیاهان پالایی :

از گیاه پالایی به دلایل و موارد مختلفی استفاده می گردد. این گیاهان از فرایندهایی نظیر گیاهان طبیعی بهره می برند لذا علاوه بر مفید بودن برای محیط زیست به کمترین نیازهای ابزاری و کارگری وابسته اند. گیاه پالایی می تواند بدون اینکه خاک ها را حفر و یا جابجا کند و نیازی به پمپاژ آبهای زیرزمینی آلوده داشته باشد، به پاکسازی آلودگی هایشان کمک نماید بنابراین بدینطریق به صرفه جویی مصرف انرژی در پالایندگی می انجامد (۱).

درختان و گیاهانی که در طرح های گیاه پالایی بکار می روند، باعث می شوند تا :

الف) فرسایش خاک کاهش یابد.

ب) بر جذابیت مکان ها افزوده گردد.

پ) از سر و صداها کاسته شود.

ت) کیفیت هوای محیط اطراف بهبود پذیرد (۱).

پرورش و در نهایت برداشت گیاهان کاشته شده از مکان های آلوده بعنوان یک شیوه پالایش آلودگی ها از جنبه های زیبایی شناختی (aesthetical) ، جذب انرژی خورشیدی و تکنیکی کنش پذیر حائز اهمیت است لذا از این روش می توان به موازات و یا گاهاً جایگزین شیوه های مکانیکی پالایش آلودگی های زیست محیطی بهره گرفت. گیاه پالایی می تواند برای پاکسازی فلزات ، آفتکش ها ، حلال ها ، نفت خام ، مواد منفجره ، هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای و ترشحات حاصل از انباشتن ضایعات بکار رود (۲).

گیاه پالایی بهترین شیوه پاکسازی آلودگی های سطحی متأثر از مواد آلی ، عناصر شیمیایی و فلزات سنگین است. گیاه پالایی برای مناطق وسیعی مناسب دارد که سایر شیوه های پالایش آلودگی ها از تأثیرات لازم برخوردار نیستند و یا پرهزینه اند نظیر مناطقی با غلظت کم آلاینده که با تیمارهای ظاهری (polishing treatment) بتوان طی یک دوره زمانی طولانی مدت در تلفیق با سایر تکنولوژی ها و با کمک گیاهان مناسب به پاکسازی آلودگی ها پرداخت (۲).



مزایا و معایب گیاه پالایی :

(# مزایای گیاه پالایی (advantages) :

(#۱ هزینه گیاه پالایی در هر دو شیوه زیر یعنی:

۱-۱ (# پاکسازی در محل اصلی (in-situ)

۱-۲ (# پاکسازی خارج از محل اصلی (ex-situ) از پروسه های مرسوم و سنتی کمتر است.

(#۲ گیاهان را می توان به آسانی کنترل نمود.

(#۳ امکان بازیافت (recovery) و استفاده مجدد (re-use) فلزات ارزشمند از طریق شرکت های تخصصی "معدن یابی گیاهی" (phyto mining) فراهم می شود.

(#۴ دارای حداقل خسارتزایی به محیط زیست است زیرا :

۴-۱ (# از موجودات زنده و طبیعی بهره می گیرد.

۴-۲ (# محیط زیست را در حالت طبیعی حفظ می کند.

(#۵ امکان بروز کمترین آلودگی های ثانویه

(#۶ حداقل ایجاد آشفته گی در محیط زیست

(#۷ قابلیت برجا گذاری خاک ها در محل اولیه

(#۸ امکان استفاده از محیط های آلوده پس از تیمار (۷،۲).

\$) محدودیت های گیاه پالایی (limitations):

- ۱) گیاه پالایی محدود به سطح زمین و عمق نفوذ ریشه ها می شود که معمولاً ۳ فوت برای پاکسازی خاک و ۱۰ فوت برای پاکسازی آبهای زیرزمینی آلوده است.
- ۲) اغلب این گیاهان بواسطه رشد آهسته و بیوماس کم نیازمند فرصت زمان طولانی هستند که معمولاً شامل چندین فصل رشد می گردد.
- ۳) سیستم های پالایش مبتنی بر گیاهان از توانایی ممانعت از فرونشست (leaching) آلودگی ها به داخل آبهای زیرزمینی بدون حذف کامل آلودگی های خاک بی بهره است.
- ۴) بقاء گیاهان طرح متأثر از میزان سمیت مواد آلاینده و شرایط خاک می باشد.
- ۵) احتمال ورود آلاینده ها بداخل زنجیره غذایی (food chain) از طریق حیوانات مصرف کننده مواد گیاهی وجود دارد. تجمع زیستی (bio-accumulation) و غلظت آلاینده ها بویژه فلزات در گیاهان پس از استفاده در زنجیره غذایی انسان از اولین سطوح مصرف کنندگان بمرور افزایش یافته و از ایمنی غذاها می کاهد .
- ۶) البته گیاهان قادرند بعنوان یک تله و یا فیلتر عمل نموده و به تخفیف یا حذف آلاینده های محیطی بپردازند و گیاه پالایی بکرات در مقیاس های کوچک بررسی شده اما کاربرد آن در سطح گسترده بسیار محدود بوده است. توسعه و پژوهش های بیشتر در زمینه های مختلف زیست پالایی می تواند بر مقبولیت و کاربردهایش جهت برچیدن آلاینده ها از آب ، خاک و هوا کمک نماید .
- ۷) محدودیت گونه های گیاهی سازگار با شرایط محیطی و آلودگی های مختلف وجود دارد (۲،۷).



انواع آلاینده های قابل پالایش گیاهی :

مواد آلاینده و سمی که از گیاهان پالاینده بعنوان "سوپر تجمیع کننده" آنها استفاده می شود عبارتند از :

۱) گروه اول شامل : آلومینیم ، نقره ، آرسنیک ، باریم ، کُرْم ، مس ، منگنز ، جیوه ، مولیبدن ، نفتالین ، سُرَب ، پالادیم ، پلاتین ، سلنیم ، روی

۲) گروه دوم شامل : نیکل

۳) گروه سوم شامل : هیدروکربن ها ، حلال های آلی و عناصر تشعشع زا (کادمیم ، سزیم ، کبالت ، پلوتونیوم ، رادیم ، استرانسیم ، اورانیوم) (۷).

غربالگري گیاهی :

غربالگري گیاهی (phyto-screening) شامل گیاهانی می شود که قادر به جابجایی (translocate) و تجمیع (accumulate) ذرات برخی از مواد آلاینده می باشند. از اینگونه گیاهان بعنوان حسگرهای زیستی (biosensors) در محیط های آلوده استفاده می کنند و به وسیله آنها در جستجوی مواد آلاینده بر می آیند . مثلاً حلال های کلره نظیر "تری کلرو اتیلین" توسط تنه درختان در غلظت های موجود در آبهای زیرزمینی جذب می شوند.

برای سهولت کاربرد "غربالگري گیاهی" به تهیه روش های استاندارد جهت استخراج بخش هایی از درختان جهت آنالیزهای آزمایشگاهی پرداخته اند. این عمل توسط متدهای ویژه از بخش های خاص درختان صورت می گیرد.

غربالگري گیاهی می تواند دقیقاً محدوده آلودگی را مشخص سازد و بدینطریق هزینه پاکسازی را کاهش دهد (۷).



Poplar trees at a phytoremediation site.

گیاهان مناسب گیاه پالایی :

برخی گیاهان در جمع آوری آلودگی های محیطی از توانایی بیشتری نسبت به سایرین برخوردارند. گیاهانی که به منظور گیاه پالایی استفاده می شوند، باید تحمل انواع و غلظت های مختلف آلودگی های موجود را داشته باشند. آنها همچنین باید بتوانند به رشد و بقاء خویش در شرایط اقلیمی محل ادامه دهند (۱).

آلاینده هایی (contaminants) نظیر فلزات ، آفتکش ها ، حلال ها ، مواد منفجره ، نفت خام و مشتقاتش در طی اجرای پروژه های گیاه پالایی در سراسر دنیا تخفیف یافته اند. در این راستا بسیاری از گیاهان از جمله : خردل (mustard) ، ترتیزک آلی (alpine pennycress) ، شاهدانه (hemp) و تاج خروس (pigweed) ثابت کرده اند که قادر به جمع کنندگی آلاینده ها و بقایای مواد سمی هستند (۷).

برخی گیاهان خانواده براسیکاسه از جمله قدومه کوهی (alpine pennycress) با نام علمی " thlaspi sp" به تجميع عناصر روي ، کادمیوم و سرب می پردازند. بعلاوه گونه های مختلف قدومه معمولی (alyssum sp) نیز به تجميع نیکل اقدام می کنند. برخی خانواده های گیاهی دیگر نیز قادر به تجميع کبالت ، مس ، کرم ، منگنز و سیلینیم هستند (۲).





«جدول ۱) مشخصات و قابلیت های گیاهان در کاربرد تکنولوژی گیاه پالایی (۳):

ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی	نام لاتین	ماده سمی قابل برداشت	کمیت تجمع
۱	علف شیشه	Verginia glasswort	Salicornia depressa	کادمیوم ، سرب	---
۲	نخل بوته ای	Palmett bush	Sabel minor	مواد نفتی	بوته ای ، متحمل
۳	بید سفید	White willow	Salix alba	گرم ، جیوه ، پلی کلرور بی فنیل (PCB) ، نقره ، تری کلرو اتیلین (TCE) ، وینیل کلراید	---
۴	بید مجنون یونانی	Niobe weeping willow	Salix alba niobe	گرم ، هیدروکربن ها ، جیوه ، حلال های آلی ، نقره	---
۵	بید مجنون طلایی	Golden weeping willow	Salix alba tristis	آرسنیک ، بنزن ، کلروفرم ، سرب ، جیوه ، نیکل ، پرکلرو اتیلین (PCE) ، فسفر ، نقره ، تولوئن ، TCE ، روی ، تریتیوم	تثبیت گیاهی ، استخراج گیاهی ، تجزیه گیاهی ، تبخیر گیاهی
۶	بید برگ باریک	Narrow leaf willow	Salix exigua	TCE	---
۷	بید ساحلی	Sandbar willow	Salix interior	PAH ، PCB (پلی سیکلیک آروماتیک هیدروکربور)	تجزیه ریشه ای
۸	بید سیاه	Black willow	Salix nigra	بنتازون ، کادمیوم ، مس ، اندوسولفان ، اتیل سولفیت ، نیکل ، PAH ، نقره ، استیرین ، TCE ، روی ، تریتیوم	تجمع ، تجزیه گیاهی ، تجزیه ریشه ای ، استخراج گیاهی

٩	بید برگ بوئی	Laurel leaved willow	Salix pentandra	آرسنیک ، کلروفرم ، سرب ، TCE ، PCE ، روی ، تریٹیوم	تثبیت گیاهی ، استخراج گیاهی ، تجزیه گیاهی
١٠	آبشار مرغزار	Prairie cascade	Salix pentaphyllum	آرسنیک ، کلروفرم ، سرب ، TCE ، PCE ، روی ، تریٹیوم	تثبیت گیاهی ، استخراج گیاهی ، تجزیه گیاهی
١١	بید هیبرید	Hybrid willow	Salix ssp	کادمیوم ، گرُم ، مس ، نیکل ، نقره ، روی ، PAH	تجزیه گیاهی ، تجزیه ریشه ای ، استخراج گیاهی
١٢	بید سیدی	Basket willow	Salix viminalis	کادمیوم ، گرُم ، مس ، سرب ، حلال های آلی ، پتاسیم ، نقره ، استرونیوم ، روی ، اورانیوم ، TCE ، PCB	سوپر جمع
١٣	سانسوریا	Snake plant	Sansevieria trifasciata	آلومینیم ، آرسنیک ، بنزن ، منوکسید کربن ، مس ، فرم الدئید ، منگنز ، تولوئن ، زایلن ، روی ، TCE	تجمع ، استخراج گیاهی
١٤	ساقه آبی	Little bluestem	Schizachyrium scoparium	مس	---
١٥	پیزر	Hardstem bulrush	Scirpus acutus	بنزن	---
١٦	گل ناز	Sedum	Sedum mexicana	مواد نفتی	متحمل
١٧	قلیونک	Bladder campion	Silene vulgaris	مس ، کادمیوم	تثبیت گیاهی ، استخراج گیاهی
١٨	ترکه طلایی	Hairy golden rod	Solidago hispida	آلومینیم ، TCE	سوپر جمع
١٩	قیاق	Johnson grass , Alepp grass	Sorghum halepense	آلومینیم ، آرسنیک ، سزیم ، مس ، هیدروکربن ها ، منگنز ، نیکل ، اورانیوم	تجمع کنندگی ، تجزیه ریشه ای
٢٠	گالی	Common bur- reed	Sparganium eurycarpum	سرب	تجمع کنندگی ، تصفیه ریشه ای
٢١	علف ریسمانی	Cord grass	Spartina foliosa	اُترازین ، مواد نفتی ، TCE	تجمع کنندگی ، تصفیه ریشه ای
٢٢	علف ریسمانی چمنزار	Prairie cord grass	Spartina pectinata	کادمیوم ، مس ، نیتروژن	---
٢٣	اسپاتی	Peace lily	Spathiphyllum wallisii	استن ، بنزن ، منو اکسید کربن ، فرم الدئید ، منگنز ، TCE	سوپر جمع
٢٤	اسپیره	Neon flash	Spirea sp	مواد نفتی	بوته ای ، متحمل
٢٥	عدسک آبی بزرگ	Giant duckweed	Spirodela polyrhiza	آلومینیم ، آرسنیک ، کادمیوم ، نیترات	سوپر جمع
٢٦	گندمک شمالی	Northern starwort	Stellaria calycantha	کادمیوم	تجمع کنندگی
٢٧	گندمک	Chickweed	Stellaria media	سزیم	تجمع کنندگی
٢٨	پرنده بهشتی	Bird of paradise	Strelitzia reginae	مواد نفتی	بوته ای ، متحمل

نحوه اجرای گیاه پالایی :

برخی گیاهان توانایی برچیدن (remove) یا تجزیه (breakdown) مواد شیمیایی مضر را از خاک زمانیکه ریشه هایشان را به داخل خاک ، رسوبات و یا آبهای زیرزمینی فرو می برند، دارا می باشند. گیاهان با استفاده از فرآیندهای طبیعی زیر می توانند آلودگی های خاک را تا حد نفوذ ریشه هایشان برطرف سازند:

- الف) ذخیره کردن آلاینده ها در پیکره ریشه ها، ساقه ها و برگ ها
- ب) تبدیل آلودگی ها به مواد شیمیایی کم ضررتر در درون پیکره گیاه و یا عموماً در منطقه حضور ریشه ها
- پ) تبدیل مواد آلاینده به بخار و رهاسازی آنها به داخل اتمسفر
- ت) جذب سطحی (adsorb = stick) ذرات آلاینده بر روی ریشه ها و قرار دادن آنها در معرض فعالیت میکروارگانیسم های تجزیه کننده ای نظیر باکتری های موجود در خاک (۱).

گیاه پالایی غالباً برای کاهش تحرک آلودگی ها بسوی آبهای زیرزمینی استفاده می شود. در این راستا درختان بعنوان پمپ عمل می کنند و آبهای زیرزمینی را از طریق ریشه ها جذب می کنند و بدین طریق از حرکت آنها به طبقات عمیق تر خاک جلوگیری می نمایند. این شیوه از گیاه پالایی خاک موسوم به "کنترل هیدرولیکی" (hydraulic control) آلودگی های زیست محیطی است. این روش از حرکت آبهای زیرزمینی آلوده به سمت مناطق غیرآلوده می کاهد (۱).

بر طبق اطلاعات حاصل از تحقیقات مختلف مرتبط با پاکسازی زیستی معلوم شده است که بهترین شرایط جهت بکارگیری زیست پالایی عبارتند از :

- ۱& مناطق وسیعی از خاک های آلوده به عمق ۰-۳ فوت
- ۲& حجم وسیعی از آبها با آلودگی کم نیازمند تیمارهای ضعیف (۲).



ایجاد اراضی مرطوب (wetland) شیوه دیگری از گیاه پالایی است. اراضی مرطوب را می توان در مناطقی که تحت تأثیر اسیدهای معدنی قرار گرفته اند، ایجاد نمود تا از طریق زهکشی به تخلیه مواد سمی به داخل سایر سیستم های مکمل پرداخته شود. آب هایی که توسط اینگونه اراضی مرطوب جمع آوری می گردند، غالباً حاوی غلظت های کمی از مواد آلاینده هستند که باید قبل از تخلیه آنها به داخل جویبارها و دریاچه ها بخوبی پالایش گردند.

اراضی مرطوب ممکن است با حفر ساختارهایی همراه باشند تا به جریان آب بدون نیاز به پمپ کردن کمک نمایند. مناطقی که تحت کشت گراس ها و یا محل رشد گیاهان طبیعی قرار دارند، به شکل گیری اراضی مرطوب کمک می نمایند (۱).

عمق آلودگی ها از دیگر عوامل مؤثر در پاکسازی آنها از محیط زیست می باشد. گیاهان کوچکی نظیر سرخس ها و گراس ها در مناطقی بمنظور گیاه پالایی استفاده می شوند که عمق آلودگی ها اندک است زیرا ریشه های درختان به اعماق خاک نفوذ می یابند. درختانی چون صنوبرها (poplars) نظیر : صنوبر ، سپیدار و تبریزی و همچنین بیدها (willows) برای گیاهان پالایی به شیوه "کنترل هیدرولیکی" و یا پاکسازی آلودگی های موجود در لایه های عمیق خاک و آبهای زیرزمینی آلوده بکار می روند (۱). گیاه پالایی را در هر کجا که خاک یا محیط آبی ایستا (static water) دچار آلودگی شوند و یا آلودگی های مزمن در حال پیشرفت باشند ، بکار می گیرند. بعنوان مثال : گیاه پالایی را در محل های جمع آوری ضایعات فلزی ، مکان های در معرض صدمات ناشی از انباشت PCB (polychlorinated biphenyl) صنایع و زمین هایی که بقایای معادن ذغال سنگ در آنجا تخلیه می شوند ، بنحو موفقیت آمیزی به اجرا گذاشته اند (۷).

Figure 5. Zinc Uptake in Eastern gamagrass (*Tripsacum dactyloides*)
Growing in Lysimeter Pots, Experimental Setup



چگونگی اثربخشی "گیاه پالایی" :

گیاه پالایی ضمن پاکسازی محیط زیست های آلوده باعث تغییرات اندکی در محل انجام پروژه ها و اجتماعات همجوار می شود. اولین تأثیرات بواسطه بکارگیری برخی ادوات جهت شیب بندی و یا شخم زدن اراضی بروز می کند. بعلاوه برای کاشتن درختان و بوته های بزرگ نیازمند چاله کن های مکانیکی (backhoes) می باشد.

ساکنین و فعالان اقتصادی مناطق مجاور اجرای طرح ممکن است از سروصدای ابزارها و یا بوی کودهای مصرفی تا حدودی ناراحت شوند. با پاشیدن آب نیز می توان از مقدار غباراتی که ممکن است در ضمن اجرای طرح ایجاد گردند، به شدت کاست. گیاهان بکار رفته می توانند بر جذابیت مکان اجرای طرح ها بیفزایند. البته بکارگیری گیاهان بومی برای گیاه پالایی در اولویت قرار دارند زیرا سازگاری بیشتری با شرایط محیطی منطقه دارند و به میزان کمتری باعث جذب آفات و حیوانات مضر می گردند (۱).

فرآیندهای مختلف گیاه پالایی :

فرآیندهای مختلفی با میانجیگری گیاهان و جلبک ها برای رفع مشکلات محیطی بشرح زیر اجرا می گردند :

(۱) استخراج گیاهی (phyto-extraction) :

استخراج گیاهی یعنی جذب و تغلیظ مواد آلاینده از محیط زیست به داخل بیوماس گیاهان (۷).

(۲) تثبیت گیاهی (phyto-stabilization) :

تثبیت گیاهی یعنی کاهش حرکت مواد آلاینده در محیط زیست . بعنوان مثال : از طریق محدود سازی فرونشست مواد سمی در خاک (۷).

(۳) تغییر فرم (phyto-transformation) و تجزیه گیاهی :

تغییر فرم گیاهی و عبارتی تجزیه گیاهی (phyto-degradation) یعنی ایجاد تغییرات شیمیایی در مواد آلاینده موجود در محیط زیست توسط متابولیسم گیاهان که منجر به :

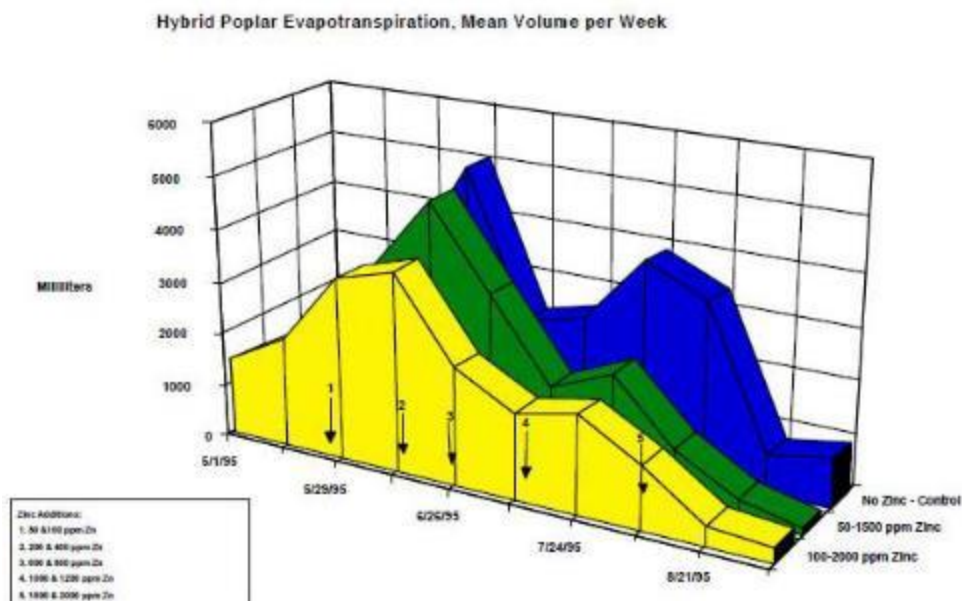
(۳-۱) غیر فعال شدن (inactivation)

(۳-۲) تجزیه گیاهی (phyto-degradation)

(۳-۳) بی تحرک سازی (immobilization = phyto-stabilization) مواد مزبور می شود (۷).

(۴) برانگیزش گیاهی (phyto-stimulation) :

برانگیزش گیاهی یعنی افزایش فعالیت های میکربی خاک بمنظور تجزیه آلاینده ها بویژه ارگانیزم هایی که با ریشه ها وابستگی و مشارکت برقرار می سازند. این فرآیند اغلب موسوم به "تجزیه رایزوسفری" (rhizosphere degradation) یا "تجزیه ریشه ای" (rhizo-degradation) می باشد. این شیوه از گیاه پالایی همچنین می تواند مبتنی بر گیاهان آبی (aquatic) باشد که حمایتگر فعالیت جمعیت میکربی خاک در جهت تجزیه مواد سمی نظیر تسریع تجزیه علف کش آترازین توسط گیاه "کاشم" (hornwort) با نام علمی "ceratophyllum demersum" است (۷).



۵) تبخیر گیاهی (phyto-volatilization) :

"تبخیر گیاهی" یعنی حذف مواد آلاینده موجود در آب و خاک سپس آزادسازی آنها در اتمسفر به حالتی که :

۵-۱) تبخیر شوندگی بیشتر

۵-۲) آلاینده‌گی کمتری ایجاد کنند (۷).

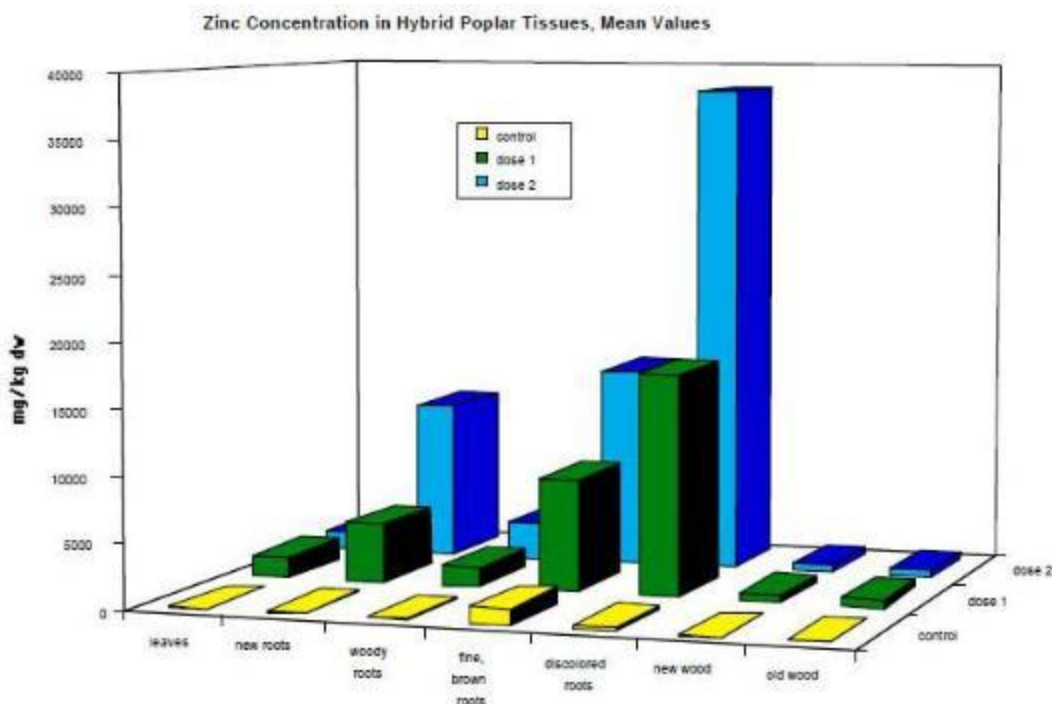
۶) فیلتراسیون ریشه ای (rhizo-filtration) :

فیلتراسیون ریشه ای یا غربالگری گیاهی (phyto-screening) یعنی تصفیه آب به طریق عبور دادن آن از

میان توده ریشه ها بمنظور حذف :

۶-۱) مواد سمی و

۶-۲) عناصر معدنی آزاد (۷).



استخراج گیاهی :

فرآیند استخراج گیاهی (phyto-extraction) یا تجمع گیاهی (phyto-accumulation) به کمک گیاهان یا جلبک ها برای حذف آلاینده ها از خاک ، رسوبات و آبهای آلوده به داخل بیوماس قابل برداشت گیاهان صورت می گیرد. در این راستا از موجودات زنده ای از جمله گیاهان بهره می گیرند که توانایی جذب مقادیر بیشتری از مواد آلاینده را نسبت به سایرین دارند و موسوم به "سوپر تجمع کننده ها" (hyper-accumulators) هستند (۷).

فرآیند استخراج گیاهی طی ۲۰ ساله اخیر مورد توجه واقع گردیده و در سراسر جهان بکار گرفته شده است. عموماً از این فرآیند در جهت استخراج فلزات سنگین موجود در خاک در قیاس با مواد آلی استفاده می گردد. زمانیکه مواد آلاینده توسط گیاهان از محیط جذب می شوند آنگاه غلظت آنها بنحو بارزی در حجم کوچک ساختار گیاهی بمیزان بسیار بیشتر از خاک یا رسوبات می شود (۷).

استخراج گیاهی و عبارتی تجمع گیاهی منتسب به جذب آلاینده های فلزی در خاک توسط ریشه گیاهان و انتقال آنان به داخل بخش های فوقانی گیاه است. برخی گیاهان موسوم به "سوپر تجمع کنندگان" بصورت غیر معمول به جذب مقدار فراوانی از فلزات در مقایسه با سایر گیاهان می پردازند. بنابراین یک نوع یا ترکیبی از این گیاهان را در یک مکان آلوده به فلزات و بر اساس نوع آلودگی و شرایط منطقه ای غرس می کنند و اجازه می دهند تا چندین هفته یا چند ماه رشد یابند آنگاه آنها را برداشت نموده و بطریق خاکستر کردن و یا کمپوست سازی به بازیافت فلزات محتوی آن می پردازند . این عملیات در صورت لزوم مجدداً تکرار می گردد تا زمانیکه مقدار آلاینده ها به حد مجاز تقلیل یابند. در مواردی که گیاهان تبدیل به خاکستر شوند، باید

خاکسترهای سمی را در محل متروکه ای دفن نمود اما حجم خاکستر باید کمتر از درصد حجمی باشد که در صورت کندن خاک آلوده حاصل می‌گشت (۲).

معدن یابی با گیاهان (phyto-mining) نیز بواسطه قابلیت استخراج برخی گیاهان تحقق یافته است زیرا گیاهان مواد آلاینده را از طریق سیستم ریشه ای جذب می‌کنند و آنها را در بیوماس ریشه ها ذخیره می‌سازند و یا به داخل ساقه ها و برگ ها منتقل می‌نمایند. یک گیاه زنده به روند جذب مواد آلاینده تا زمان برداشت ادامه می‌دهد ولیکن مقادیری از آلاینده ها پس از برداشت گیاهان نیز همچنان در خاک باقی می‌مانند. بدین‌طریق سیکل رشد و برداشت گیاهان مرتباً تا زمانی ادامه می‌یابد که پاکسازی آلاینده ها پس از چند محصول بنحو بارزی کاهش یابد. بعد از فرآیند پالایش خاک می‌توان آنرا به رویش سایر گیاهان اختصاص داد (۷).

مزایای استخراج گیاهی :

۱) اولین و اصلی ترین فائده استخراج گیاهی عبارت از سازگاری آن با محیط زیست است. شیوه های سنتی که برای زدودن فلزات سنگین آلاینده خاک بکار می‌روند، جملگی موجب گسیختگی ساختمان خاک می‌گردند و از باروری اراضی می‌کاهند درحالی‌که استخراج گیاهی می‌تواند به تصفیه خاک بدون هیچگونه خسارت به کیفیت آن بینجامد.

۲) دومین فائده استخراج گیاهی این است که نسبت به سایر روش های پاکسازی خاک ارزان تر است (۷).

معایب استخراج گیاهی :

این فرآیند توسط گیاهان کنترل می‌گردد لذا نسبت به سایر روش های ابداعی (anthropogenic) بشر نیازمند دوره زمانی طولانی تری است (۷).

مدل های استخراج گیاهی :

استخراج گیاهی به دو روش اجرا می‌گردد :

الف) سوپر تجمع طبیعی (natural hyper-accumulation):

در این روش بدون هیچگونه همدستی و مشارکت به جذب آلاینده های خاک اقدام می‌شود (۷).

ب) سوپر تجمع مساعدتی (assisted hyper-accumulated induced) :

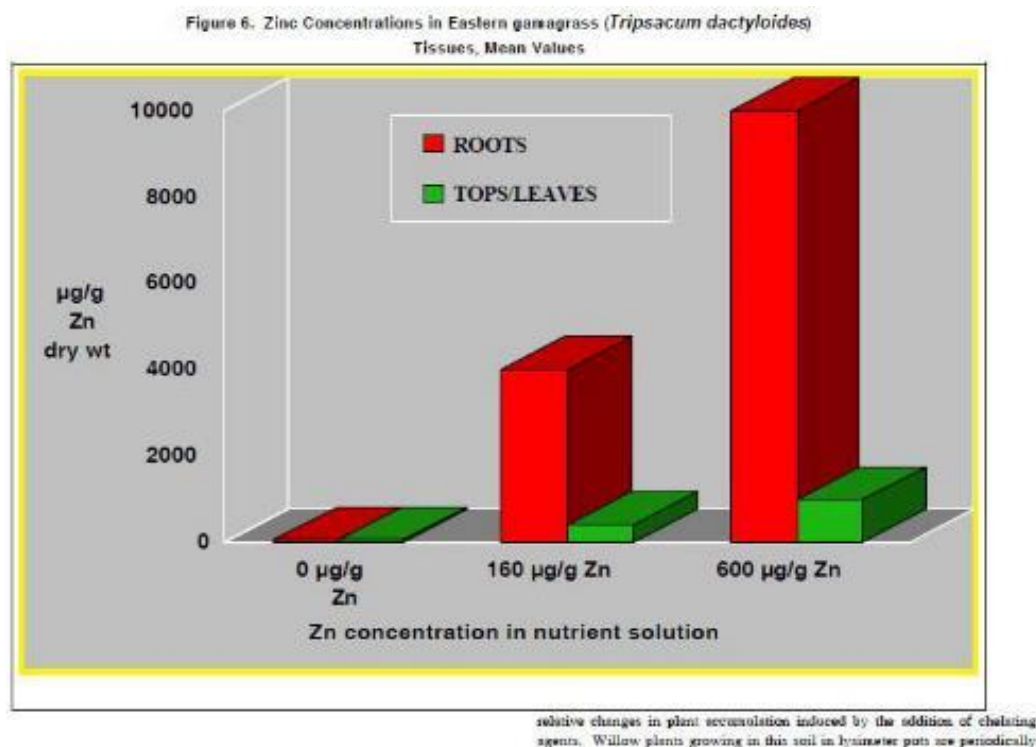
در این روش اقدام به افزودن یک عامل افزایش دهنده حلالیت (solubility) یا تحرک بخش (mobilization) نظیر "شلات سازها" (chelators) به خاک می‌نمایند تا بر توانایی گیاهان در جذب مواد آلاینده اضافه گردد. در بسیاری از موارد کاربرد "سوپر تجمع طبیعی" از گیاهان موسوب به "فلزدوست" (methallophyte) بهره می‌گیرند که تحمل و همراهی مناسبی با سطوح بالای فلزات سمی دارند (۷).

نمونه هایی از کاربرد استخراج گیاهی در پاکسازی محیط :

۱ & - استخراج گیاهی آرسنیک (arsenic) :

برای کاهش غلظت این عنصر در خاک می‌توان از گیاهانی نظیر :

الف) آفتابگردان (*sunflower*) با نام علمی "*helianthus annus*"
 ب) "سرخس بیشه" چینی (*Chinese brake fern*) با نام علمی "*pteris vittata*"
 استفاده نمود زیرا گیاه سرخس اقدام به انباشتن قابل توجهی از آرسنیک در برگ هایش می نماید (۷).



۲&- استخراج گیاهی کادمیوم (cadmium) :

برای کاهش آلودگی به این عنصر می توان از درخت بید (*willow*) با نام علمی "*salix viminalis*" بهره گرفت.
 یک پژوهش در سال ۱۹۹۹ میلادی نشان داد که درخت بید بنحو معنی داری پتانسیل استخراج گیاهی عناصری چون کادمیوم ، روی و مس را دارد.
 درخت بید همچنین حائز ویژگی خاصی چون ظرفیت بالای انتقال فلزات سنگین از ریشه ها به ساقه ها و تولید مقادیر زیاد بیوماس است که می تواند برای تولید انرژی زیستی (*bio-energy*) در نیروگاه های تولید برق از بیوماس بکار گرفته شوند (۷).

۳&) استخراج گیاهی روی :

برای کاهش غلظت روی و کادمیوم می توان از ترتیزک آلپی (*alpine pennycress*) که یک جمع آوری کننده پُر قدرت فلزات در سطوح سمیت برای اکثر گیاهان است، بهره گرفت. از طرف دیگر بنظر می رسد که حضور مس می تواند بر رشد گیاهان مذکور آسیب برساند (۷).

۴& استخراج گیاهی سُرَب :

برای کاهش غلظت این عنصر می توان از گیاهان زیر استفاده نمود زیرا آنان نسبت به توقیف عنصر سُرَب در بیوماس اقدام می کنند :

الف- خردل (mustard) با نام علمی "brassica juncea"

ب - ارجی (ragweed) با نام علمی "Ambrosia artemisiifolia"

پ - استبرق (hemp dogbane) با نام علمی "Apocynum"

ت - درخت صنوبر (poplar tree) (۷).

۵& استخراج گیاهی نمک :

گیاهانی نظیر جو و چغندر قند بعنوان گیاهان نیمه هالوفیت غالباً برای جداسازی کلراید سدیم (نمک طعام) جهت احیاء (reclaim = amend) مزارعی که در معرض غرقاب با آب دریا واقع بوده اند ، استفاده می شوند (۷).

۶& استخراج گیاهی سزیم و استرانتیم :

این عناصر پس از حادثه چرنوبیل توسط آفتابگردان از مکان های آلوده حذف گردیدند (۷).

۷& استخراج جیوه ، سلیوم و آلاینده های آلی :

جیوه ، سلیوم و آلاینده های آلی نظیر PCB (پلی کلرینات بی فنیل) از خاک های آلوده توسط گیاهان تراریخته (transgenic) که حاوی ژن هایی جهت تولید آنزیم های باکتریایی هستند ، حذف می گردند (۷).

تثبیت گیاهی :

تثبیت گیاهی (phyto-stabilization) عبارت از کاربرد برخی گونه های گیاهی برای کاهش تحرک (immobilize) آلاینده ها در خاک و آبهای زیرزمینی از طریق جذب داخلی (absorption) و تجمع آنان در ریشه ها ، جذب سطحی (adsorption) بر روی ریشه ها و یا رسوب دادن (precipitation) آلاینده ها در ناحیه نفوذ ریشه ها می باشد. این فرآیند موجب کاهش تحرک آلاینده ها و جلوگیری از مهاجرت (migration) آنها به داخل آبهای زیرزمینی و هوا می باشد تا از این طریق باعث کاهش قابلیت دسترسی آلاینده ها جهت ورودشان در زنجیره غذایی شوند (۲).

این تکنیک می تواند برای استقرار مجدد پوشش گیاهی در مکان های آلوده ای بکار گرفته شود که گیاهان بومی معمولی به دلیل غلظت زیاد فلزات در سطح خاک و یا ایجاد آشفستگی در سطح الارض خاک از بین رفته اند. گونه های گیاهی متحمل حضور فلزات را می توان برای تجدید سبزینگی مکان های آلوده استفاده نمود تا موجب کاهش پتانسیل مهاجرت آلاینده ها از طریق فرسایش بادی ، حمل خاک سطحی بی حفاظ و نشت آلودگی خاک به درون آبهای زیرزمینی گردند (۲).

تثبیت گیاهی برای تثبیت طولانی مدت و یا محدودسازی فعالیت مواد آلاینده بکار می رود . بعنوان مثال : حضور گیاهان می تواند :

الف) از فرسایش بادی بکاهند .

ب) ریشه های گیاهان مانع فرسایش آبی می شوند .

پ) از تحرك مواد آلاینده بر اثر جذب سطحی (adsorption) کاسته می گردد .

ت) با جذب داخلی مواد آلاینده (absorbtion) و تجمع آنها در بافت ها مانع گسترش مواد آلاینده می گردند.

ث) محیط اطراف ریشه شرایط را برای رسوب (precipitate) و تثبیت (stabilize) مواد آلاینده فراهم می سازد(۷).

شیوه "تثبیت گیاهی" برخلاف روش "استخراج گیاهی" اصولاً بر توقیف (sequestering) مواد آلاینده در محدود ریشه ها تمرکز دارد اما آنها را وارد بافت گیاهی نمی نمایند. بدینگونه آلاینده ها قابلیت دستیابی زیستی (bioavailable) کمتری می یابند و تا حدود زیادی از دسترس انسان ، دام ها و حیات وحش دور می شوند. نمونه هایی از اینگونه کاربردها بصورت ایجاد پوشش سبزینگی برای تثبیت و محدودسازی ضایعات معادن (mine tailing) استفاده می گردند (۷).



تغییر شکل یا تجزیه گیاهی :

تغییر شکل گیاهی و عبارتی تجزیه گیاهی شامل تجزیه آلاینده هایی است که ابتدا توسط گیاهان جذب می شوند و سپس از طریق فرآیندهای متابولیسمی در پیکره گیاهان بکار گرفته می شوند و یا در اثر ترکیبات درونی گیاهان نظیر آنزیم ها تجزیه می گردند. آلاینده های تجزیه شده در ساختار بافت های گیاهی مشارکت می جویند و بسان عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان بکار می روند (۲).

در صورت بروز آلودگی مواد آلی نظیر : آفتکش ها ، حلال ها ، مواد منفجره ، مواد شیمیایی صنعتی و دیگر مواد آنتی زیست (xenobiotec) آنگاه برخی گیاهان نظیر گل اختر (canna) می توانند آنها را از طریق واکنش های متابولیسمی به مواد غیر سمی تبدیل کنند.

در حالت دیگر، میکروارگانیسم هایی که بصورت وابستگی (associate) با ریشه گیاهان هستند، ممکن است به متابولیسم اینگونه مواد در خاک یا آب بپردازند (۷).

باید توجه داشت که ترکیبات پیچیده و بادوام را نمی توان به کمک گیاهان به مولکول های پایه ای نظیر آب و CO₂ تجزیه نمود لذا از طریق "تغییر شکل گیاهی" به تغییر ساختار شیمیایی آنها بدون تجزیه کامل مولکولی اقدام می شود.

مقوله "مدل کبد سبز" (green liver model) برای تشریح "تغییر شکل گیاهی" بکار می رود زیرا گیاهان در زمان مواجهه با ترکیبات خارجی و آلاینده ها متشابه کبد انسان عمل می کنند.

بعد از جذب مواد "آنتی زیست" آنگاه آنزیم های گیاهی باعث افزایش قطبیت (تضاد) اینگونه مواد از طریق افزایش گروه های فعالی نظیر گروه هیدروکسیل (-OH) می شوند. این موضوع با عنوان فاز I متابولیسم شناخته می شود و مشابه شیوه ای است که کبد انسان برای متابولیسم داروها و ترکیبات خارجی با افزایش قطبیت آنها اجرا می کند.

درحالیکه آنزیم های کبد انسان مثل "cytochrome P450" مسئول آغاز واکنش ها است اما در گیاهان آنزیم هایی نظیر "nitroreductase" عهده دار اعمال مشابه می باشند.

در مرحله دوم "تغییر شکل گیاهی" موسوم به فاز II متابولیسم، مولکول های زیستی (biomolecules) گیاه نظیر گلوکز و آمینواسیدها به ماده آنتی زیست اضافه می گردند تا با اتصال به آن (conjugation) باعث افزایش قطبیت اینگونه مواد شوند. این موضوع نیز مشابه فرایندهای کبد انسان است که ضمن آن مولکول های گلوکز (glucuronidation) و اسید آمینه گلوتامین (glutathione) افزایش می یابند تا واکنش های مرکزی مولکول آنتی زیست وقوع یابند. واکنش های فاز I و II باعث افزایش قطبیت مولکول های آلاینده ها و در نتیجه کاهش سمیت چنین ترکیباتی می شوند، گرچه استثنائاتی نیز در این مورد وجود دارند (۷). بدین ترتیب افزایش قطبیت مولکول های آلاینده باعث افزایش سرعت انتقال آنها در راستای مجاری ابدار (aqueous) می شود. مرحله نهایی "تغییر شکل گیاهی" (فاز III متابولیسم) سبب توقیف مواد آنتی زیست در درون پیکره گیاه می گردد.

پلیمر از مواد آنتی زیست به شیوه لیگنین عمل می کند و باعث شکل گیری ساختارهای پیچیده ای می شود که در پیکره گیاهان توقیف می گردند. بدین طریق اطمینان حاصل می گردد که مواد آنتی زیست به شکل بی خطر ذخیره می شوند و هیچگونه تأثیرات زیان آوری بر گیاهان وارد نمی سازند. البته مطالعات اولیه نشان می دهند که این گیاهان می توانند برای حیوانات کوچک نظیر حلزون ها سمی باشند از اینرو باید گیاهان درگیر در طرح های "تغییر شکل گیاهی" را در محیط های محدود حفاظت نمود تا بمرور از سمیت مواد موقوف شده آنها کاسته شود. تاکنون "تغییر شکل گیاهی" مولکول TNT یا "Trinitrotoluene" بخوبی تحت بررسی قرار گرفته و مسیرهایی برای تغییر شکل آن پیشنهاد شده اند (۷).

نقش مهندسي ژنتيك در تغيير شكل گياهي :

برنامه هاي اصلاحي و مهندسي ژنتيك از شيوه هاي مؤثر در ايجاد قابليت هاي "تغيير شكل گياهي" بصورت طبيعي است و بدينگونه توانايي هاي جديدي را در اختيار گياهان قرار مي دهند. ژن هايي كه در "تغيير شكل گياهي" بكار گرفته مي شوند ، ممكن است از ميكروارگانيزم ها و يا گياهان حاوي آنها به ساير گياهاني كه سازگاري بيشتري با شرايط اقليمي محيط هاي آلوده دارند ، اتخاذ شوند. بعنوان مثال : ژن هاي كدكننده "نيترو رداكتاز" (nitroreductase) را از باكتريها به داخل گياه توتون منتقل ساخته اند تا قادر به مقاومت در مقابل اثرات سميت TNT و حذف آن باشد (۷).

پژوهندگان همچنين مكانيزمي را در گياهان كشف نموده اند كه به آنها اجازه مي دهد تا در خاك هايي رشد يابند كه براي ساير گياهان عادي مرگ آور هستند. برخي تركيبات طبيعي و قابل تجزيه زيستي نظير "پلي آمين هاي برون ريز" (exogenous) به گياهان اجازه مي دهند تا در شرايطي با آلايندگي ۵۰۰ برابر توانايي رشد گياهان عادي زندگي كنند و به جذب مواد آلاينده پردازند (۷).



برانگيزش گياهي تجزيه رايوسفري :

"تجزيه رايوسفري" موسوم به عباراتي نظير "تجزيه زيستي رايوسفري" (rhizosphere bio-degradation) ، "انگيزش گياهي" (phyto-stimulation) يا "پالايش/تجزيه زيستي" با كمك گياهان (plant-assisted bioremediation) در راستاي تجزيه آلاينده ها در خاك از طريق فعاليت هاي ميكربي صورت مي گيرد. "تجزيه زيستي" با افزايش حضور ميكروارگانيزم ها در رايوسفر وابسته است وليكن اين فرآيند بهر حال بسيار كندتر از تجزيه گياهي است (۲).

گیاه پالایی فراگیرنده کلیه اثرات گیاهان شامل : فرآیندهای بیولوژیکی ، شیمیایی و فیزیکی است که به جذب ، تجزیه و متابولیسم آلاینده ها توسط گیاهان یا میکروارگانیسم های آزادی حاضر در منطقه رایزوسفر کمک می کنند. گیاهان و باکتری ها می توانند بشکل ویژه ای بهم وابسته باشند زیرا گیاهان به تأمین منابع غذایی حاوی کربن برای باکتری ها می پردازند تا آنها به کاهش سمیت آلاینده های موجود در خاک اقدام نمایند. فعالیت باکتری ها باعث تجزیه مواد آلاینده می شود و آنها را بشکل غیر سمی و قابل دستیابی گیاهان در می آورند لذا افزایش فعالیت باکتری ها به افزایش همکاری گیاهان با آنها می انجامد (۲).

میکروارگانیسم ها شامل مخمرها ، قارچ ها و باکتری ها به مصرف و هضم مواد آلی می پردازند و از آنها بعنوان عناصر غذایی جهت تولید انرژی بهره می گیرند. برخی میکروارگانیسم ها قادر به هضم مواد آلی نظیر مواد نفتی و حلال ها هستند که برای سلامتی انسان ها زیانبخش می باشند. آنها چنین موادی را تجزیه نموده و به مواد بی ضرر تبدیل می کنند (۲).

برخی مواد طبیعی نظیر قندها ، الکل و اسیدها که توسط ریشه های گیاهان آزاد می شوند، حاوی کربن آلی هستند که تأمین کننده مواد غذایی برای میکروارگانیسم های خاک هستند و مواد غذایی کافی را برای افزایش فعالیت های میکروبی فراهم می سازند (۲).

تجزیه زیستی همچنین به شل شدن خاک ها کمک می کند تا آب بخوبی در آن جابجا شود (۲).

گیاهان سوپر تجمع کننده :

"سوپر تجمع" (hyper-accumulation) به گیاهانی اطلاق می گردد که بتوانند به جمع آوری مواد آلاینده ای که در حداقل غلظت قرار دارند ، پردازند. بعنوان مثال بتوانند بیش از ۱۰۰۰ میلیگرم در هر کیلوگرم وزن خشک خویش از نیکل ، مس ، کبالت ، کرم و سرب و همچنین بیش از ۱۰ هزار میلیگرم بر کیلوگرم وزن خشک از عناصر روی و منگنز جمع آوری کنند.

این توانایی برای تجمع مواد سمی بواسطه "فوق تحمل" (hyper-tolerance) یا "تحمل گیاهی" (phyto-tolerance) آنان است که در طی تکامل نسل ها به سازگاری گیاهان در محیط های نامساعد و متخاصم منجر گردیده است (۷).

تجمع مواد فلزی در گیاهان می تواند باعث بروز برخی اثرات زیستی متقابل بشرح زیر گردد :

الف) محافظت (protection)

ب) اخلاص در زندگی گونه های مختلف گیاهان مجاور

پ) همیاری (mutualism) شامل :

پ۱) مایکورریزا (mycorrhizae)

پ۲) گرده افشانی (pollination)

پ۳) پراکنش بذور (seed dispersal)

ت) هم سفرگی (commensalism)

ث) "غشاء زیستی" (biofilm) (۷).



"تبخیر گیاهی" یا "فراریت گیاهی" :

"تبخیر گیاهی" یا "فراریت گیاهی" (phyto-volatilization) عبارت از جذب و تعرق آلاینده ها توسط گیاهان با آزادسازی مستقیم و یا پس از تغییر شکل آلاینده ها به اتمسفر است. فراریت گیاهی ضمن مراحل رشد گیاهان از جمله درختان همگام با جذب آب حاوی مواد آلاینده صورت می پذیرد. برخی از این آلاینده ها قادرند از پیکره گیاهان عبور نموده و خود را به برگ ها برسانند سپس به صورت تبخیر در غلظت های بسیار پائین وارد اتمسفر شوند (۲).

فیلتراسیون گیاهی :

درختان می توانند آب و مواد غذایی مورد نیازشان را از سفره های آب زیرزمینی تأمین کنند زیرا به کمک سیستم ریشه ای گسترده و مشبک (plume) خویش به پمپاژ آب های زیرزمینی آلوده می پردازند (۲).

فیلتراسیون ریشه ای از طریق جذب سطحی (adsorption) آلاینده ها یا رسوب دادن آنها بر روی ریشه ها و یا جذب داخلی آلاینده هایی که بصورت محلول در محوطه اطراف ریشه ها حضور دارند ، صورت می پذیرد. گیاهانی که برای پاکسازی از این طریق بکار می روند باید بتوانند به کمک ریشه هایشان در شرایط گلخانه ای در داخل محیط آبی بسان محیط های خاکی رشد کنند لذا پس از دوره "انس پذیری" "acclimate" گیاهان همزمان که ریشه ها بزرگتر می شوند و توسعه می یابند آنگاه آبهای آلوده را از محیط پیرامون ریشه ها جمع آوری و به درون پیکره گیاه می برند تا جایگزین منابع آب مورد نیاز گیاه گردند. این گیاهان سپس در محیط های آلوده کاشته می شوند تا به ادامه جذب آب و آلاینده ها بموازات همدیگر پردازند. همچنان که ریشه ها

از آلاینده ها اشباع شدند، باید گیاهان را از ریشه برداشت نموده و از طریق خاکستر کردن و یا کمپوست نمودن به چرخه آلاینده ها کمک نمود (۲).

کاربرد گیاهان برای پالایش آبهای زیرزمینی :

کاربرد گیاهان جهت پالایش آلاینده های زیست محیطی یا "گیاه پالایی" یکنوع تکنولوژی نوظهور برای حذف آلودگی خاک ها، آبهای زیرزمینی و فاضلاب های شهری است که نیازمند تکنولوژی نازل و هزینه اندکی می باشد. در این سیستم از گیاهان سبز از جمله : گراس ها ، پهن برگ ها (forbs) و گونه های چوبی برای حذف ، الحاق و نگهداری آلودگی های محیطی نظیر : فلزات سنگین، عناصر غذایی گیاهان ، ترکیبات آلی و مواد رادیواکتیو موجود در آب و خاک استفاده می شود (۵).

بسیاری از فاضلاب های خطرناک، خاک ها و آبهای آلوده ای که نیازمند پاکسازی هستند، حاوی ترکیبات متنوعی از آلاینده ها با ترکیبات پیچیده و غلظت های مختلف می باشند. این مواد می توانند شامل : نمک ها، مواد آلی، فلزات سنگین، عناصر غذایی کم مصرف گیاهان (trace elements) و ترکیبات رادیواکتیو باشند. پاکسازی همزمان آلاینده های مخلوط و چندگانه با استفاده از مواد شیمیایی مرسوم و شیوه های دمایی دارای مشکلات تکنیکی و غالباً پُر هزینه است. ضمن اینکه روش های مذکور به ترکیبات زیستی خاک صدمه می رسانند درحالیکه گیاه پالایی بعنوان یک تکنولوژی نوین جهت پاکسازی آلودگی آبها، خاک ها و فاضلاب ها نیازمند کمترین هزینه و ابزارهای پیشرفته است (۵).

گیاه پالایی را بکارگیری حسابگرانه گیاهانی نظیر : گراس ها، پهن برگ ها و گیاهان چوبی جهت حذف، الحاق و نگهداری آلاینده های محیطی خطرناک نظیر : فلزات سنگین، عناصر غذایی گیاهان، مواد آلی و ترکیبات رادیواکتیو موجود در آب و خاک می دانند. این تعریف شامل تمامی گیاهانی می شود که با تأثیرات بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی به : جذب ، الحاق (کمپلکس سازی) ، تجزیه (فساد) و متابولیسم آلاینده ها توسط گیاهان و یا ارگانیزم های آزادی مستقر در ریزوسفر گیاهان کمک می کنند (۵).

گیاه پالایی از توانایی گیاهان در موارد زیر بهره می جوید :

۱(\$ جذب یکنواخت و یا انتخابی گیاهان توسط سیستم ریشه ای (uptake)

۲(\$ تغییر مکان و موقعیت مواد (translocation)

۳(\$ تجمع زیستی عناصر (bioaccumulation)

۴(\$ ذخیره سازی/تجزیه آلاینده ها در پیکره گیاهان (۵).

سیستم های پالایش خاک مبتنی بر گیاهان می تواند از طریق سیستم های زیر و به کمک سیستم گسترده ریشه ها به بهبود اکوسیستم های خاک و آب جهت بهره برداری مجدد آنها کمک نمایند :

& ۱) سیستم بیولوژیکی (biological)

& ۲) سیستم "رانش خورشیدی" (solar-driven)

& ۳) پمپاژ و بهبود (pump & treat) (۵).



نمونه هایی از سیستم ساده گیاه پالایی برای سال ها جهت طراحی پارک های باتلاقی (constructed wetlands) به کمک گیاه "دُم گربه ای" (cattail) و بمنظور رفع مواد معدنی اسیدی و یا فاضلاب های شهری استفاده شده اند. هنگامی که از گیاهان برای گیاه پالایی آلودگی های ناشی از فلزات سنگین و یا ذرات پرتوزا (radio nuclides) استفاده می گردد آنگاه آلاینده های غیر آلی در بیوماس گیاهان با غلظت زیاد تجمع یافته و آنها را بحالت "معادن زنده" (biomine) در می آورند.

برای بهبود خاک هایی که توسط مواد آلی سمی آلوده گردیده اند نیز می توان از گیاه پالایی بهره گرفت بطوریکه گیاهان ضمن آن به جذب آلاینده های آلی و یا معاونت در تجزیه آنها اقدام می کنند. برخی محصولات گیاهی بعنوان "سوپر تجمع کننده ها" قادرند از غلظت مواد سمی آلی و غیر آلی خاک بکاهند و آنها را بشکلی در آورند که برای محیط زیست قابل قبول و غیر سمی باشند. گیاهان توانایی تجزیه ترکیبات آلی سمی و یا بکارگیری آنها در ترکیبات زیستی خویش را دارند لذا بدین طریق به مدیریت خسارتزایی ضایعات محیط زیست می پردازند (۵).

گیاهان مورد استفاده در پروژه های گیاه پالایی را برای رفع آلودگی فاضلاب ها (waste water) در بسترهایی از مواد گرانوله راکد (inert) نظیر شن یا سنگریزه های نخودی به شیوه هیدروپونیک (hydroponic) و یا آیروپونیک (aeroponic) پرورش می دهند آنگاه فاضلاب ها را که ممکن است در صورت ضرورت با عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان تقویت شوند، بصورت نشتی (trickles) از طریق بسترهای فوق الذکر در اختیار ریشه گیاهان قرار می دهند تا در نقش تصفیه کنندگان بیولوژیک به جذب آلاینده ها بپردازند.

بعلاوه از فواید گیاه پالایی فاضلاب ها اینکه بنحو قابل ملاحظه ای از حجم فاضلاب ها در اثر تبخیر و تعرق گیاهان کاسته می شود.

گرچه گیاه پالایی یک نوشدارو و اکسیر برای علاج تمامی آلودگی های زیست محیطی نیست ولی بخوبی می تواند در خاک هایی با نفوذپذیری کم در تلفیق با روش های پاکسازی مرسوم چون "تکنولوژی مهاجرت الکرونی" (electromigration) و "مهاجرت کف" (foammigration) بکار گرفته شود (۵).

گیاه پالایی در شرایط مناسب می تواند بعنوان جایگزین بسیاری از تکنولوژی های خشن و تهاجمی نظیر:

* (۱) سوزاندن و خاکستر کردن (incineration)

* (۲) تبخیر دمایی (thermal vaporization)

* (۳) شستشو با حلال ها (solvent washing)

برای پاکسازی خاک ها گردد زیرا اغلب شیوه های خشن باعث تخریب ترکیبات بیولوژیکی خاک می شوند و بواسطه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خویش بنحو مؤثری به شکل گیری ضایعات جامد غیرزیستی می انجامند. روش گیاه پالایی حقیقتاً برای خاک سودمند است و به اصلاح آن ختم می گردد همچنین اکوسیستم خاک را فعال می سازد. ضمن اینکه در حدود 1/10 تکنولوژی های سازگار فعلی هزینه بر می دارند (۵).

اهداف زیر برای اجرای پروژه های گیاه پالایی متصور هستند:

۱) شناسایی بهترین گونه های گیاهی سازگار برای جذب، الحاق و یا تجزیه آلاینده ها و ارزیابی این گونه ها در آزمایشات گلخانه ای و مزرعه ای

۲) شفاف سازی مکانیزم های فیزیکی، شیمیایی، فیزیولوژیکی و متابولیسمی شامل: جذب، تغییر مکان، الحاق غیر سمی، تفکیک و تجمع زیستی آلاینده ها در روند گیاه پالایی. این پژوهش ها عمدتاً بر روی پالایش فلزات سنگین، ذرات پرتوزا و آلاینده های آلی از محیط های آلوده متمرکز است.

۳) اثبات کارایی سیستم های پاکسازی آلودگی های زیستی منبعث از فلزات سنگین، ذرات پرتوزا و مواد آلی با کمترین هزینه، ساده ترین تکنولوژی، سازگار با محیط زیست و عملکرد اقتصادی در مکان های آلوده واقعی (۵).

نظریه گیاه پالایی همچنین مبتنی بر شناخت توانایی گیاهان و تشریک رایزوسفری در تغلیظ و تجزیه آلاینده ها است. ترکیبات اصلی رایزوسفر حاوی میکروارگانیسم های "آزادی" (free-living) و ترشحات ریشه ای (root exudates) هستند. اینگونه ترکیبات ترشحاتی حاوی شلات های طبیعی نظیر اسیدهای آلی مثل اسید سیتریک و کربونیدرات ها می باشند که به مصرف غذایی میکروارگانیسم ها می رسند و ضمناً به تحرک ذرات آلاینده و عناصر غذایی در خاک کمک می کنند.

ترشحات ریشه ای همچنین ممکن است حاوی آنزیم هایی نظیر "نیترو رداکتاز دهاالوژناز"

(nitroreductase dehalogenase) و "لاکاز" (laccase) باشند. این آنزیم ها برای اعمال طبیعی مهم

هستند اما آنها ممکن است سبب تجزیه آلاینده های آلی حاوی گروه "نیترو" مثل TNT و دیگر مواد انفجاری و همچنین ترکیبات "هالوژنه" نظیر بسیاری از آفتکش ها و هیدروکربن های کلره شوند (۵).

ریشه های گیاهان و میکروارگانیسم های رایزوسفر بفوریت وضعیت محیط خاک را درک می کنند لذا با انجام مکانیزم های "فیدبک" به تغییر محیط زیست خویش اقدام می کنند. برخی از گیاهانی که در خاک های دارای کمبود فسفر رشد می یابند، برخوردار از عصاره های ریشه ای حاوی مقادیر زیادی اسید سیتریک هستند که به قابلیت جذب و تحرک ترکیبات فسفر کمک می کنند.

برخی میکروارگانیسم های رایزوسفری به ترشح (secrete) هورمون های گیاهی افزایش دهنده رشد ریشه ها می پردازند. همچنین عصاره های مترشحه ریشه ها حاوی متابولیت هایی هستند که جزو منابع انرژی میکروارگانیسم ها محسوب می شوند (۵).



گیاهان سبز رنگ دارای توانایی انتقال حجم زیادی از محلول خاک بدرون بدنه خویش از طریق ریشه ها هستند سپس آب را از راه روزنه های هوایی بصورت خالص و ضمن فرآیندی موسوم به تعرق تخلیه می کنند. گیاهان با از دست دادن آب بصورت تعرق باعث انتقال محلول خاک به درون ساقه ها و برگ ها جهت انجام فتوسنتز می شوند و ضمن آن باعث خنک شدن پیکره گیاهی می گردند (۵).

آلاینده های موجود در محلول خاک نیز در این وهله وارد گیاه می گردند و بصورت متابولیزم و یا ترکیبات الحاقی در می آیند و یا اینکه همراه با آب از برگ ها بحالت تعرق دفع می شوند. مصرف کمتر آب از ویژگی های مطلوب و اقتصادی گیاهان است درحالیکه برخی گیاهان نظیر بید، صنوبر، گراس های باتلاقی (marsh grass) و بوریا (bulrush) که در اراضی مرطوب می رویند، از نظر صرفه جویی مصرف آب بخوبی عمل نمی کنند. چنین گونه هایی کاندید بسیار مناسبی برای گیاه پالایی هستند زیرا آنها به جذب و فرآیند حجم زیادی از آب خاک می پردازند. بعنوان مثال: اطلاعات نشان می دهند که یک اصله درخت بید می تواند در طی یکروز گرم تابستان بیش از ۱۹ مترمکعب آب را تعرق نماید و یک هکتار از گیاهان علفی نظیر "علف ریسمانی" (cordgrass) از جنس "spartina sp" که در آبهای نسبتاً شور می رویند و برخی از اینگونه گیاهان "مرداب زی" تا ۳ متر رشد می کنند، می توانند بیش از ۸۰ مترمکعب آب را در روز تعرق نمایند(۵).

زمانیکه گیاهان سازگار و مناسب را در بسترهای آلوده پرورش می دهند آنگاه سیستم گسترده ریشه ای به جذب مواد آلوده اقدام می کند. هر زمان که آلاینده ها با حجم زیاد به داخل پیکره گیاهان جذب می شوند، متعاقباً بصورت های متابولیزم ، تجزیه و یا الحاق در پیکره گیاهان استقرار می یابند . بنابراین هر چه بر توانایی تبخیر و تعرق گیاهان افزوده شود، قاعدتاً بر قابلیت پالایش گیاهی آنان افزوده می گردد (۵).

غلظت آلاینده ها در ضمن فرآیند "تجمع زیستی" تا هزاران مرتبه بیشتر از حالت محیطی (خاک و آب) در درون گیاهان افزایش می یابند. بیوماس گیاهان آلوده را از طریق خاکستر کردن (ashed) و یا گواریدن (digested) تا ۹۵ درصد کاهش حجم می دهند و در مورد مواد کانی (ore) نظیر فلزات سنگین و مواد رادیواکتیو مجدداً بازیافت می کنند. در مواردی که بازیابی فلزات سنگین بواسطه حجم کم خاکستر در مقایسه با بیوماس اصلی اقتصادی نباشد آنگاه آنرا در معرض شیوه های مناسب دیگر قرار می دهند (۵). مشخص است که گیاهان "سوپر تجمع کننده" قادر به جمع آوری فلزات در مقادیر زیاد هستند. اثبات شده است که گیاهان بزرگ که اینک جزو "سوپر تجمع کننده ها" بهره برداری نمی شوند، می توانند مقادیر کم تجمع مواد آلاینده را در بافت های روزمینی خویش با تولید بیوماس بیشتر و سرعت زیاد تعرق جبران کنند و بدینگونه به گیاه پالایی بینجامند .

نتایج پژوهشی اخیر باعث افزایش تعداد گونه های دخیل در گیاه پالایی شده اند بطوریکه بر نوع، محدوده و گونه های سازگار در این زمینه بنحو قابل ملاحظه ای افزوده شده اند (۵).

درک مکانیزم جذب آلاینده ها از جمله موارد زیر بموازات نقش میکوریزا و رایزوسفر حائز اهمیت هستند :

۱) مورفولوژی و فیزیولوژی ریشه ها

۲) نیروی محرکه مواد جذبی (uptake kinetics)

۳) میزان جابجایی در ریشه ها، ساقه ها و برگ ها

۴) تجمع زیستی در ارگان های زیستی (۵).

بسیاری از گونه های "سوپر تجمع کننده" شناخته شده نظیر گونه هایی از خانواده صلیبیان دارای اندازه کوچکی هستند و نیازهای رشد ویژه ای دارند.

انتخاب گیاهان "غیر تجمع کننده" گرچه ممکن است توانایی تجمع فلزات سنگین کمتری نسبت به گیاهان "سوپر تجمع کننده" داشته باشند اما در واقع فلزات بیشتری را بصورت ترکیبات الحاقی (sequester) از محیط خارج می سازند زیرا آنها بیوماس بزرگتر و سرعت جذب آب بیشتری دارند (۵).

توانایی حذف و یا ایجاد پیوند (binding) با آلاینده ها توسط گیاهان و عوامل مؤثر بر آن بررسی شده اند. نتایج نشان می دهند که تحمل گیاهان به آلاینده ها به عوامل زیر وابسته هستند :

۱) بهگزینی (selectivity)

۲) توانایی تجمع (accumulation capability)

۳) سرعت یا میزان تعرق (transpiration rate)

۴) اندازه گیاه (plant size)

۵) بیوماس گیاه

۶) فرم رشد گیاه

۷) سطح هواگیری منطقه (aerial surface area)

۸) تیپ ریشه

۹) افشان بودن ریشه ها (fibrosity)

۱۰) عمق ریشه ها

۱۱ (\$) قابلیت برداشت گیاه

۱۲ (\$) دوره رشد گیاه (duration)

۱۳ (\$) دوره دورمانسی سالانه گیاه

۱۴ (\$) مقاومت گیاه به آفات و بیماریها (۵).

ارزیابی توانایی چند گیاه منتخب در تجمع فلزات از طریق پرورش آنها در بستر شن کوآرتز (خنثی) در داخل لایسیمتر گلدانی انجام گرفت. در آزمایش مذکور از بستر خنثی (inert substrate) برای حذف امکان اختلال ترکیبات خاک نظیر مواد آلی و ریزواره های رس (clay micelles) در توانایی تأثیرگذاری آلاینده ها بر گیاهان استفاده گردید.

بسیاری از مواد آلاینده ضمن جذب توسط گیاه از طریق روزنه های بسیار ریز موسوم به میکروپورهای (micropores) موجود در دیواره سلول های ریشه بعنوان مسیر اصلی عبور می کردند و وارد پیکره گیاه می شدند سپس تحت تجزیه یا الحاق قرار می گرفتند (۵).

"آپوپلاست" (apoplast) یک فضای عاری از آب بین محلول بیرونی خاک و غشاء سلولی کورتکس ریشه و بافت آوندی (vascular) می باشد. میکروپورهای دیواره سلولی موجود در شبکه سلولزی، همی سلولزی، پکتین ها و "گلوکوپروتئین ها" حاوی بسیاری از ذرات دارای بار الکتریکی منفی نظیر گروه های "کربوکسیل" (-OH) هستند که بعنوان پیوند با کاتیون ها و دفع کننده آنیون ها عمل می کنند. کاتیون های چندظرفیتی (polyvalent) نظیر آلاینده های فلزی سنگین و ذرات "پرتوزا" ترجیحاً جذب می شوند و با کاتیون های تبدالی مستقر در دیواره سلولی کورتکس ریشه تشکیل پیوند می دهند. یون های فلزی که قابلیت تحرک و جابجایی دارند، به بخش های فوقانی گیاهان منتقل می شوند. آنها از میان غشاء پلاسمایی سلول های زنده ضمن فرآیند انتقال فعال عبور می کنند. دیواره سلول های ریشه عاری از فضا هستند لذا بعنوان مرزهای درونی (inner limit) عمل می کنند از اینرو آپوپلاست های غیر فعال (passive apoplastic) به انتقال شعاعی یون ها در "اندودرم" (endodermis) که مرز خارجی سیستم آوندی ریشه ها یا استوانه مرکزی (stele) است، اقدام می کنند (۵).

برداشت ریشه های گیاهان دخیل در برنامه های گیاه پالایی می تواند به تشخیص حداکثر توانایی گیاهان در حذف آلاینده ها از خاک و آب منجر گردد زیرا بسیاری از گیاهان به الحاق آلاینده های جذب شده در ریشه ها می پردازند لذا در این راستا به برداشت و ارزیابی ریشه های گیاهان جوان اقدام می گردد (۵).

کمپلکس سازی (sequestration) فلزات سنگین در ریشه ها در تقابل با انتقال آنها به بخش های فوقانی گیاهان باعث کاهش درشت نمایی توسعه محیطی آلاینده ها از طریق زنجیره غذایی توسط پرندگان، حیات وحش و حیوانات اهلی می شود. ارزیابی گیاهان درشت اندام که سرعت تعرق بالایی دارند، برای رفع آلودگی فاضلاب ها بروش هیدروپونیک و آنروپونیک صورت می پذیرد.

تحرک فلزات سنگین و سایر آلاینده ها در خاک در اثر مواد "شلات ساز" و ترشحات ریشه ای انجام می گیرد (۵).

کاربرد فضای سبز برای پالایش رواناب ها :

منابع آبی "CWA" (clean water act) از اصلی ترین آبهای سطحی محافظت شده و دارای کیفیت مطلوب در ایالات متحده آمریکا است. در سال های پس از ۱۹۹۷ میلادی به کاربرد انواعی از ابزارها در منطقه مذکور پرداخته شده که به مدیریت رواناب های آلوده اقدام گردیده است.

در این راستا بیشترین توجه به منابع آلودگی با :

@۱ منشأ متمرکز (point source) از جمله فاضلاب های شهری و تأسیسات صنعتی

@۲ منشأ غیر متمرکز (non-point) نظیر خیابان ها ، محوطه پارکینگ ها ، مزارع ، محوطه های مسکونی و فضاهای سبز صورت گرفت (۶).

آلاینده هایی که در رواناب های شهری وجود دارند، باعث اثرات تعیین کننده ای بر کیفیت و پیکره آبهای (water body) اکوسیستم ها می شوند. مواد آلاینده ارتباط مستقیمی با رواناب ناشی از باران های شدید (stormwater) دارند. اینگونه آلاینده ها بویژه بواسطه اینکه منشأ متمرکزی ندارند، بسختی قابل کنترل هستند (۶).

آلودگی اکوسیستم آبها باعث :

الف) تخلیه اکسیژن

ب) بروز انواع تنش ها

پ) ایجاد مسمومیت ها می شوند (۶).



آلودگی های محیطی ناشی از عناصر معدنی مورد نیاز گیاهان از جمله فسفر و نیتروژن بر کیفیت آبها تأثیر می گذارند زیرا عناصر کودی حاضر در رواناب ها می توانند باعث رشد انفجاری جلبک ها گردند و از این طریق با تخلیه اکسیژن محلول و بروز پدیده "اوترفیکاسیون" بر کدورت (turbidity) آبها افزوده می گردد.

"اوتریفیکاسیون" منجر به کاهش شدید کیفیت آبها و فقر تنوع زیستی (biodiversity) اکوسیستم های مذکور می شود (۶).

عناصر معدنی موجود در رواناب ها از منابع زیر منشأ می گیرند :

- ۱# کودهای شیمیایی و آلی
- ۲# نشست آلودگی های اتمسفری
- ۳# فرسایش خاک ها
- ۴# فضولات حیوانات
- ۵# پاک کننده ها (۶).

فسفر می تواند به صورت های محلول و ذرات ریز در رواناب ها و ترکیبات آلی و غیر آلی موجود باشد. نیتروژن نیز می تواند به شکل های آلی و غیر آلی نظیر آمونیوم ، نیترات و نیتريت حضور یابد (۶). فلزات سنگین نظیر مس، سرب، روی و کادمیوم که به داخل فاضلاب های حاصل از باران های شدید وارد می گردند، قادرند در سیستم های آبی بحالت تجمع زیستی (bioaccumulate) در آیند زیرا نمی توانند بحالتی با سمیت کمتر تجزیه شوند.

منابع تولید فلزات سنگین در همه جا حضور دارند که از جمله می توان به :
بالشک ترمز ماشین، جوانب و سقف ساختمان ها، تایرها و ذرات معلق در اتمسفر اشاره داشت.
زمانیکه فلزات سنگین بحالت تجمع زیستی در آیند آنگاه برای آبریان سمیت را خواهند بود و می توانند به مرگ آنها منتهی شوند. بهترین مدیریت رواناب های شهری در جهت کاهش صدمات بر کیفیت آبها، سیلاب ها و فرسایش متمرکز است (۶).

استفاده از گیاهان برای پالایش خاک های آلوده و فاضلاب ها گاهاً در غالب بین المللی اجرا می گردند اما پژوهش های اخیر مبتنی بر چگونگی تأثیرگذاری گیاهان در حذف آلاینده ها از آبهای آلوده ناشی از تخلیه فاضلاب ها و رواناب های شدید می باشند (۶).



گیاه پالایی یک تکنولوژی نوپا است که از گیاهان برای تجزیه، استخراج، نگهداری و بی تحرک سازی آلودگی هایی نظیر فلزات سنگین، آفتکش ها، مواد نفتی، مواد منفجره، عناصر معدنی مازاد و پاتوژن ها از خاک و آب بهره می گیرند. گیاه پالایی بعنوان شیوه ای مؤثر، طبیعی، غیر تهاجمی و عامه پسند جهت حذف آلودگی های محیطی در مقایسه با شیوه های فیزیکی و شیمیایی شناخته می شود (۶).

هر دو عنصر ازت و فسفر از عناصر غذایی پرمصرف (پُر نیاز) برای پرورش گیاهان زراعی-باغی هستند لذا ترکیب اصلی کودهای شیمیایی را تشکیل می دهند. کاربرد کودها در محوطه های مسکونی، چمن های شهری و فضاهای سبز از اصلی ترین منشاها برای غیرمتمرکز آلودگی هستند که پتانسیل کاهش از طریق گیاه پالایی را دارند.

اگرچه رواناب مزارع عموماً از طریق اجرای مدیریت صحیح در حال کاهش یافتن هستند ولیکن رواناب های شهری و حومه مرتباً در حال افزایش می باشند لذا خواهان کاشت درختان بومی جهت فیلترینگ و حذف آلودگی های مذکور می باشند (۶).

فلزات سنگینی نظیر مس و روی جزو عناصر غذایی کم مصرف برای گیاهان مطرح هستند. آنها در بافت های گیاهان بیش از غلظت سُرَب و کادمیوم که به دلیل غیر متحرک بودن در ریشه ها تجمع می یابند، انباشته می شوند.

اخیراً یکسری مطالعات برای تعیین بهترین گونه های گیاهی آبی (aquatic) و خشکی زی (terrestrial) قادر به جمع آوری فلزات سنگین بدون بروز مسمومیت انجام گرفت تا گیاهانی با ویژگی "سوپر تجمع کنندگی" شناسایی شوند (۶).

میزان برداشت فلزات سنگین از خاکهای آلوده بستگی به :

الف) گونه های گیاهی

ب) قابلیت حلالت فلزات در آب دارد (۶).

قابلیت دستیابی فلزات محلول جهت جذب توسط گیاهان بستگی به موارد زیر دارد :

۱) مقدار مواد آلی سیستم

۲) مدت نگهداری (retention time)

۳) PH محلول خاک

۴) تمایل آلاینده ها به اکسید شدن (redox likelihood)

۵) نوع پیوند بین ذرات فلز (۶).

گیاهان نیز بر دستیابی فلزات محلول مؤثرند زیرا بر :

* ۱) PH خاک

* ۲) اکسیژن گیری (oxygenation) خاک تأثیر می گذارند (۶).

گیاهانی که امروزه برای اجرای گیاه پالایی استفاده می شوند، در موارد زیر :

& ۱) تالاب های جمع آوری آب باران (storm water ponds)

- ۲& حفاظ کنار رودخانه ها (riparian buffers)
- ۳& باغ های آبی مبتنی بر آب باران (rain garden)
- ۴& بام های سبز (green roof)
- ۵& سازه های اراضی ماندابی (constructed wetland) بکار می آیند، عمدتاً از انواع علفی و غیر چوبی هستند (۶).



سیستم های مدیریت رواناب حاصل از طوفان با مشارکت گیاهان چوبی فضای سبز از جمله سیستم "Filterterra® Bioretention" مبتنی بر طراحی حاشیه خیابان ها و فضای سبز با درختان می باشند. در مواقعی که از درختان در طراحی فضای سبز بمنظور گیاه پالایی رواناب های طوفانی استفاده می شود، یقیناً باید به ارزش محیطی آنان نیز توجه گردد. ضمناً باید به پتانسیل درختانی که در سیستم گیاه پالایی استفاده می کردند، اهمیت داده شود. پژوهش های گیاه پالایی با درختان و درختچه ها غالباً به بیدها (willow) با نام علمی "Salix sp" بعنوان بارزترین گیاهان این شیوه محدود شده اند (۶).

دسترسى زیستی و جذب آلاینده ها توسط گیاهان اصولاً بستگی به فرآیندهای ناحیه ریشه یا رایزوسفر دارد. بخش عمده ای از جامعه میکربی رایزوسفر را قارچ های ریشه زی (mycorrhizal fungi) تشکیل می دهند که با ریشه گیاهان روابط همزیستی (symbiotic) برقرار می سازند و بدینگونه به انتقال عناصر غذایی و فلزات از خاک به گیاهان بعنوان میانجی کمک می کنند.

میکروارگانیزم هایی که در منطقه رایزوسفر زیست می کنند، می توانند به شیوه بیولوژیک باعث تغییر شکل آلاینده ها بحالت موادی با سمیت کمتر از طریق "سمیت زدایی آنزیمی" (enzymatic detoxification) گردند و مواد حاصله را از طریق میکوریزا برای جذب شدن در دسترس گیاهان قرار دهند (۶).

بیدها به شکل گیری اجتماعات میکوریزایی کمک می کنند بطوریکه پژوهش های اولیه مبین پتانسیل اثربخش در مشارکت میکوریزاها در جذب فلزات سنگین توسط بیدها می باشند.

یک پژوهش (Wenzel-2003) نشان داد که گونه های مختلف درخت بید اغلب فلزات را در برگ هایشان با بیشترین غلظت تا قبل از برگریزی جمع آوری می کنند. این مطالعه آشکار ساخت که گونه های سریع الرشد بید بیشترین مناسبت را برای پالایش فلزات سنگین خاک به شیوه "استخراج گیاهی" دارند. بر اساس پژوهشی دیگر (Arthur-2005) گونه های گیاهی "سوپر تجمع کننده" می توانند غلظت های بالای فلزات را در بیوماس خویش با استفاده از "ژلاتین های گیاهی" (phytochelatins) تحمل کنند زیرا دارای پروتئین های سرشار از سولفور (sulfur-rich proteins) می باشند (۶).



شناسایی درختان و بوته هایی که قابلیت استفاده در گیاه پالایی را دارند، باعث افزایش ادراک و ارزش نسبت به گیاهان فضای سبز می شود و بر ارزیابی آنها جهت تهیه قلمستان ها افزوده می گردد. مشارکت اینگونه گیاهان در روند احداث فضاهای سبز (landscapes) و حواشی سبز خیابان ها (streetscapes) یا حایل های قلمستان ها (nursery buffers) می تواند به اصلاح کیفیت آبها بینجامد و بدین طریق تصویری از صنایع سبز (green industry) را جلوه گر سازد که از عمده ترین منابع کاهش آلودگی آبها هستند (۶). بسیاری از این گیاهان ممکن است علاوه بر بکارگیری در تصفیه سیلاب های طوفانی در سیستم های دیگری نظیر: "فیلتر کردن آلودگی ها" (Filterterra®)، "سلول های نگهدارنده آلاینده ها" (bioretention cells)، حائل رودخانه ها (riparian buffers)، "ساختاره های اراضی ماندابی" (wetparks یا constructed wetlands) و غیره جهت بهبود ظاهر مناظر و افزایش استفاده از گیاهان در پالایش آلودگی ها بکار گرفته شوند. اینگونه "سوپر تجمع کننده ها" می توانند در گستره منطقه ای بشکل قلمستان هایی استقرار یابند تا از آلودگی های حاصل از صنایع، اماکن تجاری و مسکونی بکاهند (۶).

برخی از گونه های گیاهی که در فضاهای سبز برای کاهش آلودگی های محیطی استفاده می شوند عبارتند از:

۱- (\$) گونه های بوته ای (shrubs) نظیر :

۱- (\$) "ابیلیا" (Abelia) با نام علمی "Abelia grandiflora"

- ۱-۲ (\$) "راج آمریکایی" (Inkberry) با نام علمی "Ilex glabra"
- ۱-۳ (\$) "انیس" (Anise) با نام علمی "Illicium floridanum"
- ۱-۴ (\$) "برگ بو گیلانی" (cherry laurel) با نام علمی "Prunus laurocerasus"
- ۱-۵ (\$) "بید ماریچی قرمز" (scarlet curls willow) با نام علمی "Salix X"
- ۱-۶ (\$) "وایتکس" (vitex) با نام علمی "Vitex agnus-castus"
- ۲ (\$) گونه های درختی (trees) نظیر :
- ۲-۱ (\$) افرای عاشق (amur maple) با نام علمی "Acer ginnala"
- ۲-۲ (\$) ماگنولیای مرصع (little gem magnolia) با نام علمی "Magnolia grandiflora"
- ۲-۳ (\$) بید چوب پنبه ای (corkscrew willow) با نام علمی "Salix matsudana"
- که دارای اندازه ، شکل و تحمل محیطی مناسبی جهت استفاده در سیستم های پالایش زیستی می باشند (۶).



ارزیابی گونه های گیاهی فوق الذکر طبق پروتکل یکسانی در هر دو سیستم "Filterra®" و مکان های جدیداً استقرار یافته مجاور فضاها سبز انجام گرفت. گیاهان منتخب بصورت هیدروپونیک در فضای سبز کاشته و غربال گری شدند و از نظر افشان بودن ریشه ها که قدرت جذب بیشتری برایشان ایجاد می کنند، انتخاب گردیدند. پژوهش های بیشتر ممکن است به آشکار شدن مقادیر بیشتری از فلزات مختلف در ریشه ها و ساقه های گیاهان منتهی شود (۶).

غلظت عناصر غذایی و فلزات سنگین در گیاهان ممکن است منبعث از عوامل زیر باشند :

#۱ غلظت آلاینده ها در رواناب ها

#۲ توانایی جذب گیاهان

#۳ خصوصیات خاک محل رشد گیاهان (۶).

مطالعات نشان داده اند که فلزات در PH حدود ۶ بیشترین قابلیت دسترسی را جهت جذب توسط گیاهان دارند. تجمع فراوان فلزات سنگین در خاک و ریشه های گیاهان می تواند به تثبیت آنها در خاک و جلوگیری از آبشویی منجر گردد. گیاهان خشکی زی نشان دادند که توانایی جذب عناصر کادمیوم و روی در سیستم ریشه ای را دارند (۶).

برخی از گونه های گیاهی دارای ارگان های ذخیره ای در ریشه ها هستند لذا فلزات سنگین را در آنها ذخیره می سازند. از اینگونه گیاهان می توان در پروژه های گیاه پالایی بمنظور تصفیه رواناب های طوفانی بهره گرفت.

پژوهش های اولیه نشان دادند که شناسایی گیاهان خاص با قابلیت تجمع زیستی آلودگی ها امکان پذیر و نویدبخش هستند ولیکن پژوهش های بیشتری برای بکارگیری شیوه گیاه پالایی بعنوان یک تکنولوژی زیستی ضرورت دارند. این موضوع نیازمند کنکاش بیشتر در موارد زیر است:

- @۱ چگونه گیاهان را غربالگری (screen) کنند.
- @۲ چگونه گیاهان را برداشت نمایند.
- @۳ انتخاب گیاهان خاص برای حذف هر نوع آلودگی
- @۴ درک مکانیزم حذف عناصر غذایی و فلزات سنگین
- @۵ بهترین شرایط محیطی برای دستیابی به حداکثر توانایی جذب آلاینده ها در گیاهان (۶).



زیست پالایی و گیاه پالایی اماکن آلوده به آفتکش ها :

ارگان های زیر مسئول تشخیص و پاکسازی مکان های آلوده به آفتکش ها از طریق "زیست پالایی" (bio-remediation) و "گیاه پالایی" (phyto-remediation) در ایالات متحده آمریکا هستند :

۱ (\$) "مؤسسه حفاظت محیط زیست آمریکا" موسوم به "EPA" (Environmental Protection Agency)

۲ (\$) "شبکه ملی مدیریت زیست محیطی" موسوم به "NNEM" (National Network for Environmental Management) (۴).

آلاینده های آلی ماندگار :

افزایش هشدارهای محیطی با اندازه گیری منظم به چاره اندیشی در مورد اشتباهات پیشین و حفاظت محیط زیست از آلودگی ها و سوء استفاده های آتی انجامیده است. این سنجش ها و مقایسات متمایل به حفظ محیط زیست و مراقبت از سلامتی انسانها بوده اند.

بسیاری از آلاینده های آلی ماندگار (persistent organic pollutants) موجب سمیت می گردند لذا استفاده از آنها متعاقباً پس از درک چنین اثراتی ممنوع شده است ولیکن متأسفانه اینگونه ترکیبات در بسیاری حالات همچنان در طبیعت دوام می آورند. این مواد تا مدت ها پس از ممنوعیت کاربرد همچنان در خاک و رسوبات باقی می مانند لذا مستقیماً وارد زنجیره غذایی انسان و یا داخل آبهای زیرزمینی می گردند. آبهای زیرزمینی آلوده می توانند وارد چاه های آب آشامیدنی گردند و موجب مشکلاتی برای سلامتی انسان ها شوند.

این مواد شیمیایی بعلاوه می توانند تا مسافت های زیاد در اتمسفر جابجا گردند. یکی از اولین نگرانی ها مربوط به توانایی تجمع زیستی اینگونه مواد شیمیایی در بافت های چربی (adipose tissue) حیوانات می باشد (۴).



تجمع غیر مستقیم (bio-accumulation) یا "بزرگنمایی زیستی" (bio-magnification) در مصرف کنندگان بزرگ نظیر پستانداران ممکن است در دراز مدت باعث صدماتی بر سلامتی آنان گردد زیرا بر مقدار ترکیبات سمی در بدن مصرف کنندگان غذاهای آلوده مرتباً افزوده می گردد . درجه ای از پایداری غالباً برای مواد شیمیایی نظیر آفتکش ها مطلوب می باشد زیرا اگر میکروارگانیسم ها بتوانند سریعاً به تجزیه آنها موفق گردند آنگاه اینگونه سموم نمی توانند به وظیفه خویش عمل کنند (۴).

معمولاً دو دلیل برای دوام برخی ترکیبات شیمیایی در طبیعت وجود دارند :

@۱) شرایط مورد نیاز برای تجزیه زیستی آنان فراهم نیست و یا احتمال دارد که محیط های آلوده فاقد میکروارگانیسم هایی باشند که توانایی تجزیه زیستی ترکیبات سمی را دارند. در مواردی هم که میکروارگانیسم ها حضور دارند آنگاه عواملی نظیر کمبود عناصر غذایی مورد نیازشان می تواند شرایط را برای تجزیه زیستی آلودگی ها نامطلوب سازند بنابراین روش های مختلف پاکسازی آلودگی های محیطی در راستای غلبه بر محدودیت هایی هستند تا تجزیه زیستی را مؤثرتر سازند (۴).

@۲) برخی آلاینده ها از نوع ترکیبات مقاوم (resistant) ، سرسخت (recalcitrant) به تجزیه زیستی و ماندگار (persistent) هستند که سرسختی و لجالت آنها در مقابل عوامل تجزیه کننده به دلایل زیر است :
@۱-۲) ترکیبات ممکن است قدرت عبور از دیواره سلولی را جهت تجزیه شدن توسط آنزیم های میکربی درون سلولی (intracellular) را نداشته باشند.

@۲-۲) اغلب آلاینده های پایدار از انواع سنتزی هستند لذا ساختار مولکولی آنها شدیداً با ساختارهای طبیعی موجود در محیط زیست مطابقت ندارند بنابراین حتی اگر میکروارگانیسم ها در معرض اینگونه اشکال مولکولی یکپارچه و جدید قرار گیرند آنگاه چندین دهه برای تجزیه یا متابولیسم آنها زمان لازم خواهد بود تا آنها را غیر سمی سازند . هر چه مکانیزم پایداری دارای استحکام بیشتری باشد، نتیجتاً آلاینده ها استقرار قوی تری می یابند و مشکلات افزون تری را سبب می گردند (۴).



برنامه زیست محیطی ملل متحد (UNEP) اقدام به تشکیل کمیته مباحث بین المللی (INC) با شرکت ۲۱ کشور و ۸۱ سازمان غیر دولتی (NGO) در سال ۲۰۰۰ میلادی نمود. هدف از تشکیل کمیته مزبور عبارت از رفع آلودگی های آلی بادیام یا "POPs" (Persistent Organic Pollutants) بود آنچنانکه نهایتاً به حذف تولید و کاربرد اینگونه مواد شیمیایی خطرناک بینجامد (۴).

کمیته "INC" شامل دو گروه می باشد :

۱# گروه متخصصان بحران که مسئول تعیین معیارهای آلودگی و شناسایی مواد آلاینده ای هستند که باید در آینده برای رفع آنها اقدام گردد.

از طرف این گروه تاکنون ۱۲ آلاینده اصلی بشرح زیر اعلام گردیده اند :

آلدرین (aldrin) ، کلردان (chlordane) ، "دی کلرو فنیل تری کلرو اتان" یا "DDT" (dichlorodiphenyl trichloroethane) ، دیلدرین (dieldrin) ، دی اکسین ها (dioxins) ، اندرین (endrin) ، فیوران ها (furans) ، هپتاکلر (heptachlor) ، هگزاکلوروبنزن (hexachlorobenzenes) ، میریکس (mirex) ، "پلی کلرونیت بی فنیل" (polychlorinated biphenyls) و توکسافن (toxaphene) (۴).

در این میان DDT از نظر ممنوعیت مصرف استثنای شده است زیرا برای کنترل پشه های ناقل بیماری مالاریا در کشورهای گرمسیری حائز اهمیت و بدون جایگزین می باشد ولیکن این ماده نیز با پیدا شدن جایگزین از گردونه مصرف بطور کامل حذف خواهد شد. این ماده آلاینده بعنوان حشره کش ، مواد شیمیایی صنعتی ، تولید فرعی و ناخواسته احتراق و فرایندهای صنعتی مطرح می باشد (۴).

۲# گروه افراد اجرایی و کاربردی که در صدد دستیابی به تکنیک ها و امور مالی وابسته به بکارگیری روش های رفع آلودگی ها در کشورهای در حال توسعه و در حال گذار می باشند (۴). میزان دوام آلاینده ها را با اصطلاح "نیمه عمر" (half life) آنها در خاک و آب مشخص می کنند. نیمه عمر اینگونه آلاینده ها در خاک بیش از ۶ ماه و در آب بیش از ۲ ماه می باشد (۴).

آفتکش های آلاینده خاک (pesticides) :

موضوع آفتکش ها مشمول انواع مختلفی از مواد شیمیایی شامل : علف کش ها (herbicides) ، حشره کش ها (insecticides) ، قارچکش ها (fungicides) و موش کش ها (rodenticides) و غیرو می باشند ولیکن مواد محافظ چوب که جزو آفتکش ها محسوب می شوند، در این گروه قرار ندارند. معمولاً اغلب آفتکش های مصرفی از انواع آلی نظیر عصاره های گیاهی و غیر آلی حاوی فلزات سنگین هستند.

در ضمن اواسط دهه ۱۹۴۰ میلادی تولید و کاربرد حشره کش های سنتزی سریعاً افزایش یافت و به ۱۴۰ تن در سال رسید درحالیکه میزان مصرف این مواد در سال ۱۹۹۱ میلادی به ۲۳۴۰۰ تن در ایالات متحده آمریکا رسید (۴).

بر طبق آمارهاي مؤسسه حفاظت محيط زيست آمريكا (EPA) حدوداً ۱/۲ ميليارد پوند حشره كش در سال ۱۹۹۷ ميلادي استفاده شده است كه عمده مصارف فوق بشرح زير بوده اند :

- * (۱) كشاورزي صنعتي ۷۷%
- * (۲) صنايع تجاري و سازمان هاي دولتي ۱۲%
- * (۳) امور شخصي و خانگي ۱۱% (۴).



مقررات و آئين نامه هاي آفتكش ها :

آئين نامه آفتكش ها ، قارچكش ها و موش كُش هاي فدرال (FIFRA) به توليد و مصرف مواد شيميايي فوق الذكر در ايالات متحده آمريكا مي پردازد. تمامي حشره كش هايي كه توسط EPA تأييد مي گردند از نظر اطمينان عدم بروز خطرات براي سلامتي انسان و يا محيط ارزيابي مي شوند (۴).

زمانيكه يك حشره كش تأييد مي گردد، آنرا در يكي از دو گروه زير قرار مي دهند :

- ۱ (#) حشره كش هاي عمومي (general)
- ۲ (#) حشره كش هاي کاربرد محدود (restricted) (۴).

EPA براي تأييد مجدد آفتكش هاي قديمي به اطلاعات جديدي نيازمند است بنابراين بسياري از سمومي كه موجب آلودگي هاي بادوام (POPs) مي شوند، موفق به دريافت تأييديه مجدد نمي شوند و کاربرد آنها ممنوع مي گردد .

بخشي از گواهي و يا تجديد گواهي سموم کشاورزي نيازمند تشریح سرنوشت محيطي و دوام اينگونه تركيبات توسط سازندگانشان است. نيمه عمر تركيبات سمّي به متابولیسم آنها در خاک هاي هوازي (aerobic) و يا بي هوازي (anaerobic) و فتولیز (photolysis) بستگي دارد (۴).

برخي تركيبات براي تعيين نيمه عمر مزرعه اي آنالیز مي شوند. کسب ميزان تغيير در نيمه عمر تركيبات شيميائي مي تواند محدوده اي را براي نيمه عمر آنها مشخص سازد. مثلاً نيمه عمر "متولاکلر" را در سطح ۶۰ سانتيمتر خاک حدوداً ۵۶۲-۲۹۲ روز بدست آورده اند. همچنين آنالیز سرنوشت بقايي "هپتاکلر" باعث شده است که کاربرد آنرا منحصر به موارد خاص نظير محافظت از جعبه هاي کابل زیرزميني در مقابل خسارات مورچه آتشين (fire ant) نمايند زیرا کاربردهاي عمومي اين ماده شيميائي از سال ۱۹۷۸ ميلادي لغو گرديده اند و در ليست آلاينده هاي آلي پايدار در محيط ذکر شده است (۴).

مطالعات سال ۱۹۹۹ ميلادي در هاوايي نشان مي دهند که بقايي "هپتاکلر" در سطح زيان آور حتي ۱۵ سال پس از مصرف نيز در خاک ها حضور مي يابند. نتايج بيانگر اينکه قابليت خسارتزايي سبزیجاتي که بر روي چنين زمین هايي پرورش يافتند، همچنان براي انسان وجود داشته اند (۴).



آفتکش ها و نگراني سلامتي انسان :

آفتکش هاي بادوام مابين تهديداتي براي سلامتي انسان ها و محيط زيست هستند. آفتکش هاي کلره آلي (organochloride) در بافت هاي چربي (adipose) انسان تجمع مي يابند. برخي از اين آفتکش ها نظير "کلردان" حتي مي توانند از طريق پوست جذب بدن گردند و موجب عضلاني چون :
۱) تشنج (convulsion) که يك حالت برانگیختن مغز است و زمینه ساز بي نظمي در کارکردهاي قلب (cardiac arrhythmia) مي گردد.

۲\$) مصرف گندم هایی که تحت تیمار "هگزاکلروبنزن" که يك آفتکش کلره آلي است، قرار گرفته اند، به بروز ضایعات شدید پوستي از جمله تاول زدن (blistering) در انسان مي انجامد (۴).
 گواينکه تمامی آفتکش هاي کلره آلي جزو مواد شيميائي پايدار در محيط زيست (POPs) محسوب نمي شوند وليکن اينگونه مواد توانسته اند در بسياري از موارد اکثريت عناوين آلاينده هاي آلي پايدار را در ليست UNEP به خودشان اختصاص دهند که از نمونه آنها مي توان به : آلدرين، کلردان، د.د.ت ، ديلدرين، هپتاکلر، هگزاکلروبنزن، ميریکس و توکسافن اشاره کرد (۴).

آفتکش هاي کلره آلي تنها گروه آفتکش هاي نگران کننده سلامتي انسان نيستند. آفتکش هاي گروه "ترايازين ها" نیز توسط EPA بعنوان مواد سرطانزا (carcinogens) دسته بندي شده اند . آنها در آب بصورت ماتدگار و در خاک به حالت متحرک مي باشند. موارد متعدد آلودگي آبهاي آشاميدني به ترايازين ها در غرب ميانه امريکا وجود داشته اند زیرا بقايي چنين آفتکش هايي وارد آبهاي زيرزميني شده اند.
 مؤسسه EPA و سازندگان آفتکش ها در ايالات متحده آمريکا نسبت به امکان مخاطره آميزي سموم گروه "ترايازين ها" اقدام به خارج ساختن يکي از اعضاي آن بنام "سيانازين" و ايجاد محدوديت مصرف براي عضو ديگر اين گروه بنام "آترازين" نموده اند (۴).
 بسياري از آفتکش هاي مخاطره آميز تاکنون در مکان هاي آلوده يافت شده اند. فسفات هاي آلي (organophosphates) آفتکش هايي هستند که بر اعمال سيستم عصبي تأثير مي گذارند. علف کش هاي "نيتروفنوليک" (nitrophenolic) و "نيتروکريسوليک" (nitrocresolic) نظير "داينوسب" بسيار سمّي هستند و قابليت جذب شدن از طريق پوست بدن را دارند (۴).

حتي مواد فرار دهنده (repellents) حشرات نظير "DEET" (diethyltoluanide) از قابليت خسارتزايي سلامتي بشر برخوردارند. وجود احتمال خسارتزايي بر سلامتي انسان بر ضرورت رفع آلودگي هاي محيطي از طريق گياه پالايي مي افزايد و بر اجراي آن در بسياري از مواقع اضطراب مي بخشد (۴).



جایگاه آفتکش ها در بروز آلودگی ها :

با وجود مراقبت هایی که در جهت حفاظت از سلامتی انسان و محیط زیست بعمل می آید، بسیاری از اماکن آگروشیمیایی شامل کارخانجات سازنده آفتکش ها و انبارهای نگهداری آنها دارای اهمیت بسیاری هستند. در يك مطالعه توسط دپارتمان کشاورزي دانشگاه "ویسکانسن" که در موارد کاربرد آفتکش ها انجام گرفت، مشخص شد که ۹۳ درصد آفتکش ها باعث آلودگی خاک ها می شوند و غلظت آنها در خاک همگی بیشتر از ۵ پی پی ام می باشند. همچنین حداقل نیمی از این آفتکش ها به آبهای زیرزمینی سرایت می یابد و غلظت حداقل يك سوم آنها در اینگونه آبها بیشتر از حد مجاز است (۴).

عملیات پالایش آفتکش ها :

ارزیابی استراتژی های پالایش آفتکش ها :

پژوهش ها و ملاحظات زیادی برای تصمیم گیری در زمینه انتخاب يك فرآیند مؤثر برای پاکسازی يك مكان آلوده ضرورت دارند. روش انتخابی باید مداوماً ضمن اجرا مراقبت گردد. مدیران اجرایی اینگونه پروژه ها باید ملاحظات لازم را در رابطه با حضور آلاینده ها و مواد بستر آنان بعمل آورند. آلاینده های کارخانه ای می توانند شامل : تولیدات نهایی، مواد خام، تولیدات فرعی و حلال ها باشند. آلاینده ها می توانند در خاک، رسوبات، لجن ها، آبهای زیرزمینی و بخصوص آبهای سطحی موجود باشند (۴). ایده آل ترین راه حل چنین است که ترکیبات سمی را از هم بپاشند بدون اینکه هیچگونه ترکیبات حدواسطی تولید گردند. برخی تکنولوژی ها تنها قادر به تغییر محل (relocate) و یا تثبیت (stabilize) مواد آلاینده هستند و به تخریب آنها منجر نمی شوند .

هر تکنولوژی در رابطه با تخریب مولکول های مواد سمی آلاینده ها و بستر حاوی آنها دارای فواید و محدودیت هایی است. پیدا کردن مکانی که آبهای زیرزمینی، خاک، رسوبات، لجن ها و آبهای سطحی آن به آفتکش ها آلوده شده باشند، امری عادی و ساده نیست زیرا آلودگی های محیط زیست منحصر به آفتکش ها نیستند .

برای رفع آلودگی آبهای زیرزمینی باید ابتدا آنها را پمپاژ نمود سپس تکنولوژی های مناسب را برای رفع آلودگی بکار گرفت. مناطق آلوده باتلاقی را باید گودبرداری کرد (۴).

میزان هزینه مورد نیاز برای رفع آلودگی های محیطی از عمده ترین عوامل انتخاب شیوه مناسب پالایش است. هزینه پالایش در هر یارد مربع برای مکان هایی با آلودگی های کمتر غالباً افزایش می یابد لذا باید از طریق ارزیابی و مهندسی هزینه ها به تثبیت هزینه ها پرداخت. هر مکان آلوده شرایط جداگانه ای دارد و هزینه های ویژه ای را می طلبد (۴).

با در نظر گرفتن تمامی عوامل و جوانب آلودگی ها گاهاً ممکن است زیست پالایی و یا گیاه پالایی بعنوان بهترین گزینه جهت رفع آلودگی ها نباشند.

انجمن مدیریت هوا و ضایعات در سال ۱۹۹۶ میلادی به تشریح ۶ تکنولوژی برای رفع آلودگی های حاصل از آفتکش ها پرداخت که شامل دو روش زیست پالایی بود :

۱& (شیوه واجذبی گرمایی (thermal desorption) می تواند در رفع آلاینده ها بمیزان بیش از ۹۹ درصد مؤثر باشد. بطور تخمین می توان گفت که برای پالایش هر تن بستر آلوده به ۲۰۵-۱۵۵ دلار نیاز می باشد (۴).

۲& قارچ پوسیدگی سفید (white rot) که در شیوه زیست پالایی کاربرد دارد، بر طبق نتایج تحقیقاتی هیچگونه تأثیری بر حذف DDT و توکسافن از خاک نداشت. در شیوه زیست پالایی از يك سیستم چرخه ای "هوازی/بی هوازی" با توانایی تخریب DDT و توکسافن در خاک استفاده می شود. هزینه این روش را در حدود ۸۰-۱۲۰ دلار به ازای هر تن خاک آلوده تخمین می زنند.

نتایج بررسی ها نشان می دهند که هزینه ها می توانند برخی روش های پالایش خاک، آب و هوا را غیر کاربردی سازند مثلاً اگر چه زیست پالایی از چرخه "هوازی/بی هوازی" با حداقل هزینه های تکنولوژی بهره می گیرد. در مقایسه با شیوه واجذبی گرمایی به زمان بسیار زیادی نیازمند است (۴).

پالایش آلودگی آفتکش ها با واجذبی گرمایی :

شیوه "واجذبی گرمایی کم دما" جزو تکنولوژی پاکسازی در محل (ex situ) آلودگی محسوب می شود که بوفور برای پالایش آلودگی های محیطی ناشی از آفتکش ها بکار می رود. گرچه این روش از تکنولوژی ابتکاری بهره نمی برد اما بسادگی قابل اجرا می باشد.

این روش توانایی حذف ترکیبات آلی فرار و نیمه فرار شامل آفتکش ها را از خاک، لجن، رسوبات و قالب های تصفیه کننده (filter cakes) دارد. بسترهای آلوده را در این شیوه با دمای ۱۰۰۰-۳۰۰ درجه فارنهایت تیمار می دهند تا آلودگی ها تبخیر گردند اما ترکیبات آلی آنها تخریب نمی شوند (۴).

نتیجتاً ترکیبات آلی همراه با گازهای حاصل از تبخیر آلاینده ها به جریان می افتند و ضمن عبور از يك دستگاه "پس سوز" (afterburner) یا تغلیظ کننده (condenser) و یا بستر جذب کربنی (carbon adsorption bed) بدین ترتیب حذف می شوند :

۱# با تیمار دادن گازهای حاصل از تبخیر آلاینده ها توسط دستگاه "پس سوز" می توان آنها را کاملاً تخریب نمود.

۲# دستگاه های تغلیظ کننده باعث تبدیل گازهای حاصله به فاز مایع جهت تیمارهای متعاقب می شوند درحالیکه بسترهای جذبی کربن قابلیت تحرك ندارند و آلاینده ها را تخریب نمی کنند (۴).

شیوه "وا جذبی گرمایی کم دما" نیازمند تجهیزات ویژه ای است و هزینه های بالایی طلب می کند. این روش قادر به پالایش مواد غیر آلی و فلزات سنگین نیست و محدودیت هایی در مورد پالایش بسترهای آلوده ای با حداقل ۲۰ درصد جامد دارد (۴).



تبدیل منابع آلودگی آفتکش ها به خاکستر :

سوزاندن و تبدیل آلاینده ها به خاکستر (incineration) نیز از تکنولوژی هایی است که به فراوانی جهت پاکسازی اماکن آلوده به آفتکش ها بکار می رود. این تکنولوژی بهترین شیوه برای پاکسازی خاک ها، لجن ها و رسوبات آلوده به مواد آلی سمی است.

کاربرد گرما و اکسیژن در بسترهایی که آلوده به ترکیبات آلی هستند، باعث اکسید شدن سریع آنها طی مراحل بشرح زیر می شوند :

۱& اولین مرحله برای سوزاندن آلودگی های بستر با استفاده از حرارت ۱۸۰۰-۱۰۰۰ درجه فارنهایت است که منجر به اکسیداسیون و تبخیر آلاینده های آلی می شود.

۲& در دومین مرحله از دمای ۲۲۰۰-۱۶۰۰ درجه فارنهایت بهره می گیرند و نتیجتاً آلاینده های آلی کاملاً تخریب می گردند (۴).

تکرار این اعمال می توانند باعث رفع آلودگی های موجود در محوطه های دفن آشغال و زباله ها گردند و آنها را برای بهره برداری ایمن آماده سازند. خاکستر کردن می تواند به تخریب کامل آلاینده های محیطی منجر شود اما این شیوه نیز از نظر نیاز به تأسیسات ویژه و هزینه زیاد محدودیت دارد (۴).

مقدار کوچکی از بسترهای آلوده را می توان از طریق تیمار در تأسیسات مرکزی به شیوه خارج از محل آلودگی (off site) پالایش نمود ولی انتقال آلودگی ها و مواد خطرناک از شایستگی این روش می کاهد. برخی از فروشندگان عرضه کننده دستگاه های سوزاننده قابل حمل هستند که می توان آنها را در محل آلودگی نصب نمود اما غالباً از طریق برداشتن بسترهای آلوده و حمل آنها به تأسیسات پالایشی عمل می گردد (۴).

گیاه پالایی مناطق آلوده به آفتکش ها :

گیاه پالایی (phyto-remediation) یک تکنولوژی ابتکاری در جهت انتخاب روشی کم هزینه و خوش منظره برای حذف آلودگی های محیطی است.

به سبب اینکه علف کش ها را برای نابودی گیاهان طراحی کرده اند بنابراین بکارگیری گیاه پالایی برای پاکسازی آلاینده ها و ترکیبات مشکل آفرین رواج یافته است. تاکنون مطالعات بسیاری برای تعیین اثربخشی گیاه پالایی بر آلاینده های پایدار توسط گونه های مختلف گیاهی انجام شده و نتایج آنها گزارش گردیده اند (۴).

مطالعات انجام شده مبین توانایی گیاهان در تصفیه خاک های آلوده به فلزات سنگین می باشند. اینگونه گیاهان قادرند با جذب فلزات سنگین و دیگر آلاینده ها به ذخیره آنها در ریشه ها، ساقه ها و برگ ها پردازند که این عمل را "استخراج گیاهی" می نامند. چنین گیاهانی را پس از مدتی برداشت می کنند و به شیوه درست در محلی نظیر جایگاه جمع آوری زباله های خطرناک نگهداری می نمایند.

این تکنیک می تواند بیش از ۹۵ درصد از حجم ضایعات بکاهد و آلودگی محیط را به حد قابل قبول برساند. گیاهانی که از چنین توانایی برخوردارند، موسوم به "سوپر تجمع کننده ها" هستند. انواع گیاهانی که نویدبخش این شیوه پاکسازی محیط زیست از آلاینده ها می باشند شامل :

۱) خردل وحشی (mustard)

۲) قدومه کوهی (alpine pennycress) با نام علمی "Thlaspi arvense"

۳) کلم بروکلی (broccoli)

۴) کلم برگ (cabbage) می باشند (۴).

"تغییر شکل گیاهی" در روند گیاه پالایی زمانی بوقوع می پیوندد که گیاهان اقدام به تغییر ساختار آلاینده های آلی به موادی با :

۱# سمیت کمتر

۲# تثبیت شونده بهتر

۳# تحرک کمتر می نمایند.

این فرآیند شامل "تجزیه گیاهی" است که ضمن آن آلاینده های آلی توسط آنزیم های گیاهی متابولیسم می گردند و یا بحالت فرار درآمده و "تبخیر گیاهی" می شوند و بدینگونه آلاینده های آلی از طریق برگ های گیاهان تبخیر می گردند. در این حالت دسته ای از آلاینده ها از یک شکل به شکل دیگری درآمده و بدرون اتمسفر فرستاده می شوند (۴).

"تثبیت گیاهی" موجب کاهش تحرک آلاینده ها می شود و مهاجرت آنها را در خاک بواسطه جذب شدن مواد قابل شستشو و بکارگیری آنها در پیوند با ساختارهای گیاهی کاهش می دهند. این فرآیندها بنحو مؤثری موجب نقصان دستیابی زیستی آلاینده های خطرناک می گردند. اغلب سبزینگی های موجود در مکان های آلوده در فرآیند تثبیت گیاهی مشارکت می جویند (۴).

در فواصل مابین ریشه های گیاهان موسوم به "رایزوسفر" (rhizosphere) معمولاً جمعیت میکربی فراوان و فعالی حضور دارند. غالباً جمعیت گیاهی و میکربی حاضر در منطقه رایزوسفر به تدارک نیازهای همدیگر

نظیر ترکیبات آلی و غیر آلی می پردازند. این منطقه مملو از باکتری ها و فعالیت های متابولیسمی آنان است آنچنانکه شرایط برای پالایش زیستی آلاینده ها توسط میکروارگانیسم ها افزایش می یابد. عموماً گیاهان بطور مستقیم درگیر فرآیند تجزیه زیستی نمی شوند ولیکن تسهیل کننده (catalyst) افزایش رشد و فعالیت های میکربی هستند بطوریکه متعاقباً به افزایش پتانسیل تجزیه زیستی آلاینده ها می انجامد. رایزوسفر همچنین می تواند پتانسیل پالایش آلودگی ها را محدود سازد زیرا نمی تواند فراتر از محدوده ریشه ها گسترش یابد. این فرآیندها را اصطلاحاً "انگیزش گیاهی" (phytostimulation) یا "پالایش زیستی با معاونت گیاهان" (plant-assisted) می نامند (۴).

اخیراً تعداد قابل ملاحظه ای از پژوهش ها با هدف تشخیص واکنش های متقابل میکروارگانیسم ها و گیاهان در منطقه رایزوسفر و پتانسیل بهره گیری از آنها جهت پالایش محیط های آلوده به آفتکش ها انجام گرفته اند. افزایش تجزیه آترازین ، متولاکلر و تریفلورالین بر طبق مطالعات اولیه در خاک های آلوده زیر کشت گیاه شیخ بهار (kochia sp) ملاحظه شد. افزایش تجزیه بنحو ملموسی در رایزوسفر این گیاه مقاوم به علف کش ها وقوع یافت لذا گمان می رود که واکنش های متقابل رایزوسفری بین گیاه و میکروارگانیسم ها به افزایش تجزیه آفتکش های موجود انجامیده باشد. بررسی های متعاقب با استفاده از گیاه شیخ بهار نشاندهنده نویدهایی برای گیاه پالایی خاک ها و آبهای زیرزمینی آلوده به آفتکش ها بوده اند (۴).

مطالعات آزمایشگاهی با صنوبرهای سریع الرشد و ریشه عمیق نشاندهنده موفقیت در پالایش آبهای زیرزمینی آلوده می باشند زیرا رشد سریع صنوبر ها نیازمند حجم زیاد آب است که گیاه آنرا از منطقه اشباع خاک بیرون می کشد. آبهای زیرزمینی آلوده توسط گیاه جذب می شوند لذا آلاینده ها نیز بدخل مولکول های آلی گیاهان در حال رشد منتقل می گردند.

این تکنیک تاکنون برای پاکسازی خاک ها و آبهای زیرزمینی آلوده به آترازین اثبات گردیده است. در يك آزمایش از صنوبر هیبرید برای پاکسازی آلودگی های شیمیایی مزارعی با سطوح بالایی از نیترات ، آترازین و آلاکلر در آبهای زیرزمینی استفاده شد. تیمار این مزرعه ۱/۵ ایکری پس از مدتی موجب کاهش نیترات ها و علف کش های موجود در آبهای زیرزمینی مزبور شد (۴).

پالایش گیاهی پاسخی برای تمامی مشکلات ناشی از آلودگی ها نیست. گیاهان عموماً می توانند فقط به پاکسازی خاک ها و رسوبات تا عمق ۳ فوت پردازند زیرا ریشه هایشان معمولاً در همین منطقه رشد می یابند. همچنین گیاه پالایی معمولاً تا عمق حدوداً ۱۰ فوت برای پاکسازی آبهای زیرزمینی محدود می گردد (۴).

گیاه پالایی در زمره تکنیک های زیست پالایی است که بخوبی تحت تحقیق و بررسی قرار گرفته است ولیکن نیازمند دوره های زمانی طولانی برای پالایش مؤثر آلودگی های محیطی است. گیاهانی که پس از جذب آلاینده های خاک به انتقال آنها به ساقه ها و برگها بدون تجزیه زیستی و سم زدایی اقدام می کنند، قاعدتاً توانایی آسیب رسانی به علف خواران (herbivores) را دارند (۴).

"استخراج گیاهی" و "تثبیت گیاهی" حقیقتاً به تخریب آلاینده ها منجر نمی شوند ولیکن به گردآوری و عدم تحرک آلاینده ها می پردازند. گرچه این اعمال نتایج سودمندی دارند ولی همواره تخریب ترکیبات آلاینده

ترجیح داده می شوند. فواید گیاه پالایی هنوز کاملاً بر ملا نشده اند لذا توفیق بر توانایی هایش نیازمند کنکاش بیشتری می باشند (۴).

زیست پالایی مناطق آلوده به آفتکش ها :

زیست پالایی (bio-remediation) يك نوع تکنولوژی ابتکاری است که اغلب برای پاکسازی مکان های آلوده بکار می آید. پژوهش های اخیر مؤید کارایی این تکنولوژی است ضمن اینکه به کمترین هزینه نیز نیازمندند. بر طبق گزارشات سالانه EPA در ایالات متحده آمریکا حدوداً ۱۱ درصد کل پروژه های پالایش آلودگی های محیط زیست با تمسک به زیست پالایی انجام می گردند (۴).

فرآیندهای زیست پالایی از طریق افزودن :

الف) منابع کربن

ب) مواد بخشنده الکترون (electron donors)

پ) مواد معدنی

بر مقدار تجزیه میکربی آلاینده ها سرعت می بخشند (۴).

این اعمال را می توان با بکارگیری میکروارگانیسم های بومی (indigenous) و یا با افزودن محیط کشت های سرشار از میکروارگانیسم هایی با خصوصیات ویژه که قادر به تجزیه سریع و مطلوب آلودگی ها هستند، به اجرا گذاشت .

زیست پالایی ایده آل چنین است که تمامیت مواد آلاینده را ضمن معدنی کردن (منیرالیزاسیون) بدون تولید مواد حدواسط به آب و CO₂ تبدیل ساخت (۴).

فرآیند زیست پالایی را می توان به دو گروه عمده تقسیم کرد :

@۱) فرآیندهای درجا (in situ)

@۲) فرآیندهای خارج از محل (ex situ) (۴).

تکنولوژی زیست پالایی درجا شامل :

\$۱) هوادهی زیستی (bioventing)

\$۲) افشانه زیستی (biosparging)

\$۳) تحریک زیستی (biostimulation)

\$۴) انتقال با مایعات (liquid delivery)

\$۵) کمپوست کردن (composting) هستند (۴).

تکنولوژی زیست پالایی خارج از محل آلودگی شامل :

#۱) بیوراکتورها (bioreactors)

#۲) بیوفیلترها (biofilters)

#۳ کمپوست کردن (composting)

#۴ کشت و کار (land farming) می باشند (۴).

روش چاره اندیشی درجا برای سازندگان دستگاه های پالایش آلودگی های محیطی جذابیت بیشتری دارد زیرا نیازمند :

*۱) هزینه های کمتر

*۲) ابزارهای کمتر

*۳) کمترین آشفته گی محیطی می باشند ولیکن ابزارهای پالایش درجا دارای محدودیت هایی در کاربرد مزرعه ای هستند (۴).

در فرآیند زیست پالایی آفتکش ها از قارچ های پوسیدگی سفید (white-rot fungi) برای تلقیح بسترهای آلوده بعنوان يك تکنولوژی نویدبخش استفاده می شود، بطوریکه موضوع بسیاری از پژوهش های کنونی می باشند. از این تکنولوژی می توان بصورت درجا و یا خارج از محیط های آلوده بهره گرفت. این نوع قارچ ها عموماً برای تلقیح فرآیند کمپوست کردن خاک های آلوده استفاده می شود اما کاربردهای دیگری نیز در تکنولوژی زیست پالایی یافته اند (۴).

بیورآکتورها مشابه کارخانجات تیمار فاضلاب ها (sewage) عمل می کنند. برای طراحی "بیورآکتورها" غالباً از دو سیستم زیر استفاده می شود :

۱\$) این سیستم متناسب به "فیلترهای نشتی" (trickling filter) یا سیستم "تثبیت بستر آلوده" (fixed media) است که به فاضلاب های مایع اجازه عبور و چکیدن از يك قالب جامد نظیر محفظه های سنگریزه ای (rock) حاوی کلونی های میکروارگانیسمی را می دهد.

همچنانکه فاضلاب های مایع از قالب جامد عبور می کنند آنگاه میکروارگانیسم ها به تجزیه آلودگی ها مبادرت می ورزند. متعاقباً قبل از اینکه فاضلاب های تیمار شده تخلیه گردند، باید آنها را از وجود میکروارگانیسم های موجود در آن مرتباً تصفیه کرد. این سیستم همچنین می تواند متناسب به يك بیوفیلتر باشد که در پالایش آلودگی های گازی کاربرد دارد. برای تیمار چنین آلودگی هایی باید ابتدا به تبخیر آنها اقدام گردد (۴).

۲\$) دومین نوع طراحی بیورآکتورها از طریق مخازن آب بندي شده حاوی مخلوط آلاینده ها، میکروارگانیسم ها و مواد ضمیمه اجرا می شود. سیستم های بسته اجازه می دهند تا عواملی چون PH و O2 بخوبی کنترل شوند. در این روش به پمپاژ فاضلاب ها بدرون محفظه بسته حاوی میکروارگانیسم ها و عناصر غذایی آنان اقدام می نمایند.

مخزن مذکور را غالباً هوادیده می کنند اگرچه چنین فرآیندی می تواند در شرایط بی هوازی هم انجام پذیرد. اغلب از بیورآکتورهای چندگانه برای افزایش همزمان مقدار و سرعت زیست پالایی استفاده می شود. این سیستم ها نیز نیازمند تیمار فاضلاب ها جهت حذف تعداد بیشمار میکروارگانیسم ها قبل از تخلیه هستند.

اینگونه بیورآکتورها را برای تیمار آلودگی های جامد پس از تبدیل به فاز "دوغاب" (slurry phase) بکار می آیند. آب را در این روش به خاک اضافه می کنند و "دوغاب" حاصله را مداوماً بهم می زنند (۴).

مکمل هایی نظیر عناصر غذایی را می توان به این سیستم افزود و تیمارها را در شرایط هوازی یا بی هوازی به اجرا گذاشت. فرآیند موسوم به "SABRETM" با کمک بیورآکتور فاز "دوغاب" برای حذف علف کش ها از

خاك طراحی شده است. از سیستم پمپاژ سنتی و تیمار متعاقب برای حذف آلودگی از سفره های آب زیرزمینی بهره می گیرند (۴).

برای حذف آلودگی آبها از بیورآكتورهای مختلفی سود می جویند. نهایتاً آبهای پالایش شده را مجدداً به داخل آبهای زیرزمینی از طریق تزریق در چاه بر می گردانند. آبهای آلوده را همچنین می توان با افزودن مواد الکترون دهنده و عناصر غذایی در راستای افزایش تجزیه "درجا" (in situ) به کمک میکروارگانیسم های بومی اصلاح نمود. برای این منظور از یک پمپ برای ایجاد شرایط هوازی و تدارک اکسیژن بهره می گیرند. اینگونه آبهای زیرزمینی را نیز می توان در صورت ضرورت استخراج نموده و تحت تیمار قرار داد. چنین آبهایی را بعد از اصلاح از طریق افزودن عناصر غذایی مجدداً به آبهای زیرزمینی بر می گردانند. این فرآیند آنقدر ادامه می یابد تا اینکه آبهای زیرزمینی استخراجی مطابق با استانداردهای پاکیزگی گردند. چرخه مجدد آبهای استخراجی چاه ها به بهبود آنها می انجامد بطوریکه می توان آنها را بدون هیچگونه تیماری مجدداً در سفره های زیرزمینی تزریق کرد (۴).

"کمپوست کردن" خاک درگیر با مخلوط کردن خاک آلوده در قالب یک توده با مواد آلی جامد می باشد تا مواد آلی بعنوان منابع کربن مغذی جهت میکروارگانیسم های هوازی خاک عمل نمایند. کمپوست کردن وسیله ای برای پالایش مکان های آلوده به آفتکش ها است. برای اینگونه کمپوست کردن خاک در خارج از محل آلودگی باید محل آلوده را ابتدا خاکبرداری نمود سپس خاک ها را غربال کرد و آنگاه بصورت توده (windrow) یا "تل" (pile) در آورد. شیوه کمپوست کردن خاک بحالت "درجا" نیز امکان پذیر است اما کاربرد رایج ندارد. خاک ها سپس با موادی چون فاسفر، نیتروژن و مواد آلی تقویت می گردند. از رطوبت، PH و پتانسیل اکسایش یا "ردوکس" (redox potential) توده مذکور مراقبت بعمل می آید لذا خاک مرتباً هوادهی می گردند تا همگنی (homogeny) آن حفظ گردد. اینگونه توده ها را با صفحات پلاستیکی می پوشانند تا حالت بی هوازی ایجاد گردد و میکروارگانیسم های هوازی تشویق به استفاده از تمامی اکسیژن محبوس شوند. آنگاه که اکسیژن محبوس کاملاً تخلیه گردید، میکروارگانیسم های بی هوازی شروع به فعالیت می کنند و آلاینده های آلی را تجزیه می سازند درحالیکه چنین ترکیباتی توسط جمعیت میکرب های هوازی قابل تجزیه نبوده اند (۴).

موضوع "کشت و زرع" (cultivation) با عناوینی چون land farming ، land spreading ، land application و land treatment را غالباً برای برخی فرآیندهای مشابه و قابل تبدیل بکار می برند. از این تکنولوژی برای زیست پالایی در سطوح وسیع بسترهای جامدی چون خاک ، لجن و رسوبات آلوده بهره می گیرند (۴).

مخلوط کردن بسترهای آلوده با خاک غیر آلوده معمولی به میکروارگانیسم های بومی اجازه می دهد تا با آلاینده ها مقابله نموده و آنها را تجزیه کنند. مقدار بکارگیری بسترهای آلوده در اختلاط با خاک معمولی باید بخوبی محاسبه شود تا از غلظت نامطمئن آلاینده ها در خاک، محصولات و آب های زیرزمینی اجتناب گردد.

عموماً مقدار اختلاط بسترهای آلوده با خاک معمولی بر اساس هشدارهای برچسب آفتکش ها صورت می پذیرند. اندازه و موقعیت عملیات پخش بسترهای آلوده در مقدار بکارگیری آنها مؤثرند. سرانجام نیز از یک گیاه پوششی (cover crop) برای کشت و کار اراضی مذکور بهره می گیرند. گیاه پوششی به کشاورز امکان تداوم بهره گیری از مزارع تولیدی را می دهد درحالیکه پالایش اراضی آلوده نیز به موازات صورت می گیرد و حتی ممکن است بر شدت تجزیه آلاینده ها در منطقه ریزوسفر گیاهان پوششی افزوده گردد. تجزیه آلاینده ها در منطقه ریزوسفر جزو مبحث گیاه پالایی محسوب می شود. غالباً برای افزایش تجزیه زیستی میکروارگانیسم های بومی باید به افزایش عناصر غذایی اقدام نمود. برای حصول به بهترین نتایج باید به مراقبت از سطوح اکسیژن و رطوبت خاک اهمیت داد (۴).

اگرچه فرایندهای کشت و کار در راستای پالایش آلودگی های محیطی به کندی صورت می پذیرند ولیکن هزینه اینگونه تکنولوژی بسیار اندک است لذا آنرا برای مقادیر کم آلودگی نظیر آلاینده های کشاورزی مقبول می سازد. پالایش محیطی با استفاده از کشت و کار بنحو موفقیت آمیزی در سراسر ایالات متحده آمریکا بویژه مناطق غرب میانه برای حذف انواع آلودگی ها رواج دارد. از این روش برای پالایش خارج از مکان آلودگی نیز بهره می گیرند (۴).

قبل از اینکه کشاورزان به کشت و کار بپردازند، باید هدف خویش را مشخص سازند و مقدار آلاینده ها و همچنین خصوصیات خاک مکان آلوده را بررسی نمایند. در هنگام پخشاندن خاک های آلوده باید به دستورالعمل هایی نظیر مقدار و فصل بکارگیری زمین ها جهت کشت و کار توجه شود. زمین هایی که دارای غلظت زیاد آفتکش ها هستند را بصورت خطی (linebed) می پخشانند تا بتوان مواد آلاینده نشت یافته را جمع آوری نمود. هرگاه پخشاندن اراضی آلوده منجر به تبخیر آلاینده ها و امکان خسارات محیطی می شود، باید نسبت به پوشاندن سطح آنها جهت کنترل انتشارشان اقدام کرد (۴).

قارچ های پوسیدگی سفید بویژه از خانواده "**phanerochaete**" غالباً بواسطه توانایی قابل توجه آنها در تجزیه زیستی آلاینده های سمی از محیط زیست انتخاب می گردند. اغلب مطالعات بر توانایی قارچ "**phanerochaete chrysosporium**" در تجزیه ترکیبات بادوام متمرکز هستند اما قارچ های "**phanerochaete sordid**" ، "**pleuotus ostreatus**" ، "**phellinus weirii**" و "**polyporus versicolor**" نیز در مطالعات آزمایشگاهی مبین نتایج موفقیت آمیزی بوده اند.

این قارچ ها از این جهت در تجزیه آلاینده ها تأثیر گذار هستند که دارای آنزیم های "برون سلولی" (extracellular) تسریع کننده واکنش های منجر به تجزیه لیگنین می باشند. ترکیبات آروماتیک یا حلقوی گیاهان بسختی در طبیعت تجزیه می شوند لذا آنزیم ها در راستای تسریع بخشیدن به چنین واکنش های پُر قدرتی نیازمند "پراکسید هیدروژن" هستند که توسط قارچ های مذکور تولید می شوند (۴). این قارچ ها همچنین توانایی تجزیه مواد آلاینده ای نظیر: کلردان، لیندان و د.د.ت را دارند بدینگونه چنین قابلیت آنها را برای پالایش مکان های آلوده به آفتکش ها مناسب می سازد.

از قارچ های پوسیدگی سفید می توان برای تلقیح عملیات کمپوست کردن خاک ها بخوبی بهره گرفت. در واقع به مقادیر زیادی از قارچ ها برای پالایش مکان های آلوده نیاز می باشد زیرا آنها به آهستگی به تجزیه ترکیبات سمی می پردازند. نتایج برخی مطالعات بر توانایی قارچ های پوسیدگی سفید در تجزیه د.د.ت از محیط های مایع (aqueous cultures) نیز حکایت دارند (۴).

"تهویه زیستی" (bioventing) و "افشانه زیستی" (biosparging) بسیار شبیه فرآیندهای پالایش آلودگی ها بشیوه "درجا" (in situ) هستند ولیکن در هر دو روش به افزایش نفوذیابی O₂ در خاک جهت افزایش فعالیت میکروارگانیسم های هوازی مساعدت می گردد.

تهویه زیستی باعث ارائه O₂ به "خاکاب" (vadose) یعنی ناحیه غیراشباع می شود درحالیکه افشانه زیستی باعث ارائه O₂ در زیر سفره آب زیرزمینی و در ناحیه اشباع می گردد.

با این وجود هیچکدام از این روش ها برای پالایش ترکیباتی با احتمال تبخیر سریع مناسب نیستند. افشانه زیستی می تواند باعث خروج آلودگی ها بحالت تبخیر از سفره آب زیرزمینی به داخل ناحیه غیراشباع شوند تا از آنجا بازیافت گردند.

افشانه زیستی همچنین سبب ارائه O₂ به ناحیه اشباع خاک می شود و بدینطریق بر میزان تجزیه زیستی می افزاید. امروزه از این شیوه بفرآوری در مکان های آلوده به آفتکش ها بهره نمی گیرند (۴).

کاهش طبیعی (attenuation) مواد آلاینده از بسترهای آلوده توسط میکروارگانیسم های بومی بدون تیمارهای فعال نیز بررسی شده اند. این نوع فرآیند پالایش نیازمند زمان طولانی برای دستیابی به اهداف پاکسازی در مقایسه با روش های زیست پالایی فعال می باشد و بدین جهت در زمان طولانی تری به اجرای برنامه های فشرده مراقبتی نیاز است تا بنحو مستدل نسبت به وقوع کاهش مقدار آلاینده ها وقوف یافت (۴).

از تکنیک های مختلف زیست پالایی در پاکسازی بسیاری از انواع آلودگی ها می توان بهره گرفت. تیمارهای اکسیداسیون شیمیایی و تیمارهای بیولوژیکی پیشین برای پالایش "توکسافن" با غلظت ۱۴۷۰ پی پی ام و "پاراتیون" با غلظت ۱۱۰ پی پی ام اجرا شده اند. تیمارهای بیولوژیکی بصورت پالایش "درجا" صورت گرفته اند. برای این منظور به اصلاح خاک به کمک آب و عناصر غذایی پرداخته شد تا بر مقدار پالایش زیستی افزوده گردد. نتایج نشان داد که فرآیند تجزیه "پاراتیون" بدین ترتیب تسریع یافت ولی "توکسافن" تا حد مورد قبول تجزیه نشد (۴).

اغلب بموازات پیشرفت تجزیه آلاینده ها به افزودن وارسته های گیاهی بهبودبخش نظیر یونجه و همچنین موادی مثل اسید سولفوریک ، کودهای دامی، لجن و "پراکسید هیدروژن" می پردازند. پالایش را با دخالت و یا بدون دخالت آب انجام می دهند. سرانجام به ایجاد شرایط بی هوازی با PH مناسب می پردازند تا تجزیه زیستی آلاینده هایی نظیر "توکسافن" بمیزان قابل قبول صورت پذیرد (۴).

از بیوراکتورهای هوازی نیز جهت رفع آلودگی آبهای زیرزمینی بهره می برند. این سیستم می تواند ۳۰۰ هزار گالن از مایعات آلوده را روزانه تیمار دهد و آبهای تیمار شده را در یک سفره آب زیرزمینی تخلیه سازد. چنین سیستمی قادر به تیمار حدود ۲۱ میلیون گالن در سال با هزینه ۲ میلیون دلار است (۴).

شرکت "سیباگایگی" (Ciba-Geigy) از بزرگترین تولیدکنندگان آفتکش ها در دنیا است که در ایالت "آلاباما" آمریکا فعالیت می کند. این شرکت توانسته است شیوه های دراز مدتی را برای پاکسازی آلودگی آبهای زیرزمینی ناشی از د.د.ت ، لیندان و دیگر آفتکش ها مشابه با سیستم فوق ابداع نماید. در این روش ابتدا آبهای زیرزمینی را به داخل یک سیستم تیمار بیولوژیک پمپاژ می کنند سپس آنها را به داخل یک رودخانه محلی تخلیه می نمایند (۴).

حشره کش های فسفره آلی نظیر "مالاتیون" و "پاراتیون" بهترین نتایج تجزیه شدن تحت تیمارهای هوازی از جمله کمپوست کردن و پخشاندن خاک های آلوده ظاهر ساختند. آبهای زیرزمینی حاوی فسفات آلی را می توان از طریق عبور دادن از چندین دریچه یا پایلوت (pilot) و حوضچه آرامش (bench) متوالی با استفاده از بیورآکتورهای هوازی بنحو موفقیت آمیزی پالایش نمود (۴).

آفتکش های آلی کلره نظیر کلردان ، د.د.ت و توکسافن برای پالایش موفقیت آمیز نیازمند چرخه ای از فازهای هوازی و بی هوازی هستند. فاز بی هوازی به تقلیل کلرهای آفتکش (dechlorinate) می انجامد درحالیکه فاز هوازی به تکمیل معدنی شدن اینگونه ترکیبات منتهی می گردد (۴).

قارچ های پوسیدگی سفید نیز نویدبخش پالایش مواد آلی کلره هستند. آفتکش های "متولاکلر" و "تریازین" بنحو بارزی تحت شرایط کمپوست کردن و پخشاندن خاک تجزیه می گردند (۴). اگرچه زیست پالایی نویدبخش جایگزینی سایر روش های پاکسازی آلودگی های محیطی است اما همچنان در فاز توسعه و تحقیق قرار دارد. بسیاری از پروژه های مقیاس کارگاهی (bench scale) باعث انعقاد پروتکل های زیست پالایی و افزایش ترکیبات مؤثر و مفید در پروژه های پاکسازی شده اند (۴). زیست پالایی در پاکسازی آلودگی های ناشی از فرمولاسیون های قدیمی آفتکش ها در سال ۱۹۹۶ میلادی به شکست انجامید زیرا از ۷ آفتکش موجود فقط یکی از آنها بنام "کلردان" بنحو معنی داری کاهش یافت ولی همچنان به اهداف مورد نظر دست نیازیدند. خاک های آلوده متعاقباً به روش سوزاندن (incineration) نیز تیمار گردیده اند. مطالعات انجام گرفته نشان دادند که اینگونه از زیست پالایی قادر به دستیابی استانداردهای مورد نظر نیست (۴).

ارزیابی مکرر تجهیزات در معرض آفتکش ها نشان داد که مخاطرات در حد غیرقابل قبول مطرح هستند و عملیات پاکسازی بیشتر امکانپذیر نیست.

قارچ های "*phanerochaete chrysosporium*" و "*phanerochaete*" توسط گروهی از پژوهشگران بمنظور تعیین توانایی آنان در تجزیه د.د.ت خاک های آلوده حاصل از کاربرد آفتکش های کلره قدیمی بررسی شده اند. هر دو قارچ مذکور که عامل پوسیدگی سفید هستند، با وجود رشد سریع در طی آزمایش مزبور قادر به پالایش خاک تحت شرایط آزمایشگاهی نشدند.

سایر مطالعات نشان دادند که تجزیه د.د.ت توسط قارچ های پوسیدگی سفید امکان پذیر است اما معدنی شدن آنان توسعه نمی یابد لذا عموماً اغلب د.د.ت موجود در محیط زیست به DDD و یا DDE تبدیل می شوند (۴). این دستاوردها نشان می دهند که قبل از بکارگیری قارچ های پوسیدگی سفید جهت پالایش مکان های آلوده به آفتکش ها باید پژوهش های بیشتری صورت پذیرند زیرا توسعه پژوهش ها و تکنولوژی مرتبط می تواند به پیدایش شیوه هایی برای انگیزش فعالیت های بیولوژیکی منتهی شود بطوریکه از مدت زمان لازم جهت رفع آلودگی ها کاسته شود (۴).

عموماً تیمارهای زیست پالایی همچنان در مقایسه با تیمارهای حرارتی نیازمند زمان بیشتری هستند. تعداد زیادی از میکروارگانیسم ها و بسیاری از ترکیبات مشکل آفرین و همچنین تکنولوژی های فشرده زیست پالایی با این شیوه ابتکاری طی پژوهش های مکرر شناخته شده اند. پژوهش های مداوم برای کاهش محدودیت های موجود در مسیر زیست پالایی آلودگی های محیطی در حال انجام می باشند (۴).

قبل از اجرای پروژه های زیست پالایی در سطوح وسیع باید مطالعات پژوهشی ویژه ای انجام گیرند و ضمن اجرای پژوهش ها باید به نظاره گری روزانه پرداخت. البته این موضوع می تواند زمان آغاز برنامه های پاکسازی آلودگی ها را به درازا بکشد و بر میزان هزینه ها بیفزاید (۴).
ترکیبات فرعی حاصل از تغییر شکل آلاینده ها در ضمن پاکسازی محیط زیست غالباً قابل پیشبینی نیستند. مثلاً برخی از مواد شیمیایی نظیر DDE و DDD در ضمن مراحل تجزیه به مواد فرعی سمی تری نظیر DDE و DDD تبدیل می گردند.
حتی اگر میکروارگانیسم ها قادر به غیر سمی کردن یا متابولیسم یک ترکیب آلاینده باشند ولیکن وجود غلظت بالای این ترکیب در محیط زیست می تواند برایشان سمی باشد.
سرانجام ترکیباتی که نسبت به تجزیه زیستی مقاومند و سرسختی بیشتری بعمل می آورند، غالباً در اثر تیمارهای زیست پالایی بخوبی تیمار نمی گردند و نیازمند بکارگیری شیوه های دیگری هستند (۴).

نمونه هایی از طرح های گیاه پالایی :

گیاه پالایی تاکنون در بسیاری از مناطق جهان بویژه در مکان های آسیب پذیر با موفقیت به اجرا در آمده است که نمونه هایی از آنها بشرح زیر می باشند :

۱) "EPA" کمیته ای برای شناسایی بیشترین مکان های آلوده به ضایعات خطرناک در ایالات متحده آمریکا است. در چنین راستایی اداره ضایعات جامد و واکنش های اضطراری (OSWER) و اداره ابداعات تکنولوژی (TIO) در همراهی با مرکز پژوهشی EPA پرداخته اند و با کمک صنایع جهت رفع آلودگی ها به شناسایی ، تشویق و توسعه فراتر تکنولوژی های ابداعي اقدام می کنند زیرا یک طریقه حیاتی برای تشویق استفاده از چنین تکنولوژی هایی آن است که تصمیم گیرندگان را از اطلاعات موجود مرتبط با تکنولوژی ها ، سیاست ها و دیگر منابع همیار مطلع سازند (۲).

۲) گیاه پالایی برای پاکسازی آلودگی آبهای زیرزمینی مجاور منطقه "آبردین" شهر "مریلند" انجام گرفت. این منطقه برای دفن مواد شیمیایی و ضایعات جنگی طی سال های ۷-۱۹۴۰ میلادی در نظر گرفته شده بود. مواد شیمیایی که جزو پاک کننده ها و حلال های صنعتی بودند، از مهمترین مشکلات موجود در آبهای زیرزمینی منطقه محسوب می شدند لذا در سال ۱۹۹۶ میلادی اقدام به کاشتن ۱۸۳ اصله درخت صنوبر در سطح یک ایکر گردید.

درختان نسبت به جذب آلودگی آبهای زیرزمینی اقدام کردند و همزمان به تجزیه آنها در منطقه ریشه ها پرداختند. سطح آبهای زیرزمینی مجاور درختان نشان داد که از گسترش آبهای آلوده به اراضی پاک مجاور جلوگیری شده است. محققین برآورد نموده اند که میزان آلودگی آبهای زیرزمینی منطقه پس از گذشت ۳۰ سال از آغاز طرح مذکور بمیزان ۸۵ درصد کاهش خواهد یافت (۱).

۳) همزمان با اینکه درختان به تجزیه زیستی در منطقه ریزوسفر می پردازند، به جذب مواد قابل جذب در اثر نیروی حاصل از تعرق نیز اقدام می نمایند. شرکت خدمات حوزه های نفتی لونیزیانا در سال ۱۹۹۵ میلادی به کاشت ۹۲ اصله نهال صنوبر هیبرید برای حصول به منظورهای زیر نمود :

@۱- کنترل حرکت آبهای زیرزمینی

@۲- برداشت مواد متشکله خاک و آبهای زیرزمینی

@۳- افزایش تجزیه زیستی آبهای زیرزمینی و خاک در ناحیه رایزوسفر (۲).

(۴) در یک پژوهش انجام گرفته در ایستگاه هوا- فضا "کیپ کانورال" به کاشت نهال های بلوط ، کرچک و نخل بادبزی جهت کاهش آلودگی آبهای زیرزمینی ناشی از "تری کلرو اتیلن" (TCE) پرداخته شد. نتایج نشان دادند که برگهای گیاهان فوق حاوی گازهای مذکور شده اند (۲).

(۵) نژادهای باکتری "سودوموناس" (*pseudomonas*) را که بعنوان تجزیه کنندگان "پنتاکلروفنل" شناخته می شوند ، به خاک های آلوده به آلوده به آن افزوده شدند و توانایی باکتری ها در حفاظت از ارزن های "پروسو" که در زمین کاشته شده بودند ، ارزیابی گردیدند.

گیاهان پس از ۲۸ روز همراه با ریشه ها و ساقه ها از خاک برداشت شدند و خاک از نظر "پنتاکلروفنل" آزمایش گردید. گیاهچه ها به میزان ۵۰ و ۶۲ درصد در مواردیکه با باکتریها تیمار شده بودند و بذور شاهد به ترتیب در خاک های آلوده به "پنتاکلروفنل" سبز شدند درحالیکه سبز شدن بذور در خاک های غیر آلوده بترتیب ۱۰۰ و ۸۷ درصد بود. تیمار بذور با باکتریها در نهایت باعث افزایش بیوماس گیاهان در خاک های آلوده گردید آنچنانکه مشابه با خاک های غیر آلوده بودند.

مقدار "پنتا کلرو فنل" خاک هایی که زیر کشت بذور ارزن "پروسو" در تیمار با باکتریها قرار داشتند به ۳ میلیگرم در کیلوگرم رسید درحالیکه مقدار آن در خاک های زیر کشت ارزن تیمار نشده حدود ۵ میلیگرم در کیلوگرم و در خاک های کاشته نشده حدود ۱۵۷ میلیگرم در کیلوگرم بود (۲).

(۶) در يك آزمایش به بررسی وضعیت تعرق درختان صنوبری که در معرض ماده TNT (۲و۴و۶ تری نیترو تولوئن) غرس شده بودند ، پرداخته شد. نتایج نشان دادند که غلظت های TNT بیشتر از ۵ میلیگرم در لیتر برای صنوبرها سمی بوده اند آنچنانکه سبب کاهش بیوماس و محدود شدن رشد برگ هایشان گردیدند. این غلظت همچنین باعث کاهش معنی دار تعرق پس از ۱۱ روز شد. تمامی درختان صنوبر هیبرید درمقایسه با عدسک آبی (*duckweed*) و اویارسلام زرد نسبت به TNT متحمل تر بودند (۲).

(۷) ریشه های مومین کشت شده تاجریزی سیاه (*solanum nigrum*) اثبات نمودند که توانایی تغییر شکل "پلی کلرو بی فنل" (PCBs) تحت شرایط کنترل شده را دارند. توانایی تغییر فرم PCB در بوته های جوان تلقیح شده پس از ۱۶ روز ولی در بوته های مسن تر تلقیح شده پس از ۴۸-۳۷ روز کاهش یافت (۲).

(۸) گیاهان در بسیاری از حالات قابلیت متابولیسم آلاینده های آلی را از طریق واکنش های تغییر شکل (*transformation*) و الحاقی (*conjugation*) پیایند تقسیم تولیدات درباقت ها دارند. سمیت و سرنوشت "فنل ها" در گیاهان "آنژیوسپرم" یا نهاندانگان (*angiosperm*) نظیر عدسک آبی (*lemna gibba*) بررسی گردیده است.

نتایج نشان داد که پس از يك دوره ۱۶ روزه ، بیش از ۹۰ درصد "فنل ها" از محلول آلوده ناپدید شدند. "فنل های" که در اثر جذب توسط گیاهان ناپدید گردیدند سپس طی واکنش های متابولیسمی به ترکیبات دیگری نظیر "phenyl-b-D.glucoside" تبدیل شدند که ۵۰ درصد کمتر از ترکیبات پیشین سمیت دارند (۲).

۹) کاشت گیاه "چچم" یا "لولویوم" (ryegrass) در شرایط آزمایشگاهی توانست از آلودگی خاک ناشی از ترکیبات "آلیفاتیک" موسوم به ترکیبات "خطی یا زنجیره ای" (aliphatics) در مقایسه با نمونه های شاهد بنحو معنی داری بکاهد (۲).

۱۰) در یک بررسی آزمایشگاهی به کاربرد گیاه قیاق (گرمادوست) و لولویوم (سرمادوست) برای کاهش آلودگی TNT در نقش یک آلاینده محیط زیست پرداخته شد که نهایتاً هر دو گیاه به جمع آوری TNT از درون لایسیمترهایی با غلظت ۱۰ میلیگرم در هر کیلوگرم خاک پرداختند (۲).

۱۱) در یک آزمایش از گیاه یونجه برای گیاه پالایی مناطق آلوده به نفت خام استفاده شد. نتایج نشان داد که این گیاهان در مقایسه با گیاهان شاهد دارای ارتفاع کمتری هستند و دیرتر به مرحله بلوغ می رسند. نهایتاً از ۲۰ گونه گیاه کاشته شده فقط ۲ ژنوتیپ حاوی مقدیری از هیدروکربن های نفتی بودند (۲).

۱۲) در یک تحقیق به ارزیابی گیاهان تیموتی، شبدر قرمز و آفتابگردان در مناطق آلوده به علف کش "2,4,5-T" نظیر جنگل، مرتع و اراضی سیل گیر ناحیه "سین سیناتی" ایالت "اوهایو" پرداخته شد. نتایج نشان دادند که فعالیت میکربی و مقدار بیوماس در اراضی کاشته نشده بستگی به نوع خاک دارند درحالیکه فاکتورهای مذکور در اراضی کاشته شده بستگی به گونه های گیاهان فوق الذکر داشته اند. بطور کلی نوع خاک بیشترین تأثیر را بر بیوماس میکربی، فعالیت و تجزیه مواد "ضد زیستی" (xenobiotic) داشتند (۲).

۱۳) میسیلیوم های قارچی وابسته به گیاهان باعث افزایش فضای ریزوسفر در مقایسه با سایر گیاهان می شوند لذا می توانند به گیاه پالایی تسریع بخشند. ضمن یک پژوهش، دو نوع قارچ "برون زی" (ecto-mycorrhizal) شامل "suillus variegatus" و "panillus involutus" در رابطه با توانایی تجزیه علف کش 2,4-D (۲ و ۴ دی کلروفل) با استفاده از نوعی کاج (pinus sylvestris) بکار گرفته شدند. نتایج نشان دادند که 2,4-D توسط قارچ ها تجزیه می شود اما تأثیر قارچ "panillus involutus" بسیار مؤثرتر از "suillus variegates" بوده است. همزیستی (symbiosis) قارچ های ریشه زی (mycorrhizal) باعث افزایش فرآیند معدنی شدن 2,4-D توسط کاج ها گردید ولیکن تأثیر قارچ "suillus variegates" در شرایط همزیستی با کاج برای تجزیه 2,4-D بنحو چشمگیری بیشتر از قارچ "panillus involutus" بود (۲).

۱۴) از ۶ گونه درخت برای گیاه پالایی آبهای زیرزمینی آلوده به علف کش بنتازون در لونیزیانای جنوبی استفاده شد. نتایج نشان دادند که بنتازون به برگ ها منتقل و طی یک دوره زمانی کوتاه تجزیه می شوند. بدینطریق مشخص شد که مناسب ترین گیاه تعقیب کننده آبهای زیرزمینی (phreatophyte) و متحمل به بنتازون را بید سیاه (black willow) با نام علمی "salix nigra" تشکیل می دهد (۲).

۱۵) از ۱۵ گونه گیاه برای تعیین میزان توانایی آنها در معدنی کردن دو علف کش آترازین و متولاکلر در خاک هایی با آلودگی ۵۰ پی پی ام استفاده گردید. نتایج بیانگر اینکه میزان معدنی شدن در رایزوسفر گیاه شیخ بهار (*kochia*) بیشتر از رایزوسفر خارمُشک (*musk thistle*) با نام علمی "*cardaus sp*" ، علف گربه (*catnip*) با نام علمی "*nepeta sp*" ، دُم روباهی ، سلمه تره و بیدگیاه (*witch grass*) با نام علمی "*Agropyron sp*" بوده است.

میزان آترازین ۳۶ روز بعد از کاشت بوته های گیاهان فوق در اثر معدنی شدن بنحو معنی داری کاهش یافت اما میزان کاهش متولاکلر بسیار اندک بود (۲).

۱۶) توانایی جذب "تری کلرو اتیلن" (TCE) توسط صنوبر هیبرید از آبهای زیرزمینی بررسی گردید. نتایج حاکی از آن است که صنوبر می تواند TCE را تجزیه نموده و بصورت تعرق از روزنه های سطح برگ خارج سازد. این درختان بنحو معنی داری توانستند از میزان TCE موجود در آبهای زیرزمینی طی فصل رشد بکاهند (۲).

۱۷) در یک تحقیق به بررسی امکان تجزیه مواد منفجره "گلیسرول تری نیترات" (GTN) یا "نیتروگلیسیرین" به کمک سلول های گیاهی و عصاره آنها پرداخته شد. نتایج بیانگر اینکه سلول های کامل برخی گیاهان می توانند GTN را تجزیه کرده و به "گلیسرول دی نیترات" (GDN) و "گلیسرول مونو نیترات" (GMN) تبدیل سازند که آلاینده های بسیار ضعیف تری دارند (۲).

۱۸) نشت مواد نفتی (*oil spills*) در نقاط ساحلی غالباً باعث مرگ سبزینگی و آلودگی رسوبات برای سال ها می شوند لذا ضمن یک پژوهش برای بازگرداندن سکونتگاه طبیعی به پاکسازی آلودگی ها با استفاده از گیاهان باتلاقی (*mesocosms*) پرداخته شد. برای این منظور از گراس های باتلاقی (*marsh sods*) نظیر گیاه ریسمانی (*cord grass*) به اسامی علمی "*spartina alterniflora*" و "*spartina patens*" جهت پاکسازی دُزهای مختلف نفت خام استفاده شد. در این طرح ۲ سال بعد از ریخته شدن نفت خام بر روی خاک به کاشتن بوته های گیاه ریسمانی اقدام شد. رشد مجدد بوته ها در اثر آلودگی خاک متأثر نگردید ولیکن بیشترین بیوماس توسط "*S.alterniflora*" حاصل آمد. پاکسازی محیط های آلوده به نفت خام در عدم حضور گیاهان دچار وقفه شد درحالیکه تجزیه نفت خام در حضور گیاهان همراه با افزودن عناصر کودی تسریع یافت (۲).

۱۹) جمعیت میکربی رایزوسفر ممکن است سبب افزایش گیاه پالایی خاک های آلوده به مواد شیمیایی آلی گردند لذا با "کاشت محفظه ای" یونجه و علف چمنی (*blue grass*) با نام علمی "*poa alpina*" برای ۱۴ هفته بمنظور پاکسازی آلودگی ها اقدام شد. نتایج مبین افزایش معنی دار غلظت مواد شیمیایی آلی تجزیه کننده (OCD) در محیط رایزوسفر بودند که نشاندهنده قابلیت تحریک پالایش زیستی توسط ریشه های این گیاهان بوده است (۲).

۲۰) توانایی گیاهان در جذب و تغییر شکل "TNT" (۲ و ۴و ۶- تری نیترو تولوئن) به کمک کشت ریشه های موئین گیاهان آبی نظیر دو گونه "کاشم" به اسامی علمی "myriophyllum spicatum" ، "myriophyllum aquaticum" و گیاه "پروانش" با نام علمی "catharanthus roseus" بررسی گردید. مطالعات نشان دادند که گیاهان فوق الذکر موجب تغییر شکل TNT می شوند آنچنانکه مقادیر زیادی از مواد حاصل از تغییر شکل TNT به روش عصاره گیری با متانول در گیاهان مذکور یافت گردید (۲).

۲۱) در یک آزمایش به پاکسازی محیط زیست آلوده به عناصر میکرو به کمک عدسک آبی (duckweed) پرداخته شد. نتایج نشان دادند که غلظت ترین عناصر در برگ های عدسک آبی به ترتیب زیر بوده اند : کادمیوم ، سیلینیم ، مس ، کُرْم ، سُرْب و نیکل (۲).

۲۲) یک آزمایش مختلط در سطح مزرعه ای و وسعت محدود (bench-scale) برای دریافت ارتباط بین ترکیبات مختلف سولفور موجود در خاک و غلظت سولفور در گیاهان انجام گرفت. ترکیبات مختلف سولفور دارای قابلیت حلالیت متفاوتی هستند لذا دسترسی گیاهان به آنها دچار گوناگونی می گردد. نتایج نشان می دهند که سولفورهای محلول در آب و سولفورهای جذب سطحی خاک مستقیماً قابل دسترسی ریشه های گیاهان هستند درحالیکه معدنی شدن سولفات ها از سولفورهای آلی بویژه "سولفات استر" (ester sulfate) پس از جذب توسط گیاهان صورت می پذیرند (۲).

۲۳) اورانیوم موجب آلودگی آبهای زیرزمینی می شود و مشکلات زیست محیطی عمده ای را ایجاد می نماید. نتایج مطالعات اولیه نشان می دهند که ریشه های گیاهان خشکی زی (terrestrial) قادر به حذف اورانیوم از محیط محلول (aqueous streams) به طریق تصفیه ریشه ای می باشند آنچنانکه تمامی اورانیوم جذب شده توسط آفتابگردان در ریشه هایش تجمع می یابند. اطلاعات اجرای آزمایش فوق در "آشتابولا" ایالت اوهایو بصورت پایلوت نشان داد که مقدار آلودگی های محیطی از ۸۷۴-۲۱ گرم در لیتر به کمتر از ۲۰ گرم در لیتر رسیدند (۲).

۲۴) یک گونه از گیاه شلغم روغنی با نام علمی "brassica pekinesis" دارای قابلیت سوپر تجمع سُرْب در جهت گیاه پالایی خاک است لذا اثر غلظت های مختلف سُرْب بر جوانه زنی بذور و رشد ریشه ها و ساقه هایش بررسی گردیدند. تجمع سُرْب در ریشه ، ساقه و برگ به غلظت سُرْب در بستر رشد بستگی داشت. غلظت سُرْب در ریشه ها حدوداً ۳۴-۲۷ برابر غلظت آن در بستر رشد بودند درحالیکه غلظت سُرْب در ساقه ها و برگها بترتیب حدوداً ۷-۴ برابر و ۳-۲ برابر گردیدند. غلظت سُرْب موجود در ساقه ها و برگها امکان برداشت و حذف این ماده را از محیط رشد بسادگی امکان پذیر می سازد (۲).

۲۵) در یک آزمایش توانایی استخراج گیاهی گونه های خردل هندی (brassica juncea) ، شلغم معمولی (brassica napus) و کلزا (brassica rapa) برای پالایش آلودگی کادمیوم و روی در خاک ها در مقایسه با قدومه کوهی (thlaspi caerulescens) ، آگروستیس (agrostis capillaris) و فستوک (festuca rubra) بررسی شدند. نتایج نشان دادند که غلظت کادمیوم در ساقه قدومه کوهی حدوداً ۱۰ برابر این ماده در سه گونه

صلیبیان بوده است در حالیکه غلظت عنصر روی در ساقه قدومه کوهی حدوداً ۲/۵ برابر بیشتر از صلیبیان گردید. اصولاً صلیبیان به دلیل تولید بیوماس بیشتر دارای نقش برجسته تری در جذب کادمیوم و روی نسبت به قدومه کوهی هستند (۲).

(۲۶) موفقیت در گیاه پالایی به انتخاب گیاه مناسب و اصلاح خاک بستگی دارد تا به حذف حداکثر مقدار آلاینده ها از محیط بینجامد. خردل هندی (*brassica juncea*) نشان داد که بویژه در صورت مصرف شلات آهن "EDTA" در خاک از قابلیت استخراج گیاهی عنصر روی برخوردار است.

غربالگری ۲۲ گونه گراس در شرایط هیدروپونیک نشان داد که: یولاف (*avena sativa*) و جو (*hordeum vulgare*) نسبت به غلظت های بالای مس، کادمیوم و روی موجود در محلول خاک متحمل هستند و آنرا در غلظت های بالاتری در ساقه هایشان تجمع می سازند.

یک آزمایش مقایسه ای به شیوه هیدروپونیک برای مقایسه دو گراس با خردل هندی نشان داد اگر چه غلظت روی در ساقه های خردل هندی بیشتر است اما گراس ها بنحو قابل توجهی متحمل تر بودند. نتایج این آزمایش توصیه می کنند که گیاه جو توانایی گیاه پالایی همسان با خردل هندی را دارد (۲).

(۲۷) فرآیند استخراج گیاهی در بکارگیری گیاهان برای حذف فلزات سنگین از خاک های آلوده می باشد بگونه ای که فلزات سنگین به ساقه ها منتقل شده و توسط برداشت گیاه از خاک خارج می شوند.

چندین رقم از خردل هندی (*brassica juncea*) برای دریافت توانایی آنها در تجمع سرب و دیگر فلزات سنگین بررسی شدند. نتایج نشان داد که *B. juncea* و *B. nigra* توانایی تجمع بالاترین غلظت فلزات سنگین را در این گروه دارند. رشد ساقه ها فقط اندکی در اثر غلظت های بالای سرب تأثیر پذیرفت. سایر فلزات به ترتیب زیر در گیاه تجمع یافتند: کرم، کادمیوم، نیکل، روی و مس (۲).

(۲۸) عنصر سیلینیم (Se) بصورت طبیعی در بسیاری از خاک های ایالات متحده آمریکا حضور دارد ولیکن در غلظت های بالا می تواند برای گیاهان و جانوران زیان آور باشد.

کاشت چندین گونه گیاهی نظیر کلزا (*canola*)، خردل هندی، شبدر پنجه کلاغی (*birdfoot*)، فستوک بلند و کنف (*kenaf*) بمنظور گیاه پالایی سیلینیم تا حد کمترین غلظت سمیت بررسی شدند. نتایج بیانگر اینکه گیاهان مناسب برای چنین پروژه هایی شامل گونه های مختلف خردل ها (*brassica sp*) و گون ها (*Astragalus sp*) می باشند (۲).

(۲۹) حذف اورانیوم از خاک در اثر استخراج گیاهی به کمک گیاهان مناسب و تکنولوژی های جدید صورت می پذیرد. در یک آزمایش به اصلاح خاک های آلوده به اورانیوم و تجمع آن در گیاهان پرداخته شد. نتایج آزمایش نشان دادند که اسید سیتريك از بیشترین قابلیت تأثیر بر افزایش "پس دهی" (*desorption*) اورانیوم خاک و تجمع آن در گیاهان نسبت به اسید استیک و اسید مالیک برخوردار است.

غلظت اورانیوم در ساقه های خردل هندی (*brassica juncea*) و خردل چینی (*brassica chinensis*) که در خاک آلوده به اورانیوم با غلظت ۷۵ میلیگرم در کیلوگرم رشد یافته بودند، تا میزان ۵۰۰-۵ میلیگرم در کیلوگرم در محیط های تیمار شده با اسید سیتريك افزایش یافتند (۲).

۳۰) در يك آزمایش به بررسی توانایی ارزن وحشی (switchgrass) با نام علمی "*panicum virgatum*" در حذف آلودگی عناصر "سزیم ۱۳۷" و "استرانسیم ۹۰" از خاک پرداخته شد. نتایج نشان دادند که بیوماس سطح زمینی گیاه به تجمیع "سزیم ۱۳۷" تا غلظت ۳۶ درصد و "استرانسیم ۹۰" تا غلظت ۴۴ درصد می پردازد ولیکن میزان تجمیع در گیاه پس از ۲ مرحله برداشت نزول یافت. میزان غلظت آلاینده ها در گیاهان با افزایش غلظت آلاینده ها در محیط کشت بیشتر می شد (۲).

۳۱) فیلتراسیون ریشه ای گیاهان برای حذف فلزات سنگین از آبهای جاری استفاده می شود. توانایی ریشه های خردل هندی در شرایط هیدروپونیک برای حذف سرب، کادمیوم، مس، کرم، نیکل و روی از محلول بررسی شد.

مقدار سرب جذب شده بستگی به غلظت آن در محلول داشت و این موضوع نشان داد که میزان جذب بطور یکنواخت (monotonic) در گیاه کاهش می یابد. میزان جذب سرب در ریشه های بزرگتر و حجیم تر بیشتر بود. تنها ریشه های زنده و فعال قادر به جذب سرب بودند و این موضوع برای سایر فلزات نیز عمومیت داشت (۲).

۳۲) توانایی گیاهان مختلف برای بقاء در شرایط محیطی آلوده به سرب و تجمیع همزمان آن در بخش های مختلف گیاه بررسی گردید. برای این منظور از غلظت های مختلف نترات سرب $\text{pb}(\text{NO}_3)_2$ در محلول هیدروپونیک استفاده شد لذا ۳۳ گونه مختلف گیاهی مورد آزمایش قرار گرفتند سپس بر اساس توانایی رشد و جذب سرب به ۵ گروه تقسیم شدند. نتایج بیانگر اینکه دو گونه "*Ipomoea lacunosa*" و "*sesbania exaltata*" دارای توانایی معنی داری در سوپر تجمیع سرب بودند (۲).

۳۳) میزان سمیت عناصر مس و روی در ۳ گونه از جنس "*brassica sp*" بررسی شد تا میزان تحمل و تجمیع این عناصر در گیاهان مزبور بمنظور کاربرد در گیاه پالایی مناطق آلوده به فلزات سنگین مشخص گردد.

لذا به شیوه هیدروپونیک به کاشت بوته های ۱۲ روزه کلزا یا شلغم روغنی (*B.rapa*)، شلغم معمولی (*B.napus*) و خردل هندی (*B.junceae*) اقدام شد و آنها به مدت ۱۴ روز در شرایط حضور عناصر مس و روی پرورش یافتند.

نتایج نشان دادند که وزن خشک ریشه ها و ساقه ها در اکثر مواقع بنحو معنی داری در حضور فلزات سنگین کاهش یافتند ولیکن گونه های براسیکا در مقوله حذف فلزات سنگین به جذب روی با شدت بیشتری نسبت به مس اقدام ورزیدند. میزان جذب مس و روی زمانی که بعنوان تنها آلاینده محیطی مطرح بودند، کاهش یافت (۲).

۳۴) از قدومه کوهی (*Thlaspi caerulescens*) بعنوان يك گیاه علفی چند ساله در حذف آلودگی های ناشی از عناصر کادمیوم و روی بهره جُستند. نتایج نشان داد که شاخه و برگ های این گیاه می توانند بیش از گیاهان اقتصادی به تجمیع عنصر روی (بیش از ۳ درصد) بپردازند. همچنین در شرایطی که خاک ها دارای غلظت بالاتری از فلزات سنگین بدون حضور آهک (*calcareous*) بودند، بر تحمل قدومه کوهی نسبت به سمیت مس افزوده شد (۲).

۳۵) تحقیقات گلخانه ای که در سال ۱۹۹۰ میلادی اجرا شدند ، نشان می دهند که گیاهان متحمل به حالت باتلاقی می توانند باعث پاکسازی و کاهش حجم نمک فاضلاب های حاصل از استخراج نفت و گاز طبیعی شوند(۵).

۳۶) جذب عنصر روی توسط صنوبرهای هیبرید :
مطالعات گلخانه ای نشان می دهند که سطوح بالایی از عنصر روی در برگ های صنوبر هیبرید که در بستر کوآرتز خنثی در شرایط آلوده به عنصر روی پرورش یافتند، وجود دارند. این موضوع با اطلاعات مزرعه ای در تأیید جذب مواد آلاینده توسط صنوبرهای هیبرید مطابقت دارد. سیستم های گیاه پالایی مبتنی بر درختان (tree mediation) با استفاده از گونه هایی نظیر صنوبر و بید که ریشه های عمیق و گسترده ای دارند، می توانند به تصفیه آلاینده های موجود در آبهای زیرزمینی بصورت صافی کردن (plume) بینجامند (۵).

۳۷) جذب عنصر روی توسط "گاماگراس شرقی" :
آزمایشاتی با کاشت "گاماگراس" نشانی در لایسیمتر گلدانی بر بستری از کوآرتز خنثی انجام گرفت. گیاهان مذکور با فاضلاب های حاوی عنصر روی آبیاری شدند آنگاه پس از دو ماه به اندازه گیری مقادیر روی جذب شده، انتقالی و تفکیکی در ریشه ها و ساقه های "گاماگراس" به موازات اندازه گیری سرعت تبخیر و تعرق، مقدار عناصر غذایی مصرفی و بیوماس تولیدی پرداخته شد. آنالیز مواد نشت یافته (leachate) با اسپکتروفوتومتر جذبی (absorption spectrophotometry) نشان داد که گیاهان توانسته اند بمیزان ۷۰-۳۰ درصد عنصر روی (۱۶۰ میکروگرم در گرم ، با رنگ روشن و ضخیم تر از شاهد) را از فاضلاب جمع آوری کنند بطوریکه مقدار روی در برخی دیگر از ریشه های گیاه به ۶۰۰ میکروگرم در گرم رسید که برنگ تیره بودند ولیکن پهنک برخی از برگ های بالغ بحالت پیچش در آمدند. بعد از برداشت کامل "گاماگراس ها" مقادیری از بستر شنی توسط سیلندر بدون آشفته سازی ریشه های باقیمانده گیاه برداشته شدند سپس ریشه ها به کمک آب یونزدایی شده شسته گردیدند. بقایای گیاهی به دو بخش ریشه ها و اندام های هوایی تقسیم شده و آنالیز گردیدند (۵).

۳۸) یک آزمایش گلخانه ای در مورد جذب عنصر روی توسط صنوبر هیبرید (populus sp) در سال ۱۹۹۵ میلادی انجام پذیرفت. در این آزمایش مقدار ۴۲۰۰ پی پی ام عنصر روی در برگ ها ضمن شرایطی یافت گردید که آلودگی شدید به این عنصر در منطقه ریشه ها وجود داشت. آنالیز آب و خاک موجود در لایسیمتر (lysimeter) که چندین دُز مختلف از عنصر روی را دریافت کرده بوند، نشان داد که عنصر روی ضمن ۴ ساعت پس از فقط یکبار عبور از سیستم ریشه ای جذب می گردد. اطلاعات حاصله نشان داد که غلظت فلز روی بمیزان بیش از ۳۸۰۰۰ پی پی ام (ppm یا $\mu\text{g/g}$) وزن خشک ریشه ها بوده است درحالیکه بخش های روزمینی گیاه حاوی مقادیر کمتری از این عنصر شدند (۵).

۳۹) آزمایش مشابهی جهت ارزیابی جذب عنصر روی توسط "علف گاما" (Gamagrass) با نام علمی "Tripsacum dactyloides" که گیاه علفی بزرگ و حجیم است در سال ۱۹۹۶ میلادی صورت پذیرفت. این مطالعه به الگوی مشابهی از تفکیک (partitioning) و الحاق (sequestration) با آزمایش صنوبر

دست یافت اما رشد و تعرق گیاهی موجب بیشترین توقف در بالاترین سطوح تجمع فلزات سنگین در "گاماگراس" گردید (۵).

۴۰) غلظت عنصر روی در بافت های صنوبر هیبرید :

تمامی بافت های گیاهان دخیل در برنامه های گیاه پالایی پس از برداشت در ۸۰ درجه سانتیگراد خشک گردیدند سپس از نظر حضور عنصر روی توسط اسپکتروفتومتر جذبی آنالیز شدند. ریشه های صنوبر هیبرید همانند ریشه های "گاماگراس" ضمن آنالیز نشان دادند که درصد بیشتری از عنصر روی را در مقایسه با بخش های هوایی بصورت تجمیع و یا الحاقی (کمپلکس) در خود نگهداشته اند. غلظت عنصر روی در ریشه های صنوبرهایی که در گلدان های حاوی محلول عناصر غذایی با غلظت ۶۰۰ میکروگرم در گرم عنصر روی بودند به ۱۰۰۰۰ میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک ریشه رسید درحالیکه بخش های هوایی گیاه حداکثر دارای ۱۰۰۰ میکروگرم در کیلوگرم عنصر روی بودند.

صنوبرهای پرورش یافته در گلدان هایی با غلظت روی ۱۶۰ میکروگرم در گرم به غلظت ۴۰۰۰ میکروگرم در گرم وزن خشک خشک ریشه ها دست یافتند درحالیکه غلظت روی در بخش های هوایی آنها فقط ۴۰۰ میکروگرم در گرم بوده است. در همین زمان ریشه های صنوبرهای شاهد فقط حاوی ۷۵ میکروگرم در گرم از عنصر روی شدند و بخش های هوایی آنها نیز حاوی ۵۰ میکروگرم در گرم از این عنصر بودند. مقدار اندک عنصر روی موجود در گیاهان شاهد نیز بواسطه وجود این عنصر ضروری در مواد کودی مصرفی جهت پرورش نهال ها بوده است.

اعتقاد بر این است که بخش عمده ای از عنصر روی بصورت الحاقی در دیواره سلولی بافت کورتکس ریشه در می آیند و بدینطریق از سمیت آنها کاسته می گردد و فقط مقدار کمی از روی به برگ ها و ساقه ها منتقل می شوند. در صنوبرهای هیبرید با افزایش غلظت روی در ریشه ها از مقدار تبخیر و تعرق گیاه بنحو معنی داری کاسته می شود درحالیکه رشد بخش های هوایی و مقدار تبخیر و تعرق گیاه "گاماگراس" بموازات افزایش سطوح روی (۶۰۰ میکروگرم بر گرم) دچار کاهش همزمان می گردند.

بهرحال بکارگیری سیستم گیاه پالایی در جهت کاهش آلودگی عنصر روی از محلول خاک می تواند در سیستم "گاماگراس" تقریباً ۹۰-۵۰ درصد و در سیستم صنوبر هیبرید تا ۹۹ درصد از غلظت روی را کاهش دهد و آنها را از سطح خسارتزایی یعنی چند صد پی پی ام به سطوح بی خطر برساند.

"گاماگراس" با ارتفاع تا ۲ متر و دارای ریشه های افشان (fibrous) و گسترده ای است. "گاماگراس" بدینگونه با تولید مقادیر زیادی از بیوماس ریشه ای به تدارک مکان های بیشمار جهت الحاق مواد آلاینده و بی اثرسازی آنها می پردازد. "گاماگراس" دارای توسعه یکنواخت ریشه ها و اندام های هوایی است و بخوبی قابل برداشت می باشد (۵).

۴۱) شلات های همیار تجمیع فلزات در گیاهان :

عوامل کلیدی کنترل حذف آلاینده ها از خاک توسط گیاهان مبتنی بر جذب و تجمیع مواد آلاینده در پیکره گیاهان بدون آسیب رسانی به آنها می باشد. گیاه پالایی نتیجه رویارویی گیاهان منتخب با محیط های آلوده جهت سازگاری تدریجی است و در این میان پیوند تمامی عناصر آلاینده با ذرات خاک گسیخته می شود و بشکل قابل دستیابی گیاهان وارد محلول خاک می گردند. فلزات سنگین با درجات مختلفی به ذرات خاک پیوند می یابند و

این موضوع بستگی به شرایط خاک نظیر : PH ، مقدار رس ، مواد آلی و پتانسیل اکسایش (پتانسیل ردوکس) دارد.

در طرح های گیاه پالایی فقط گیاهانی قادر به دستیابی به عناصر آلاینده محیطی هستند که بتوانند از محلول آماده و یا قابل تبدیل درون خاک بهره گیرند ولیکن فلزاتی که با قدرت زیاد به مواد آلی خاک پیوند یافته اند و یا در اثر اکسیده شدن رسوب می یابند، عموماً از دسترس گیاهان خارج می گردند و قابل جذب توسط ریشه ها نیستند.

یکی از شیوه های افزایش قابلیت دستیابی فلزات شامل نشت (leach) انتخابی آنها بدرون محلول خاک با استفاده از عوامل شلات ساز (chelating agents) می باشد. عوامل شلات ساز باعث افزایش انتشار (diffusion) عناصر فلزی در محلول خاک می شوند و بدین طریق آنها را در معرض جذب توسط گیاهان قرار می دهند. شلات سازها با تشکیل یونهای بزرگ و کم واکنش به افزایش غلظت عناصر فلزی در محلول خاک می پردازند و سبب می شوند تا توانایی واکنش یونهای آزاد با ذرات خاک کاهش یابد. عوامل شلات ساز طبیعی (اسیدهای آلی نظیر اسید سیتریک و اسید استیک) که از طریق ریشه های درختان آزاد می گردند به تولید یون هایی می انجامند که به تحرك مواد آلاینده و عناصر غذایی گیاهان كمك می کنند. گیاهان معمولاً قادر به شكستن پیوند شلاته (chelation bond) فلزات هستند و بدین طریق فلز شلات شده را به درون محلول خاک بر می گردانند. آزمایشات گلخانه ای اخیر به تسهیل کاربرد انواع عوامل شلات ساز بمنظور تحريك آزادسازی فلزات سنگین از مکان های پیوندیابی در خاک و افزایش مقدار و گسترش تجمع فلزات در بافت های گیاهی كمك کرده اند. این پژوهش ها در جستجوی تغییراتی در عوامل تغلیظ برخی فلزات سنگین (روی ، کادمیوم ، سرب ، مس) و عناصر پرتوزا (اورانیوم ، توریم) در خاک یا رسوبات می باشند. در این پژوهش ها معلوم شد که با افزایش عوامل شلات ساز می توان تجمع عناصر آلاینده محیط زیست در گیاهان را تحريك بخشید.

در يك آزمایش به پرورش نهال های بید در خاک به روش لایسیمتر گلدانی پرداخته شد. این نهال ها با دُر ثابت و رقیق شده عوامل شلات ساز آبیاری شدند. نمونه های خاک و بافت های گیاهی در فواصل معین زمانی آنالیز گردیدند. نمونه های خاک از طریق تکنیک های عصاره گیری مداوم (sequential extraction) تجزیه شدند آنچنانکه اطلاعات کاربردی در مورد درصد حضور آلاینده ها در خاک و گیاه حاصل شدند. غلظت آلاینده ها بنحو قابل ملاحظه ای با عصاره گیری مداوم در گیاه افزایش می یافت که نشاندهنده جذب آنها از طریق ریشه ها بوده اند (۵).

۴۲) جذب سرب و آرسنیک توسط درختان "آب یاب" :

در آزمایشات گلخانه ای اخیر به ارزیابی میزان جذب ، انتقال ، تفکیک و الحاق عناصر سرب و آرسنیک در اندام های درختان "آب یاب" (phreatophytic) نظیر بید هیبرید (salix sp) و صنوبر هیبرید (populous sp) که ریشه هایشان در جستجوی سفره آب زیرزمینی به اعماق خاک نفوذ می یابند ، پرداخته شد. آنگاه تعدادی از این گیاهان در بستر کوآرتز رشد یافته و با آب آلوده ای به غلظت ۱۰۰۰ میکروگرم در گرم سرب و ۲۰۰ میکروگرم در گرم آرسنیک قرار گرفتند.

قلمه های ریشه دار شده (rooted cuttings) بید هیبرید و صنوبر هیبرید در لایسیمتر گلدانی حاوی خاک آلوده و کوآرتز در طی يك دوره ۴ هفته ای تحت شرایط گلخانه ای رشد یافتند. گلدان های حاوی خاک آلوده فقط با آب بدون یون (دیونیزه) آبیاری شدند درحالیکه گلدان های حاوی شن با محلول حاوی نیترات سرب و

آرسنیک سدیم آبیاری گردیدند. غلظت سرب و آرسنیک بترتیب ۱۰ و ۱۰۰ میکروگرم در میلی لیتر محلول آبیاری انتخاب شده بودند. غلظت آرسنیک در این غلظت بسیار سمی تر از سرب است. گیاهان رشد یافته هیچگونه علائمی از مسمومیت تحت چنین شرایطی نشان ندادند. بیدها و صنوبرها جملگی به جذب سرب و آرسنیک در بسترهای شن و خاک آلوده پرداختند. بیدها توانستند در طی اولین ماه تحقیق به حذف حدوداً ۹/۵ درصد از سرب و حدوداً یک درصد از آرسنیک خاک آلوده موفق گردند. صنوبرهای کمتر رشد یافته در ضمن همین دوره به حذف حدود ۱ درصد سرب و حدود ۰/۱ درصد از آرسنیک موجود در خاک آلوده پرداختند. درختان بید در تیمار شن حدود ۴۰ درصد سرب و ۳۰-۴۰ درصد آرسنیک موجود را طی یک دوره یک ماهه جذب نمودند. بر طبق این پژوهش عناصر آرسنیک و روی بنحو قابل ملاحظه ای در ریشه های هر دو گیاه به نسبت بیشتری در قیاس با بخش های هوایی آنها (برگ ها و شاخه ها) بحالت کمپلکس در آمدند و حفظ گردیدند (۵).

(۴۳) ارزیابی الگوی ریشه دهی و تولید بیوماس در قلمه های صنوبر هیبرید : در یک آزمایش به ارزیابی سرعت و مقدار ریشه دهی و تولید بیوماس هوایی قلمه های صنوبر هیبرید در داخل بستر کوآرتز به دو حالت افقی و عمودی و اعماق کاشت مختلف پرداخته شد. این آزمایش به توسعه تکنیک های کاشت جهت افزایش یا تسهیل ریشه دهی از مرحله قلمه زنی تا زمان برداشت درختان صنوبر هیبرید کمک می کند. اطلاعات حاصله نشان دادند که صنوبر هیبرید می تواند به ریشه دهی گسترده و تولید ساقه های چندگانه از قلمه های کاشت افقی نائل آید. ریشه های تولیدی در قلمه زنی افقی در تمامی طول قلمه های دفن شده پراکنده بودند و در لایه خاک سطحی در مقایسه با قلمه زنی عمودی پراکندگی بیشتری داشتند. بعلاوه الگوی ریشه دهی صنوبر هیبرید در شیوه قلمه زنی افقی نسبتاً با سهولت بیشتری در حضور آلودگی های عمقی شکل می پذیرند و برداشت این گیاهان از ریشه ها راحت تر است (۵).

(۴۴) ارزیابی جذب TCE و PCE در گیاهان: در بسیاری از آلودگی های آلی نظیر TCE (تری کلرو اتیلین) و PCE (تترا کلرو اتیلین) مشاهده می گردد که گیاهان به تجزیه بخش هایی از هالیدهای آلی (organohalide) برداشت شده بشکل ترکیباتی با فراریت کمتر (less volatile) نظیر TCAA (تری کلرو استیک) می پردازند آنچنانکه مقادیری از این مواد در بافت های گیاهی بحالت الحاق در می آیند ولیکن بقیه آنها از طریق بافت برگي ضمن تعرق خارج می شوند. در صنوبر هیبرید و برخی دیگر از گونه ها به وجود آنزیم هایی پی برده اند که PCE و TCE را تجزیه نموده و در گیاهان به TCAA تبدیل می کنند. برای آنالیز بافت های چوبی گیاهان غالباً از روش "کروماتوگرافی گاز" جهت تشخیص TCAA و TCE استفاده می گردد (۵).

طرح های آینده :

(۱) اثبات مزرعه ای جذب فلزات سنگین توسط گونه های خاصی از درختان از طریق برداشت ریشه ای
(۲) آنالیز دقیق (microanalyses) گونه های "سوپر تجمع کننده" از طریق اسکن میکروسکوپی با اشعه X جهت تعیین مکان های الحاق یا مجزا بودن فلزات و تجمع آنان در ارگان های خاصی از گیاهان (بافت ها، سلول ها و ارگانل ها)

(۳) ارزیابی روند دستیابی ، فرآیند و مقدار کاهش آلودگی های فلزی توسط بیوماس گیاه
(۴) مطالعه چگونگی تجزیه مواد در ریشه ها و دیگر بخش های گیاهان برای درک تحرك و چرخه مواد آلاینده
(۵) ارزیابی حذف و کمپلکس سازی ذرات پرتوزا از خاک توسط سیستم های مبتنی بر گیاهان
(۶) ارزیابی مداوم واحدهای اجرایی گیاهان در بیورآکتورها برای تیمار فاضلاب های حاصل از چاه های گاز طبیعی

(۷) افزایش پژوهش ها در روند نویدبخش مبتنی بر سیستم های پاکسازی :
(۷-۱) گیاه پالایی با استفاده از گیاهان علفی، مرتفع و عظیم الجثه
(۷-۲) تجزیه مواد آلی هالوژنه (halogenated organics)
(۷-۳) بکارگیری بیورآکتورها برای کاهش حجم فاضلاب ها و پاکسازی آنها (۵).

نتیجه گیری و پیشنهادات :

آلاینده های آلی پایدار بعنوان یک معضل جهانی در حال افزایش هستند. کشورهای توسعه یافته دارای توانایی یافتن و رفع آلاینده های خطرناک می باشند. این کشورها هنوز بر بکارگیری اینگونه مواد شیمیایی تکیه دارند و نیازمند ابزارهای جایگزین برای پاکسازی آلودگی های حاصل از آنها هستند. امروزه آفتکش ها تنها بعنوان یک نگرانی آتی برای کشورهای جهان مطرح نیستند. آفتکش های تریازین و فسفرهای آلی همچنین قابلیت دوام یافتن در محیط زیست و ایجاد مشکلاتی برای سلامتی بشر را دارند (۴). تاکنون پروژه های پالایش در بسیاری از نقاط آلوده به آفتکش ها اجرا گردیده اند. کارآیی سوزاندن (incineration) و "جداسازی با حرارت های کم" نیز به اثبات رسیده اند لذا بوفور جهت پالایش مکان های آلوده بکار می روند درحالیکه زیست پالایی و گیاه پالایی بعنوان روش های ابتکاری جایگزین به حمایت از آنها می پردازند (۴).

بسیاری از مدیران پروژه های پاکسازی در جستجوی عملیات کم هزینه ای نظیر زیست پالایی و گیاه پالایی هستند. عملیات پاکسازی آلودگی ها در سطح وسیع نشان می دهند که زیست پالایی می تواند موفقیت آمیز باشد. بسیاری از تکنولوژی های بکار رفته در پروژه های پاکسازی آلودگی های محیطی بمرور توسعه یافته اند لذا امروزه بنحو قابل ملاحظه ای در رفع این معضلات بکار می روند. به دلیل اینکه تفاوت های عمده ای در مکان های آلوده وجود دارند بنابراین زیست پالایی و گیاه پالایی را نمی توان در برخی حالات بخوبی اجرا نمود (۴).

قبل از آغاز اجرای پروژه های پالایش باید به بررسی فاکتورهای دخیل در هر محل آلوده پرداخت تا به انتخاب بهترین راه حل و تکنولوژی قابل دسترس برای رفع معضل آلاینده های محیط زیست بر آمد. بسیاری از گروه های پژوهشی بصورت آزمایشگاهی و در مقیاس پایلوت به اجرای پروژه های گیاه پالایی و زیست پالایی

آفتکش ها پرداخته اند آنچنانکه نویدبخش افزایش دانش بکارگیری و درک محدودیت های چنین تکنولوژی های ابداعی شده اند (۴).

برنامه هایی نظیر "ارزیابی تکنولوژی های ابداعی برتر" (SITE) و "میزگرد تکنولوژی های پالایش فدرال" (FRTR) می توانند باعث ترقی استراتژی های ابتکاری نوین گردند.

با گذشت زمان بر تعداد ابزارها ، زیست پالایی و گیاه پالایی های موفق افزوده می شود و بنحو قابل ملاحظه ای به اثبات تکنولوژی های ابتکاری برتر می انجامد (۴).

منابع و مأخذ :

- 1) EPA – 2012 – A citizen`s guide to phytoremediation – United States Environmental Protection Agency
- 2) EPA – 1999 – Phytoremediation Resource Guide – United States Environmental Protection Agency
- 3) Famulari , Stevie – 2011 – Phytoremediation – <http://www.ndsu.edu>
- 4) Frazar , Chris – 2000 – The bioremediation and phytoremediation of pesticide contaminated sites – National Network of Environmental Studies
- 5) Hinchman , Ray.R – 1998 – Phytoremediation : using green plants to clean up contaminated soil , groundwater and wastewater – Energy systems division , Argonne National Laboratory , Applied Natural Science Inc.
- 6) Ruby , Mindy & et al – 2010 – Using landscape plants for phytoremediation – Virginia Tech University
- 7) Wikipedia – 2013 – Phytoremediation – <http://en.wikipedia.org>

مطالعه آلودگی انگلی "سیاه ماهی" رودخانه سفیدرود

Capoeta capoeta gracillis

نویسندگان :

آلاله قاضی فرد ، معصومه ملی ،
بهیار جلالی جعفری ، حسین پارسا

چکیده :

در مطالعه حاضر ، ۲۳۰ عدد "سیاه ماهی" رودخانه سفیدرود گیلان با نام علمی *Capoeta capoeta gracillis* (Keyserling 1861) در دو ایستگاه سنگر و منجیل از نظر آلودگی انگلی به صورت فصلی از پائیز ۱۳۸۷ تا تابستان ۱۳۸۸ مورد بررسی قرار گرفتند. در طی بررسی ، دو گونه "ترماتود" با اسامی علمی : "*Diplostomum* و *Clinostomum complanatum* (Trematoda , Clinostomatidae) و *spathaceum* (Trematoda , Diplostomatidae) با اسامی علمی : *Contracaecum* sp. (Nematoda و *Rhabdochona hellichi* (Nematoda , Rhabdochonidae) شناسایی شدند. شاخص های اکولوژیک شامل غنای گونه ای (richness) ، غالبیت (dominance) ، تشابه کمی و کیفی (similarity) ، یکنواختی (evenness) و تنوع (diversity) امگله ها در دو ایستگاه مورد مطالعه قرار گرفت. گونه غالب در هر دو ایستگاه عبارت از گونه *Contracaecum* sp بود. نتایج نشان داد که اختلاف معنی داری بین درصد و میانگین شدت آلودگی و شاخص تنوع Shannon در دو ایستگاه وجود ندارد. در این مطالعه تغییرات درصد و میانگین شدت آلودگی به انگل ها در فصول مختلف و گروه های طولی (اندازه) مختلف مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

واژه های کلیدی :

"سیاه ماهی" ، رودخانه سفیدرود ، *Capoeta capoeta gracilis* ، *Clinostomum complanatum* ،
Contracaecum sp ، *Rhabdochona hellichi* ، *Diplostomum spathaceum* .

مقدمه :

سفیدرود مهمترین و بزرگترین رودخانه ساحل جنوبی دریای خزر می باشد که پس از مشروب کردن زمین های گیلان به دریای خزر می ریزد (ملت پرست ۱۳۶۶) و با تأمین درصد زیادی از آب استان گیلان ، از منابع آبی مهم گیلان به شمار می رود.

علی رغم مطالعات زیاد انجام گرفته روی انگل های ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر ، تاکنون مطالعات انگل شناسی اندکی روی ماهیان رودخانه سفیدرود صورت پذیرفته اند. شناخت وضع انگلی ماهیان حوضه سفیدرود در تعیین سرنوشت بچه ماهیان تکثیر شده ای که همه ساله توسط شرکت شیلات شمال در سفیدرود رها می شوند ، اهمیت زیادی دارد (مخیر ۱۳۵۹).

اولین بررسی جامع انگلی ماهیان در رودخانه سفیدرود توسط مخیر (۱۳۵۹) انجام شد. ابوالقاسمی (۱۳۷۹) شاخه غربی سفیدرود استان گیلان را از انگل های آبشش (ترماتودهای مونوژن) مورد بررسی قرار داد و ۱۸ گونه مونوژن را از ۹ گونه میزبان گزارش کرد. انگل های کرمی "سیاه ماهی" در ایران توسط محققین زیادی نظیر ملک (۱۳۷۲) ، شمس (۱۳۷۵) ، شمس و همکاران (۱۳۷۶) ، جلالی جعفری (۱۳۷۷) ، (Molnar & Jalali 1992) ، Jalali (1995) ، Pazooki (1996) ، Williams & et al (1980) ، روحی (۱۳۸۳) ، روحی و ملک (۱۳۸۳) ، ملکی (۱۳۸۵) ، و ملکی و ملک (۱۳۸۵) مورد بررسی قرار گرفته است.

با توجه به اهمیت رودخانه سفیدرود، هدف از مطالعه حاضر بررسی اکولوژیکی انگل های کرمی "سیاه ماهی" با نام علمی *Capoeta capoeta gracilis* (Keyserling 1861) بعنوان ماهی غالب چهار فصل در این رودخانه می باشد.



روش ها :

نمونه برداری به صورت فصلی از پائیز ۱۳۸۷ تا تابستان ۱۳۸۸ در دو ایستگاه در رودخانه سفیدرود انجام شد. ایستگاه اول در فاصله حدود ۵۲ کیلومتری مصب رودخانه با بستری غالباً قلوه سنگی و سنگریزه ای

قرار داشت و ایستگاه دوم در بالادست رودخانه در حدود ۱۰۸ کیلومتری مصب با بستری غالباً پاره سنگی و بعضاً قلوه سنگی می باشد (سرپناه سرکوهی ۱۳۷۸).

در این مطالعه ۲۳۰ نمونه "سیاه ماهی" توسط تور سالیك جمع آوری و به صورت زنده به آزمایشگاه جانور شناسی دانشگاه تهران منتقل شد و بررسی انگلی روی آنها انجام پذیرفت. جهت بررسی ابتدا مغز نمونه ها تخریب و سپس وزن و طول کل آنها اندازه گیری و ثبت شد. در خصوص ارتباط بین درصد و میانگین شدت آلودگی با طول میزبان ، "سیاه ماهیان" مورد مطالعه به ۴ گروه طولی بشرح زیر تقسیم شدند :

۱) گروه کوچکتر از ۱۲/۵ سانتیمتر

۲) گروه ۱۲/۵-۱۵ سانتیمتر

۳) گروه ۱۵-۱۷/۵ سانتیمتر

۴) گروه بزرگتر از ۱۷/۵ سانتیمتر

سپس سطح بدن ماهی ، سرپوش آبششی ، آبشش ها ، عضلات و اندام های داخلی از لحاظ حضور انگل در زیر میکروسکوپ و استریوسکوپ مورد مطالعه قرار گرفتند و انگل ها و کیست های یافت شده ، شمارش و ثبت گردیدند.



انگل های جدا شده به الکل ۷۰ درصد منتقل شدند و سپس رنگ آمیزی گردیدند. نماتودها نیز توسط لاکتوفنل شفاف سازی شدند سپس توسط کلید های شناسایی (Bykhovskaya – Moravec (1994a و Pavlovskaya & et al (1964 شناسایی شدند. شاخص های اکولوژیک در دو ایستگاه بر اساس Magurran (1996 محاسبه شدند و نتایج و آنالیز داده های حاصل از شمارش انگل ها و کیست ها توسط نرم افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت. در بررسی ابتدا تست نرمالیت Kolmogorov – Smirnov و Shapiro – Wilk انجام شد و با توجه به نرمال نبودن داده ها ، تست های Mann-Whitney U و Kruskal-Wallis H مورد استفاده واقع شد

نتایج :

.....

بحث :

.....

تشکر و قدردانی :

.....

منابع :

- (۱) ابوالقاسمی ، س.ج. ؛ ۱۳۷۹ ؛ بررسی انگل های برانش ماهیان پرورشی و وحشی در شاخه غربی سفیدرود استان گیلان با تأکید بر انگل های مونوژن و با معرفی جنس و گونه های جدید برای فون انگلی ایران ؛ پایان نامه جهت اخذ دکترای دامپزشکی ، دانشگاه آزاد ارومیه ، ۳۷۴ .
- (۲) پازوکی ، ج.ا. - سیار ، ب ؛ ۱۳۷۸ ؛ بررسی آلودگی انگل های کرمی دستگاه گوارش باربوس ماهیان رودخانه ارس و حوضه آبریز آن ؛ گزارش نهایی پروژه منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی ، مؤسسه تحقیقات شیلات ایران
- (۳) پازوکی ، ج - معصومیان، م.و - جعفری ، ن ؛ ۱۳۸۵ ؛ فهرست اسامی انگل های ماهیان ایران ؛ مؤسسه تحقیقات شیلات ایران ، تهران
- (۴) پیغان ، ر. ؛ ۱۳۸۰ ؛ انگل ها و بیماری های انگلی ماهی ؛ انتشارات نوربخش ، تهران
- (۵) جلالی جعفری ، ب ؛ ۱۳۷۷ ؛ انگل ها و بیماری های انگلی ماهیان آب شیرین ایران ؛ معاونت تکثیر و پرورش ماهیان ، اداره کل آموزش و ترویج
- (۶) روحی ، ۱ ؛ ۱۳۸۳ ؛ بررسی اکولوژیک انگل های سیاه ماهی رودخانه شیروود مازندران ؛ پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران
- (۷)
- (۸) سرپناه سرکوهی ، ع.ن ؛ ۱۳۷۸ ؛ بررسی ایکتیوفون سفیدرود ؛ پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی لاهیجان
- (۹) شمسی ، ش ؛ ۱۳۷۵ ؛ شناسایی انگل های کرمی ماهیان بومی گرگانرود ، تجن ، تنکابن و شیروود ؛ مؤسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران
- (۱۰)

۱۱) عباسی چهار راهی ، ج ؛ ۱۳۸۱ ؛ شناسایی و بررسی آلودگی های انگل های پُریاخته داخلی ماهیان بومی منابع آبی شمال استان آذربایجان غربی ؛ پایان نامه جهت اخذ دکترای دامپزشکی ، دانشگاه آزاد ارومیه ، ۵۲۰ .

۱۲) عبدلی ، ا ؛ ۱۳۷۸ ؛ ماهیان آب های داخلی ایران ؛ انتشارات موزه طبیعت و حیات وحش ایران
۱۳) قاسمی کولایی ، ر ؛ ۱۳۸۲ ؛ بررسی و شناسایی انگل های تک یاخته و پُریاخته باریوس ماهیان در رودخانه های تجن و زارم رود استان مازندران ؛ پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم دانشگاه شهید بهشتی

۱۴) مخیر ، ب ؛ ۱۳۵۹ ؛ بررسی انگل های ماهیان حوزه سفیدرود ، نامه دانشکده دامپزشکی ۳۶ (۴) : ۷۵-۶۱ .

۱۵) ملت پرست ، ع ؛ ۱۳۶۶ ؛ مطالعات اکولوژیکی رودخانه سفیدرود و نقش عوامل آلوده کننده ؛ سازمان تحقیقات شیلات ایران

۱۶) ملک ، م ؛ ۱۳۷۲ ؛ بررسی آلودگی سیاه ماهی به *Clinostomum complanatum* و سیکل زندگی آن ؛ مجله علمی شیلات ایران ، ۳ : ۴۵-۴۵ .

۱۷) ملکی ، ل ؛ ۱۳۸۵ ؛ بررسی اکولوژی انگل های ماهیان غالب رودخانه شیروود مازندران ؛ پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه تهران

۱۸)

۱۹) میرهاشمی نسب ، م ؛ ۱۳۷۸ ؛ انگل های جدا شده از ماهیان سد ماکو و سد مهاباد ؛ گزارش نهایی پروژه مرکز تحقیقات ماهیان استخوانی دریای خزر ، مؤسسه تحقیقات شیلات ایران

۲۰) **نظافتی ، ا - پورکاظم ، ا ؛ ۱۳۸۸ ؛ تکثیر مصنوعی ماهی سفید در رودخانه سفیدرود ؛ ماهنامه دامپرور ، ۴۵ .**

مأخذ :

مجله علوم دانشگاه تهران ، جلد سی و ششم (۱۳۸۹) ، شماره ۲ صفحات ۲۸-۲۱

توجه :

متن کامل مقاله از طریق سیرچ در اینترنت قابل دانلود است.

"حذف کلیفرم و جامدات معلق از پساب فاضلاب شهری غرب اهواز"

نویسندگان :

افشین تكدستان ؛ مریم ترابی فر؛ نعمت اله جعفرزاده ؛
علیرضا جعفرنژادی ؛ کامبیز احمدی انگالی

چکیده :

تصفیه متداول فاضلاب شهری باعث حذف ۹۵ تا ۹۹ درصد برخی از میکروارگانیسم‌ها می‌شود ولی این سطح تصفیه برای استفاده پساب عمدتاً به دلیل وجود میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا کافی نیست. در این راستا انتخاب راهکاری مناسب از لحاظ فنی و اقتصادی برای تصفیه فاضلاب قابل توجه است. یکی از روش‌های بومی و ارزان قیمت تصفیه، استفاده از سیستم زمین - گیاه است. هدف از این مطالعه تعیین کارایی خاک منطقه اهواز و گیاه وتیور در کاهش نهایی بار میکربی از فاضلاب تصفیه شده شهری بود. در این مطالعه پایلوتی سه عدد لایسیمتر در محل تصفیه خانه فاضلاب غرب اهواز نصب شد. در یک لایسیمتر خاک منطقه، در دیگری خاک منطقه همراه با گیاه وتیور و در لایسیمتر سوم چیدمان مصنوعی خاک (خاک منطقه، ماسه سیلیس (۵/۰ تا ۱ میلی‌متر) و شن (۱۵ تا ۳۰ میلی‌متر) استفاده شد. پساب از خروجی حوضچه ته نشینی ثانویه توسط پمپ با سه نرخ فیلتراسیون ۰/۲، ۰/۶ و ۱ میلی‌لیتر در دقیقه به ازای ۰/۱ مترمربع سطح بستر با سه تکرار در هر سرعت به سیستم انتقال یافت و نمونه‌برداری از ورودی و خروجی صورت گرفت. میانگین بازدهی حذف جامدات معلق کل و کلیفرم کل خروجی از سه لایسیمتر خاک منطقه با رویش گیاه وتیور، خاک منطقه بدون رویش گیاه و چیدمان مصنوعی برای نرخ فیلتراسیون ۰/۲ به ترتیب ۶۷/۷۵ و ۹۹/۷، ۵۸/۳۳ و ۹۹/۶، ۵۶/۲۵ و ۹۹/۵ درصد و نرخ فیلتراسیون ۰/۶ به ترتیب ۵۳/۳۳ و ۹۸/۹۳، ۴۸/۸ و ۹۸/۷۷، ۴۷/۶۸ و ۹۸/۶۴ درصد و نرخ فیلتراسیون ۱ به ترتیب ۵۰ و ۹۳/۹۶، ۴۶/۴۲ و ۹۱/۳۴، ۴۴/۰۴ و ۸۸/۸۱ درصد به دست آمد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که بهترین میزان درصد حذف را لایسیمتر خاک منطقه با رویش گیاه وتیور با نرخ فیلتراسیون ۰/۲ دارا بوده است. بر اساس نتایج حاصل، سیستم زمین- گیاه می‌تواند پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب را با شرایط استاندارد تخلیه پساب به محیط منطبق سازد و لذا در صورت وجود زمین کافی و قابل دسترس، این سیستم گزینه‌ای اقتصادی با کاربری آسان برای تصفیه تکمیلی فاضلاب‌ها است.

کلید واژگان (فارسی):

تصفیه زمینی؛ گیاه وتیور؛ کلیفرم کل؛ جامدات معلق محلول

Investigation of TC and TSS Removal Efficiencies at Ahvaz West WTP
Effluent Using the Land-plant Treatment Process

چکیده : [English]

Although the conventional (primary and secondary) treatment processes are known to remove up to 95–99% of some micro-organisms, they do not provide adequate treatment to make the effluent suitable for direct reuse, mainly due to the presence of high concentrations of pathogenic microorganisms. Obtaining reusable effluents, therefore, requires the use of processes that can be justified both technical and economic grounds. One such indigenous, low cost option is the land-plant process that can be used for advanced wastewater treatment. It is the objective of the present study to determine the efficiency of the local soil in Ahvaz and that of the vetiver plant in reducing the microbial load in the effluent from municipal wastewater treatment plants. A pilot study was thus carried out including three Lysimeters installed in West Ahvaz Wastewater Treatment Plant. Local soil was used in one Lysimeter, local soil with vetiver plant in the second one, and an artificial assortment of soil comprising local soil, silica sand (0.5-1mm), and sand (15-30mm) in the third. In addition, the effluent from the secondary settling outlet at the WTP was transferred by pumping at the three filtration rates of 0.2, 0.6, and 1 ml/min into the system with three replications for each rate and samples were collected from both inlet and outlet flows. The average removal efficiencies of Total Suspended Solids (TSS) and Total Coliform (TC) in the effluent from the three Lysimeters with local soil with vetiver, local soil without vetiver, and artificial soil assortment for the filtration rate of 0.2 ml/min were: 67.75% and 99.7%, 58.33% and 99.6%, and 56.25% and 99.5%, respectively. For a filtration rate of 0.6 ml/min, these values were: 53.33% and 98.93%, 48.8 and 98.77%, and 47.68% and 98.64%. Finally, the values obtained for a filtration rate of 0.6 ml/min were: 50% and 93.96%, 46.42 and 91.34%, and 44/04% and 88/81%, respectively. The results from the study showed that the Lysimeter with local soil and the vetiver plant recorded the best removal efficiency for a filtration of 0.2 ml/min. Thus, it may be concluded that the land-plant system as an advanced treatment process is capable of

producing effluents that meet discharge quality permit limits and therefore, it is an economical process using the advantages of advanced treatment if enough and available lands possible.

کلیدواژگان (English) :

Land Treatment, Vetiver Plant, Total Coliform, Total Suspended Solids (TSS)

مراجع :

1. Amin, M.M., Hashemi, H., Ebrahimi, A., Bina B., Movahhedian Attar H., Jaber A., Saffari, H., and Mousavian, Z. (2010). "Using combined processes of filtration and ultraviolet irradiation for effluent disinfection of Isfahan north wastewater treatment plant in pilot scale." *J. of Water and Wastewater*, 22-2 (78), 71-77. (In Persian)
2. Sharafi, K., Drayat, J., Khodadadi, T., Asadi, F., and Poureshg, Y. (2011). "The efficiency comparison of constructed wetland and conventional activated sludge on removal of cysts and parasitic eggs-case study: Ghasr-e-Shirin and Kermanshah wastewater treatment plants." *Health Journal of Ardabil*, 2(3), 7-13. (In Persian).
3. Koivunen, J., Siitonen, A., and Heinonen-Tanski, H. (2003). "Elimination of enteric bacteria in biological-chemical wastewater treatment and tertiary filtration units." *Water Res.*, 37(3), 690-698.
4. Lazarova, V.P, Savoye, M.L., Janex, E.R., Blatchley, M., and Pommepuy, M. (1999). "Advanced wastewater disinfection technologies: State of the art and perspectives." *Wat. Sci. Technol.*, 40(4-5), 203-213.
5. Mbuligwe, S.E., Kaseva, M.E, and Kassenga, G.R. (2011). "Applicability of engineered wetland systems for wastewater treatment in Tanzania – A review." *The Open environmental Engineering Journal*, 4, 18-31.
6. Tchobanoglous, G., Burton, F.L. (2005). *Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse*, 3rd Ed., Metcalf and Eddy, Pub., McGraw-Hill. Inc., New York.

7. Ou, Z., Chang, S., Gao, Z., Sun T., and et al. (2005). "Paddy rice slow-rate land treatment systems hydraulic balances and results of 4 years operation." *Water Research*, 26,1487-1494.
8. Ahvaz Water and Wastewater Company. (2005). *Operation and maintenance guideline for Ahvaz west wastewater treatment plant*, Rayab Consulting Engineers Department of Ministry Energy. 6. (In Persian).
9. Rouyanian Firouz, Z., Takdastan, A., Jaafarzadeh Haghighifard, N., and Sayyad, G.A. (2011). "Feasibility of land treatment that removal of nitrogen and phosphor of chonaibeh waste water treatment plant (Ahvaz). *Asian J. Research Chem.*, 4(4), 597-601.
10. Poorkazem, E. (2006). "Utilization of vetiver grass at water and soil conservation projects in Thailand." *J. of Jahad*, 275, 322-342. (In Persian).
11. Truong, P., Van, T.T., and Pinnars, E. (2006). *Vetiver system application: Technical reference manual*, Geotechnical Engineer of Thailand.
12. APHA. (1999). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 19th Ed., American Public Health Association, Washington, DC.
13. Wen, C.G., Chen, T.H., Hsu, F.H., Lu, C.H., Lin, J.B., Chang, C.H., Chang, S.P., and Lee, C.S. (2007). "A high loading overland flow system: Impacts on soil characteristics, grass constituents, yields and nutrient removal." *Chemosphere*, 67, 1588-1600.
14. Taebi, A., and Droste, R.L. (2008). "Performance of an overland flow system for advanced treatment of wastewater plant effluent." *J. of Environmental Management*, 88, 688-696.
15. Yousefi, Z., Hoseini, S.M., Mohamadpur Tahamtan, R.A., and Zazouli, M.A. (2013). "Performance evaluation of artificial wetland subsurface with horizontal flow in wastewater treatment." *J. Mazandaran Univ. Med. Sci.*, 23(99), 12-25.(In Persian)
16. Najafi, P. (2008). "A study on Microbial contamination of municipal wastewater irrigation of grass." *Environmental Study*, 33(44), 27-32. (In Persian)
17. Khazaei, M., Nabizadeh, R., Rahimi, T., and Roshany, M. (2010). "A study on coliform removal from aerated lagoon effluent by horizontal roughingfilter (HRF)." *12th Conference of Environmental Health*, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, 169-180. (In Persian)

18. Shahi, D.H., Ebrahimi, A., Eslami, H., Ayatollahi, S., and Dashty, N. (2012). "Efficiency of straw plants in removal of indicator pathogens from sub surface flow constructed wetlands of municipal wastewater in Yazd, Iran." *Health and Development*, 2, 147-155. (In Persian)
19. Ulrich, H., Klaus, D., Irmgard, F., Annette, H., JuanL, P., and Regine, S. (2005). "Microbiological investigations for sanitary assessment of wastewater treated in constructed wetlands." *Water Res*, 39(20), 4849-4858.
20. Spieles, D.J., and Mitsch, W.J. (2007). "The effects of season and hydrologic and chemical loading on nitrate retention in constructed wetlands: A comparison of low- and high-nutrient riverine systems." *Ecol. Eng.*, 14(1-2), 77-91.
21. Vice Presidency For Strategic Planning and Supervision. (2010). *Environmental criteria of treated waste water and return flow reuse in Iran*, Tehran. (In Persian).

منبع : «نشریه آب و فاضلاب - دوره ۲۶ ، شماره ۵ ، آذر و دی ۱۳۹۴ ، صفحه ۹۹-۱۰۵»