کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

کمیته منطقه‌ای آبیاری و زهکشی مازندران

مجموعهٔ مقالات

همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی

۲۵ بهمن ماه ۱۳۸۰

شماره انتشار ۵۳

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

فهرست — صفحه

اثرات زیست محیطی آبیاری با پساب تصفیه شده بر منابع آب زیرزمینی ۱
جهانگیر عابدی کوپایی

راهکارهای کاهش اثرات سوء پساب‌های کشاورزی ۱۱
سید جلال جبلی

بررسی تجارب کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا در زمینه استفاده مجدد از پساب ۲۵
علایه ثابت‌رفتار

رشد نی‌و میکروارگانیسم‌های تصفیه‌کننده فاضلاب در نیزارهای مصنوعی ٤٥
احمد بادکوبی

اثرات سموم و کودهای شیمیایی بر لپوی زاغمرز ٦٥
ناصر مهردادی

تجهیزات و روش‌های عملی و سریع جهت سنجش کیفی آب‌ها در محیط زیست ۷۳
مهرداد عدل

اثرات کاربرد روش آبیاری قطره‌ای در بهبود وضعیت بهره‌برداری از پساب فاضلاب شهری ۸۵
پیام نجفی

راهکارهای استفاده مجدد از پساب‌های کشاورزی ۹۳
محمد باقری

همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی
۲۵ بهمن ماه ۱۳۸۰

اثرات زیست‌محیطی آبیاری با پساب تصفیه شده بر منابع آب زیرزمینی

جهانگیر عابدی‌کوپایی[۱]، محمدرضا باقری[۲]

چکیده

محدودیت منابع آب کشور و افزایش جمعیت و نیاز به تأمین مواد غذایی بیشتر باعث رویکرد به سمت استفاده از پساب شهری شده است. لذا تحقیقات در ابعاد مختلف استفاده از پساب و کاهش اثرات زیست‌محیطی آن از اهم وظایف پژوهشگران است. در این تحقیق میزان آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از کاربرد پساب تصفیه شده در آبیاری قسمتی از زمین‌های کشاورزی دشت برخوار اصفهان مورد مطالعه قرار گرفته است. برای این منظور تعداد ۲۰ حلقه چاه آب دایر در منطقه در نظر گرفته شد و به مدت هفت ماه پارامترهای مختلف شیمیایی آب چاه‌ها و عمق چاه‌ها اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان می‌دهد میزان نیترات آب‌های زیرزمینی در ۹۰ درصد از چاه‌های نمونه‌برداری شده بیش از مقدار استاندارد ۱۰ میلی گرم در لیتر (N-NO3) می‌باشد. از بین فلزات سنگین اندازه‌گیری شده (Cr, Fe, Cu, Zn, Co, Cd, Ni, Pb, Mn, Ca, Mg)، با توجه به استاندارد محیط زیست جهت آبیاری تنها عنصر کبالت از حد مجاز (۰/۰۵ میلی گرم در لیتر) بیشتر است. غلظت سایر فلزات سنگین کمتر از حد استاندارد هستند و مشکل خاصی از نظر کیفیت آب مصرفی برای کشاورزی ندارند.

مقدمه

فرآیند توسعه کشورها، از جمله ایران، مسایل گسترده آلودگی آب را ایجاد کرده است و این آلودگی نه تنها ممکن است با تغییرات فیزیکی و بیولوژیکی همراه باشد بلکه به دلیل حل شدن فزاینده مواد سمی و

۱- استادیار گروه آبیاری دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

نامطلوب در آب آلودگی شیمیایی نیز ممکن است ایجاد شود. آلودگی‌ها با ایجاد تغییرات مذکور کیفیت آب را تنزل می‌دهند و در مراحلی آب را برای اغلب مصارف غیر قابل استفاده می‌کنند. برخی از آلودگی‌ها زوال پذیرند و به آسانی تجزیه شده یا تقلیل داده می‌شوند مانند مواد زائد کشاورزی ولی بعضی آلاینده‌ها زوال ناپذیرند مانند جیوه، سرب، و برخی ترکیبات پلاستیک‌ها. شایان ذکر است که مشکلات آلودگی کشوری نظیر ایران، همانند سایر کشورهای در حال توسعه، بواسطه رشد جمعیت روز به روز افزایش می‌یابد و لزوم توجه بیشتری را می‌طلبد. مواد زائد جامد و مایع شهری، صنعتی و کشاورزی منشأ اصلی آلودگی منابع آب در کشور به حساب می‌آیند[۱، ۲ و۳].

ترکیبات نیتریت و نیترات از جمله عوامل آلاینده منابع آب زیرزمینی محسوب می‌شوند که در سال‌های اخیر به لحاظ افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش فاضلاب‌های شهری، صنعتی و گسترش فعالیت‌های کشاورزی میزان متوسط آنها در آب‌های زیرزمینی رو به فزونی می‌باشد. انحلال رسوبات طبیعی حاوی نیترات در آب، تجزیه گیاهان، فعالیت‌های دامداری، زباله‌های شهری، کودهای نیتراتدار، فاضلاب‌های شهری و فعالیت‌های صنعتی از جمله منابع ورود نیتریت و نیترات به آبهای زیرزمینی می‌باشند. نیترات به عنوان آخرین مرحله اکسیداسیون ترکیبات نیتروژن‌دار محسوب می‌شود که عامل بیماری متهموگلوبینما در نوزادان است و احتمال تشکیل ترکیبات سرطان‌زای نیتروزآمین از آن به عنوان یکی از شاخص‌های شیمیایی آلودگی آب به فاضلاب‌ها مورد توجه می‌باشد.

اثرات ناشی از مصرف کودهای ازته معمولاً به صورت آزادسازی آنیون‌های NO_3, NO_2 و NH_4 در محیط ظاهر می‌شود که آنیون به دلیل تحرک زیاد و عدم جذب روی سطوح کلوئیدهای خاک به سرعت قابل شستشو بوده و وارد آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌گردد. آنیون نیتریت نیز به مقدار اندک در محیط یافت می‌شود که خاصیت سمیت نیز دارد. آمونیوم به دلیل دارابودن بار مثبت و غنی بودن خاک‌ها از بار منفی، جذب سطحی خاک شده و با کندی به محیط وارد می‌شود. ازت در محیط خاک دارای چرخه‌ای است که براساس شرایط حاکم بر محیط، گونه‌های مختلف به یکدیگر تبدیل می‌شوند[٤] . از جمله این فرآیندها می‌توان به آمنیفیکاسیون، نیتریفیکاسیون، میترالیزاسیون، ایموبیلیزاسیون، دینیتریفیکاسیون و فیکاسیون اشاره نمود. علاوه بر این وجود ازت زیاد در آب‌های سطحی (رودخانه‌ها و دریاچه‌ها) موجب رشد سریع گیاهان در آنها می‌گردد که به دلیل افزایش مصرف اکسیژن توسط آنها بخصوص جلبک‌ها، موجب کاهش اکسیژن و مرگ و میر آبزیان می‌گردد.

گسترش آلودگی در یک منطقه نه تنها به مشخصات منبع آلودگی بستگی دارد بلکه کانی‌شناسی اراضی و همچنین شرایط هیدرولوژیکی منطقه نیز تأثیر تعیین‌کننده و اساسی بر جای می‌گذارد. ترکیبات

کانی‌شناسی رسوبات، در جذب فلزات سنگین نقش اصلی دارد، به گونه‌ای که رس‌ها به دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی و سطح تماس ذره‌ای زیاد، بیشترین جذب را انجام می‌دهند. غلظت فلزات سنگین، علاوه بر کانی‌شناسی، به حرکت آب در میان رسوبات نیز بستگی دارد. جذب، انتقال و حرکت فلزات سنگین در منطقه غیراشباع بستگی به pH و جذب خاک و رژیم هیدرولوژی منطقه دارد [۵ و ٦].

موسوی [۷] در مطالعه آلودگی آب‌های زیرزمینی حاشیه زاینده‌رود گزارش نموده که در ۸ مورد، میزان آهن موجود در فصل زمستان از حد تعیین شده برای ایران (یک میلی گرم در لیتر) بیشتر است. همچنین غلظت آن در فصل پائیز کمتر از فصل زمستان بوده و میزان منگنز طبق استاندارد ایران، بجز در دو چاه، در حد مجاز قرار داشته است. سینگ و همکاران [۸] با بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه پنجاب هند مشاهده نمودند که ۹۰٪ نمونه‌ها دارای نیترات کمتر از ٤٥ میلی گرم در لیتر بود و غلظت نیترات با عمق کاهش می‌یابد. غلظت نیترات در عمق ۲/۱ متری ارتباط نزدیکی با غلظت نیترات آب چاه در ماه سپتامبر داشت. بنابراین نیترات خاک در طول بارندگی (جولای تا سپتامبر) به آبهای زیرزمینی می‌رسد. همچنین مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که میزان نیترات آب زیرزمینی در مناطق پرجمعیت و مرکزی شهر مشهد بیش از ٤٥ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد [۹]. مطالعات فرشاد و همکاران [۱۰] در چاه‌های آب واحدهای صنعتی منطقه تهران ـ کرج نشان می‌دهد که میانگین غلظت نیترات در آبخوان منطقه ۵۱/۹٦ میلی‌گرم در لیتر است و میانگین غلظت نیتریت ۱٦/۱۸ میکروگرم در لیتر می‌باشد. این مقادیر بیش از حداکثر غلظت قابل قبول توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) و آخرین استاندارد کشور است. محسنی [۱۱] در یک بررسی که روی غلظت نیترات در چاه‌های خانگی در منطقه بابل انجام داد نتیجه‌گیری کرد که حدود ۲٤/٦ درصد از چاه‌های مورد مطالعه که مصرف شرب داشتند بیش از حد مجاز دارای نیترات بودند که مقدار حداکثر آن ٦٦ میلی‌گرم در لیتر و حد متوسط آن ٤۰/۲ میلی‌گرم در لیتر بوده است. غلامی [۱۲] در یک بررسی که بر روی بیماران در طی ۱۲ سال در منطقه ساری انجام داد اعلام کرد که بیماری سرطان مری در منطقه رو به افزایش می‌باشد. وی از جمله دلایل آن را کمبود ویتامین و ضعف بدن در تبدیل نیترات غذایی در داخل معده به نیتروزامین و نیتروزامید بیان داشت.

هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی اثرات زیست محیطی آبیاری با پساب تصفیه شده بر کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه شمال غرب شهر اصفهان است که زمین‌های کشاورزی آن عمدتاً با پساب آبیاری می‌شوند.

موقعیت منطقه

تصفیه‌خانه شاهین‌شهر در دشت برخوار اصفهان واقع است. این دشت در شمال اصفهان واقع شده و از شمال به ارتفاعات جعفرآباد و از جنوب به شهر اصفهان و از غرب به کوه محمودآباد، کوه خان و کوه سنگاریات محدود می‌شود. وسعت منطقه ۲۲۳۵ کیلومتر مربع است که ۱۸۱٤ کیلومتر مربع آن را دشت و بقیه را ارتفاعات تشکیل می‌دهد [۱۳]. محدوده مطالعاتی بین طول‌های شرقی ´٤٠°٥٠- ´ ٣١ °٥١ و عرض‌های شمالی ´٥٢° ٣٢- ´٤٤° ٣٢ قرار دارد.

هیدروژئولوژی منطقه

سفره‌های آبرفتی محدوده مطالعاتی در پهنه آبرفتی وسیعی شکل گرفته است که حاصل فرسایش سنگ‌های قدیمی است. سن این رسوبات مربوط به دوران چهارم است. از میان سازندهای زمین‌شناسی فوق، سازندهای دوران چهارم از لحاظ ویژگی‌های کانی‌شناسی و دانه‌بندی، کیفیت آب زیرزمینی منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد [٦، ٧ و ١٥].

اطلاعات حاصل از ٤ لوگ زمین‌شناسی چاه‌های اکتشافی و بهره‌برداری نشان می‌دهد که علاوه بر وجود سفره آزاد سطحی که در قسمت شرقی و جنوب شرقی دشت توسط مطالعات ژئوفیزیکی مشخص شده‌اند، سفره نیمه آزاد نیز در منطقه وجود دارد. تاکنون وجود دو سفره در منطقه قطعی شده است که سفره آزاد سطحی دارای آب شور است و در عمق کمی قرار دارد. سفره دوم دارای آب مناسبتری نسبت به سفره اول می‌باشد. ضخامت اشباع سفره اول حدود ۲۵ متر است. ضخامت آبخوان دوم بسیار متغیر است (به علت تغییرات در وضع توپوگرافی سنگ) و بطور متوسط ٦٠ متر می‌باشد. ضخامت اشباع آبخوان دوم از حداقل ۲۵ متر تا حداکثر ۲۵۰ متر در نوسان است. براساس بررسی‌های ژئوفیزیک جنس سنگ کف این آبخوان رسی بوده که دارای مقاومت ظاهری ۱۳۲- ٦ اهم متر می‌باشد [٦، ٧ و ١٥].

دشت برخوار از سه جهت عمده تغذیه می‌شود: ۱ـ دره شمال غرب که همان آب خروجی از دشت مورچه‌خورت است ۲ـ دره غربی که شامل آب خروجی از دشت نجف‌آباد است. ۳ـ جنوب که شامل رودخانه زاینده‌رود و به طور کلی منطقه لنجانات است.

میزان تبخیر سالانه در این منطقه بین ۱٤٥٠ تا ۱۷٥٠ میلیمتر بوده و بارندگی سالیانه بین ۱۲۰ تا ۲٤٠ میلیمتر متغیر است [١٤]. در بخش غربی دشت در قلمرو ارتفاعاتی که مرز آبی حوضه را تشکیل می‌دهد بجز یک رشته قناتی که از جنوب به شمال امتداد داشته و آب را به روستای چاله سیاه منتقل می‌کند بهره‌برداری دیگری از آبخوان نمی‌شود. لیکن در قسمت شرقی دشت به میزان قابل ملاحظه‌ای از آب‌های

زیرزمینی توسط چاه‌های عمیق، نیمه عمیق و قنوات بهره‌برداری می‌شود. چاه‌های عمیق در منطقه بیشترین تعداد را به خود اختصاص داده‌اند به نحوی که از مجموع ۱۲۵۱ حلقه چاه، تعداد ۹۱۹ حلقه آن چاه عمیق می‌باشد. عمده تمرکز چاه‌های در بخش جنوبی دشت می‌باشد. عمق چاه‌های اخیر بیش از ۵۰ متر و به طور متوسط به ۱۴۰ متر می‌رسد و دبی آنها بین ۱۰ تا ۸۰ لیتر در ثانیه متغیر است [۱۳].

روش تحقیق

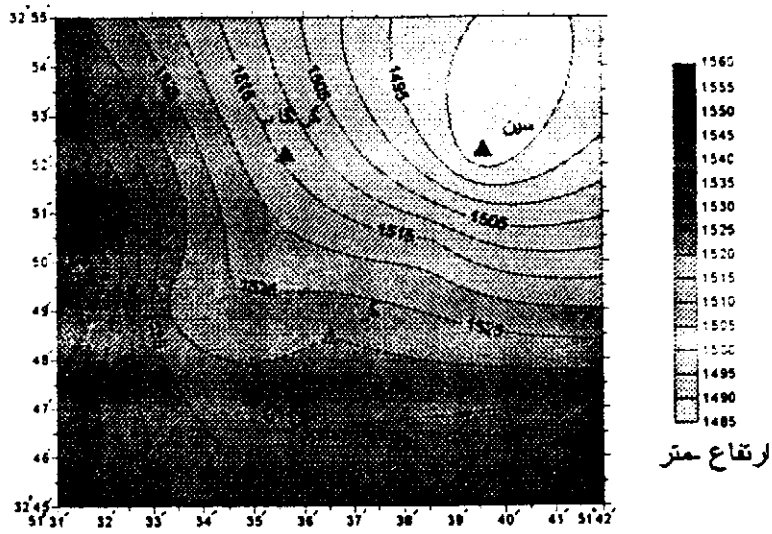
برای شناسایی و ارزیابی چگونگی آب آبیاری و کیفیت و درجه آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت برخوار اصفهان در سال ۱۳۷۸ از اردیبهشت تا آبان برای مدت ۷ ماه از آب‌های زیرزمینی به صورت ماهانه نمونه‌برداری گردید. نمونه‌برداری آب‌های زیرزمینی از ۲۰ چاه موجود در منطقه انجام شده و سپس نمونه‌ها توسط ظروف پلاستیکی حمل و به آزمایشگاه منتقل گردید و تا قبل از تجزیه در یخچال نگهداری شد.

برای تجزیه نمونه‌های آب، پ ـ هاش‌سنج مدل ۶۲۰ متر ـ اهم، هدایت الکتریکی به کمک هدایت‌سنج مدل ٦٤٤ متر ـ اهم، سدیم توسط دستگاه فیلم فتومتر کورنینگ مدل ۴۱۰، کاتیون‌ها کلسیم و منیزیم توسط تیتراسیون با محلول ورسین، یون کلر بوسیله تیتراسیون با محلول ۵٪ نرمال نیترات نقره، بیکربنات به روش تیتراسیون با اسید سولفوریک، سولفات به روش تیره‌سنجی، نیترات و آمونیاک بوسیله الکترود انتخابگر یونی (ISE)، عناصر فلزی بوسیله دستگاه جذب اتمی مدل پرکین ـ المر ۲۰۳۰ اندازه‌گیری گردید [۱۶].

نتایج و بحث

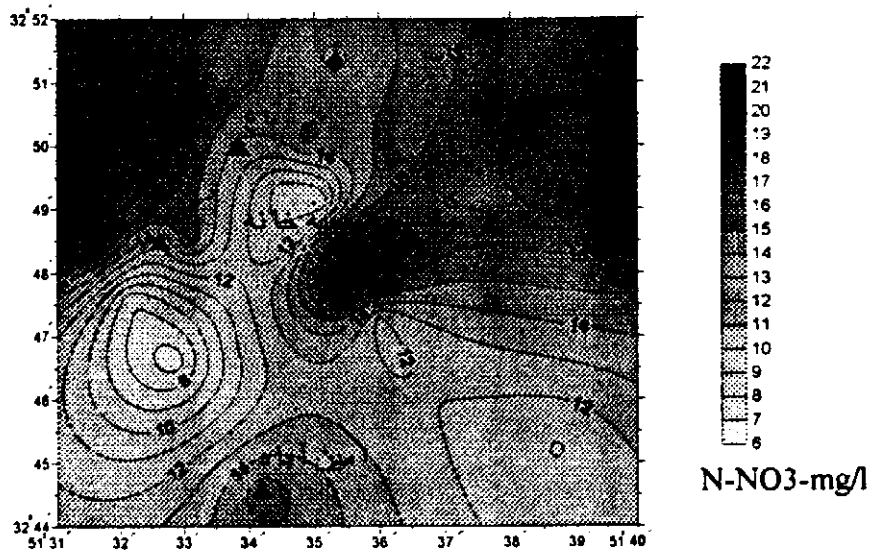
عمق آب زیرزمینی: عمق آب زیرزمینی در دشت برخوار متفاوت بوده و از حاشیه دشت به طرف داخل دشت بر عمق آب زیرزمینی افزوده می‌شود، بطوریکه در مرکز دشت در عمق ۱۰۰ متری قرار دارد. سطح آب در پیزومتر کارخانه تاج در عمق ٥٤ متری و در پیزومتر امین‌آباد در عمق ٤٧ متری قرار دارد.

تراز آب زیرزمینی: با توجه به نقشه آب زیرزمینی ملاحظه می‌گردد که جریان آب‌ها تماماً بطرف مرکز دشت است و هیچگونه خروجی آب زیرزمینی از آبخوان نداریم. نقشه‌های موجود نشان می‌دهد که تغذیه آبخوان از تمام اطراف دشت صورت می‌گیرد. حداکثر رقم خط تراز ۱۵۵۵ متر بوده و در غرب دشت قرار دارد. حداقل رقم تراز آب ۱۴۹۰ متر است که در مرکز دشت منحنی بسته‌ای را در اطراف قلعه سین نشان می‌دهد. بیشتر بودن تراز آب در غرب منطقه به لحاظ بالا آمدگی سنگ کف است و به همین دلیل هم شیب سطح آب نیز زیادتر است (شکل ۱).



شکل ۱: نقشه خطوط همتراز آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

با توجه به نقشه تراز آب زیرزمینی جریان وارد شده از سه جهت فوق بطرف مرکز دشت جریان یافته و سپس از سمت شرق به زیر حوزه کوهپایه سگزی وارد می‌شود. آب‌های زیرزمینی در مسیر و در محل استقرار خود مقادیری از مواد قابل انحلال سازندهای محیط را حل نموده که باعث تغییر کیفیت آنها می‌شود. با توجه به لوگ زمین‌شناسی چاه‌های موجود در منطقه مشخص می‌شود که رس با تخلخل کل زیاد باعث افزایش سطح تماس بین آب زیرزمینی و رسوبات مذکور می‌گردد و انحلال بیشتر املاح را سبب می‌شود و این امر یکی از دلایل میزان بالای املاح آب‌های زیرزمینی منطقه می‌باشد.



شکل ۲: نقشه خطوط هم نیترات کل (NO_3-N) آبهای زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

نیترات ($N-NO_3$): حداقل مقدار نیترات آن ۷ میلی گرم در لیتر در غرب دشت و حداکثر ۲۰ میلی‌گرم در لیتر ($N-NO_3$) مربوط به محدوده تصفیه‌خانه شاهین‌شهر اصفهان است. در قسمت‌های زیادی از دشت غلظت نیترات بیشتر از حد مجاز آن ۱۰ میلی گرم در لیتر ($N-NO_3$) می‌باشد (شکل ۲).

آمونیوم ($N-NH_4$): حداقل آمونیوم ۰/۰۵ و حداکثر ۰/۲۷ میلیگرم در لیتر در اطراف تصفیه‌خانه شاهین شهر می‌باشد. حد مطلوب آمونیوم در آب آشامیدنی حدود ۰/۵ میلیگرم در لیتر تعیین شده است.

قابلیت هدایت الکتریکی (EC): در قسمت‌هایی که تغذیه آبخوان از طریق دره نجف‌آباد صورت می‌گیرد مقدار EC پائین است که یکی از دلائل آن تأثیر آهک‌های کرتاسه است که باعث می‌شود آب‌های تغذیه‌ای از این سازنده‌ها مطلوب بوده و از کیفیت بالایی برخوردار باشند. به تدریج به طرف روستای گز این مقدار افزایش می‌یابد ولی در غرب دشت بالا بودن میزان هدایت الکتریکی اولاً بدلیل آب زیرزمینی ورودی از دشت مورچه‌خورت است که مسیر زیادی را در این دشت طی کرده و میزان مواد محلول آن بالا است و دوم اینکه وجود کارخانه‌های زیاد در این منطقه و وجود فاضلاب‌های صنعتی و شهری بر عناصر مختلف موجود در آب زیرزمینی تأثیرگذار بوده است.

حداقل کل جامدات محلول (TDS)، مجموع وزنی کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود در آب، ۹۰۰ میلیگرم در لیتر است که مربوط به غرب دشت و حداکثر آن ۴۷۰۰ میلیگرم در لیتر مربوط به محدوده کارخانه دیسمان می‌باشد.

حداقل کلر، سولفات و سدیم به ترتیب ۶، ۶ و ۸ و حداکثر آنها نیز به ترتیب ۴۴، ۴۴ و ۴۸ میلی اکی والان در لیتر می‌باشد.

فلزات سنگین: فلزات سنگین از جمله مهمترین آلاینده‌های معدنی هستند که در آب‌های زیرزمینی مشاهده می‌شود. تا سال‌های اخیر توجه چندانی به آلاینده‌های معدنی نشده است. شاید علت اصلی این امر قدرت پاکسازی خاک از طریق جذب عناصر سنگین بوده است. چون اکثر خاک‌ها دارای توان تبادل یونی می‌باشند و قسمت اعظم آلاینده‌های معدنی قبل از اینکه وارد آب‌های زیرزمینی شوند توسط مینرال‌های رسی مانند کلریت، ایلیت، اکسیدهای آهن و منگنز و همچنین مواد آلی موجود، جذب بافت خاک می‌شوند. از بین فلزات سنگین اندازه‌گیری شده (Cr. Fe. Cu. Zn, Co, Cd, Ni, Pb, Mn, Ca. Mg)، با توجه به استاندارد محیط زیست جهت آبیاری تنها عنصر کبالت از حد مجاز (۰/۰۵ میلیگرم در لیتر) بیشتر است. غلظت سایر فلزات سنگین کمتر از حد استاندارد هستند و مشکل خاصی از نظر کیفیت آب مصرفی برای کشاورزی ندارند.

نتیجه‌گیری

خطرات عمده‌ای که منابع آب را مورد تهدید قرار می‌دهد عبارتند از: ورود فاضلاب‌های خانگی و صنعتی به آبهای زیرزمینی، ورود کودهای شیمیایی مصرف شده در کشاورزی به آب‌های زیرزمینی، نشت شیرابه ناشی از جمع‌آوری و تجمع زباله‌های شهری و صنعتی در منابع آب و زمین‌های کشاورزی مجاور منابع آب، عوامل یاد شده نقش عمده‌ای در بالا رفتن مقدار نیترات در آب‌های زیرزمینی و تنزیل شدید کیفیت آن دارند. استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و پایین بودن راندمان آبیاری باعث آبشویی نیترات از ناحیه توسعه ریشه‌ها به زیر این ناحیه شده و در طولانی مدت افزایش نیترات آب‌های زیرزمینی را به دنبال داشته است. لذا لازم است راندمان آبیاری در منطقه افزایش یابد و همچنین کودهای شیمیایی به اندازه مورد نیاز و در چند مرحله از فصل رشد، پس از انجام آزمایش‌های حاصلخیزی به خاک افزوده گردد. یکی دیگر از منابع عمده افزایش‌دهنده نیترات آب‌های زیرزمینی، لاگون‌ها و استخرهای پساب خروجی از تصفیه‌خانه می‌باشد که لازم است در مطالعات و اجرای تصفیه‌خانه‌ها نسبت به بررسی‌های زمین‌شناسی و همچنین عایق‌بندی لاگون‌ها و استخرها جهت جلوگیری از نشت فاضلاب و افزایش نیترات آب‌های زیرزمینی اقدام گردد.

تشکر و قدردانی

این پروژه تحقیقاتی از طریق طرح ملی تحقیقاتی کد M۵۸ با حمایت شورای تحقیقات علمی کشور انجام یافته است که بدینوسیله قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

[۱] عابدی کوپایی، ج.، ۱۳۸۰، تأثیر لندفیل مشهد بر آلودگی منابع آب زیرزمینی، مجموعه مقالات چهارمین همایش کشوری بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی شهید صدوقی یزد، جلد اول، صفحات ۸۷ تا ۹۷.

[۲] باقری، م. ۱۳۷۹. اثرات پساب و سیستم‌های آبیاری بر برخی خواص فیزیکی، شیمیایی و آلودگی خاک تحت کشت چند محصول زراعی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱٦٦ صفحه.

[۳] سماواتی، ع. ۱۳۷۸. ترکیبات نیتروژن در آب. مجله آب و محیط زیست، شماره ۹ صفحات ۸ تا ۱۳.

[٤] پیرنیا، س. خ.، میراب‌زاده، م. و کشاورز، ع.، ۱۳۷۵، آلودگی منابع آب و توسعه کشاورزی پایدار، مجموعه مقالات اولین کنگره سیاست‌گذاری امر زیربنایی در بخش کشاورزی، صفحه ۲۵۵ تا ۲٦۵.

[۵] سازمان زمین‌شناسی، ۱۳٦۲. مطالعه ژئوفیزیکی اصفهان به طریقه الکتریکی.

[٦] گزارش زمین‌شناسی و هیدرولوژی اصفهان. جلد چهارم، شماره ۱۲٤۳۷٦.

[۷] موسوی، ف.، ۱۳۷٦. مطالعه آلودگی آب‌های زیرزمینی حاشیه رودخانه زاینده‌رود، مجله آب و فاضلاب، شماره ۲٤، صفحات ۹ تا ۱۲.

[8] Singn. B. and Sekhon, G. S., 1976 Nitrate pollution of groundwater from Nitrogen fertilizers and animal wastes in the Punjab, India. Agric, and Environ., Vol. 3, pp. 57-97.

[۹] محمودیان، ع. ۱۳٦٤. وضعیت فاضلاب‌ها در ایران و آلودگی‌های ناشی از تخلیه آنها به منابع آب. مجله آب، ٤۳ تا ۵۲.

[۱۰] فرشاد، ع. ا.، ایماندل، ک. و محمدی، ع.، ۱۳۸۰، بررسی میزان نیترات و نیتریت در چاه‌های آب واحدهای صنعتی، ۱۳۸۰، مجموعه مقالات چهارمین همایش کشوری بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی شهید صدوقی یزد، جلد اول، صفحات ۸۷ تا ۹۷.

[۱۱] محسنی، ا.، ۱۳٦۵، بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه بابل به یون نیترات، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

[۱۲] غلامی، ع. م.، ۱۳۷۱. بررسی علل افزایش ابتلا به بیماری سرطان معده و مری، مجله‌نامه دانشگاه علوم پزشکی مازندران.

[۱۳] مطالعات آب‌های زیرزمینی اصفهان، ۱۳۵۱. گزارش نیمه تفصیلی آب‌های زیرزمینی دشت برخوار.

[۱٤] مطالعات آب‌های زیرزمینی اصفهان، ۱۳٦۱. گزارش مطالعات آب‌های زیرزمینی دشت برخوار اصفهان.

[۱۵] محمودی، ح. ا. ۱۳۷۷. ویژگی آبخوان شمال- شمال شرقی اصفهان، منطقه بین گرگاب در کمشجه

[16] APHA, 1995. Standards methods for the exemination of water and wastewater. 19th ed. APHA, Wastewater, D. C.

همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی
۲۵ بهمن ماه ۱۳۸۰

راهکارهای کاهش اثرات سوء پساب‌های کشاورزی

سید جلال جبلی[۱]

چکیده

مصرف بی رویه کودها و سموم کشاورزی موجب آلودگی زه‌آب مزارع کشاورزی به بقایای این مواد گردیده است. البته مصرف بی رویه کودها و سموم یگانه عامل بروز آلودگی پساب‌ها نبوده، بلکه سایر فعالیت‌های کشاورزی نیز در ایجاد و تشدید این آلودگی‌ها نقش داشته است. در داخل اراضی کشاورزی با مدیریت و بهینه نمودن فعالیت‌ها نظیر افزایش راندمان‌های آبیاری (Improving the Irrigation Efficiencies) بهبود آبیاری شبانه (Improving the Overnight Irrigation) بهینه کردن مصرف کود و سموم کشاورزی (Optimization of the use of Pesticides and Fertilizers) و تغییر روش‌های آبیاری (Changing the Irrigation Methods) می‌توان موجب کاهش بار آلودگی پساب‌ها گردید. در انتهای مزارع نیز با اجرای راهکارهای عملی می‌توان آلودگی زه‌آب‌ها قبل از تخلیه به آب‌های مجاور را کاهش داد. بعضی *از* راهکارهای موثر در کاهش آلودگی در انتهای مزارع شامل استفاده از استخرهای طبیعی (Natural Ponds)، استخرهای مصنوعی (Artificial Ponds)، باتلاق‌ها (Wetlands)، نوارهای حائل (Buffer Strips)، کانال‌های علفدار (Vegetated Channels)، فیلتر خاک و چمن (Soil and Grass Filter) و تطبیق کشت با کیفیت پساب (Crop Adoptation) می‌باشد. برای کاهش آلودگی‌های ناشی از زه‌آب مزارع راهکارهای گوناگونی وجود دارد که در این مقاله تنها به برخی از آنها اشاره خواهد شد. یادآور می‌گردد روش‌های کاهش اثرات سوءپساب مزارع تنها به راهکارهای مندرج در این مقاله منحصر نمی‌گردد، بلکه می‌باید از راهکارهای مورد اشاره در این مقاله به عنوان دیدگاه اولیه

۱- استاد یار و مدیر گروه مهندسی آبیاری و زهکشی مجتمع آموزش عالی ابوریحان- دانشگاه تهران

استفاده نمود و با اشاعه تحقیقات در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی راه‌های جدید منطبق با شرایط محیطی و اقلیمی ایران را مطالعه و تعیین نمود. بنابراین راهکارهای مورد اشاره در این مقاله که بر اساس تحقیقات و تجارب سایر کشورها ارائه شده می‌تواند به عنوان راهنمای اولیه مورد توجه محققین و طراحان کشاورزی قرار گرفته تا در وهله اول مبنای بروز نوع‌آوری‌های جدید قرار گرفته و ثانیاً در صورت لزوم پس از انجام تحقیقات و تطبیق با شرایط محیطی ایران در طرح‌های آبیاری و زهکشی مورد استفاده قرار گیرد.

مقدمه

نمونه‌برداری و تجزیه منابع آب نقاط مختلف دنیا وجود نیترات خارج از حد استاندارد قابل قبول یعنی ۱۰ میلی گرم در لیتر را در بعضی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی تایید نموده است. بررسی‌ها نشان داده است آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی منحصر به وجود بقایای نیترات نمی‌باشد بلکه تراژدی‌های دیگر وجود بقایای سایر مواد سمی نظیر فسفر، فلزات سنگین (Heavy Metals) و سموم نباتی (Pesticides) در آب‌های سطحی و زیرزمینی را به اثبات رسانده است (Madramootoo et. Al., 1994) . این قبیل مشاهدات فرضیه متحرک بودن (Mobility) بقایای ترکیبات شیمیایی در طبیعت را به اثبات رساند و راه را برای شروع تحقیقات وسیع در زمینه آلودگی‌های ناشی از مصرف مواد شیمیایی که تحت عنوان آلودگی‌های غیر متمرکز یا بدون کانون (Non-point Source Pollution) شناخته می‌شود هموار نموده است.

مصرف بی رویه کودها و سموم نباتی عمده‌ترین عامل بروز آلودگی‌های غیر متمرکز (Non-point Source Pollution) به حساب می‌آیند. مصرف بی رویه کودها و سموم موجب آلودگی پساب مزارع کشاورزی به بقایای این مواد گردیده است. البته مصرف بی رویه کودها و سموم یگانه عامل بروز آلودگی پساب‌ها نبوده، بلکه سایر فعالیت‌های کشاورزی نیز در ایجاد و تشدید این آلودگی‌ها نقش داشته است. در داخل اراضی کشاورزی با مدیریت و بهینه نمودن فعالیت‌ها نظیر افزایش راندمان‌های آبیاری (Improving the Irrigation Efficiencies) بهبود آبیاری شبانه (Improving the Overnight Irrigation) بهینه کردن مصرف کود و سموم کشاورزی (Optimization of the use of Pesticides and Fertilizers) و تغییر روش‌های آبیاری (Changing the Irrigation Methods) می‌توان موجب کاهش بار آلودگی پساب‌ها گردید. در انتهای مزارع نیز با اجرای راهکارهای عملی می‌توان آلودگی پساب‌ها قبل از تخلیه به آب‌های مجاور را کاهش داد. بعضی از راهکارهای موثر در کاهش آلودگی در انتهای مزارع شامل استفاده از استخرهای طبیعی (Natural Ponds)، استخرهای مصنوعی (Artificial Ponds)، باتلاق‌ها (Wetlands)، نوارهای حائل (Buffer Strips)، کانال‌های علفدار (Vegetated Channels)،

فیلتر خاک و چمن (Soil and Grass Filter) و تطبیق کشت با کیفیت پساب (Crop Adoptation) می‌باشد. برای کاهش آلودگی‌های ناشی از پساب مزارع راهکارهای گوناگونی وجود دارد که در این مقاله تنها به برخی از آنها اشاره خواهد شد. یادآور می‌گردد روش‌های کاهش اثرات سوءپساب مزارع تنها به راهکارهای مندرج در این مقاله منحصر نمی‌گردد، بلکه می‌باید از راهکارهای مورد اشاره در این مقاله به عنوان دیدگاه اولیه استفاده نمود و با اشاعه تحقیقات در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی راه‌های جدید منطبق با شرایط محیطی و اقلیمی ایران را مطالعه و تعین نمود. بنابراین راهکارهای مورد اشاره در این مقاله که بر اساس تحقیقات و تجارب سایر کشورها ارائه شده می‌تواند به عنوان راهنمای اولیه مورد توجه محققین و طراحان کشاورزی قرار گرفته تا در وهله اول مبنای بروز نوع آوری‌های جدید قرار گرفته و ثانیاً در صورت لزوم پس از انجام تحقیقات و تطبیق با شرایط محیطی ایران در طرح‌های آبیاری و زهکشی مورد استفاده قرار گیرد.

شکل ۱ـ تولید زه‌آب در مزارع

تولید زه‌آب در مزارع

همانگونه که شکل ۱ نمایش می‌دهد، حجم زه‌آب‌های تولیدی در اراضی کشاورزی را می‌توان به دو بخش مجزا تقسیم نمود. زه‌آب‌هایی که به عنوان تلفات آب ناشی از عدم مصرف بهینه در اراضی حاصل می‌شود و بخش دوم زه‌آب‌هایی که به عنوان زه‌آب‌های واقعی از مزارع تخلیه می‌گردد. روش‌های گوناگون آبیاری از راندمان‌های مختلفی بر خوردار می‌باشد. روش‌های آبیاری سطحی، آبیاری بارانی و آبیاری

قطره‌ای هر یک مقادیری زه‌آب در مزارع تولید می‌نمایند. در میان روش‌های یاد شده آبیاری سطحی به دلیل راندمان پائین بیش از سایر روش‌ها رواناب سطحی و زه‌آب تولید می‌نماید. جریان آب در داخل انهار اگر به هر دلیل مورد استفاده زارعین قرار نگیرد به عنوان زه‌آب وارد زهکش‌ها می‌گردد. اهم علل عدم استفاده از آب جاری در انهار و کانال‌ها عدم هماهنگی در تقاضا و تحویل به موقع آب، عدم آبیاری شبانه در کانال‌های با جریان دائمی و خرابی احتمالی کانال‌ها و دریچه‌ها می‌باشد. تغییر روش‌های آبیاری به بارانی و قطره‌ای علاوه بر سایر مزایای فنی و اقتصادی موجب افزایش راندمان آبیاری و کاهش تولید رواناب و زه‌آب‌های ناخواسته می‌گردد. بنابر این اعمال روش‌های آبیاری تحت فشار از جنبه‌های زیست محیطی نیز بسیار حائز اهمیت می‌باشد. بدیهی است مدیریت عرضه و تقاضا و تنظیم متناسب نحوه تحویل آب به همراه تعمیر و مرمت به موقع کانال‌ها و ابنیه آبرسانی به گونه ای که شکل ۲ نمایش می‌دهد در تقلیل زه‌آب‌های ناخواسته نیز نقش بسزا دارد. در هر حال پس از اعمال مدیریت‌های لازم و حذف زه‌آب‌های ناخواسته نوبت به تصفیه زه‌آب‌های واقعی مزارع می‌رسد.

شکل ۲- راهکارهای کاهش حجم زه‌آب‌های ناخواسته

محدوده تأثیرات زیست محیطی زه‌آب‌های کشاورزی

محدوده تأثیرات زیست محیطی زه‌آب‌های کشاورزی را می‌توان در چهار بخش مختلف به شرح شکل ۳ خلاصه نمود. آب آبیاری در مرحله اول در اطراف ریشه گیاهان بر روی خاک توزیع می‌گردد (Soil Mixing Zone). توزیع آب در سطح اراضی موجب انتقال مواد آلی و معدنی نظیر نمک‌ها و بقایای

کودها و سموم به آب‌های مجاور می‌گردد. محدوده انتقال آب و بقایای مواد آلی و معدنی در محدوده‌ای بنام منطقه انتقال (Transport Zone) صورت می‌گیرد. در این منطقه زه‌آب‌های کشاورزی تولید و ضمن انتقال به آب‌های مجاور انتقال مواد شیمیایی را در ناحیه بعدی یعنی ناحیه تجمع (Deposition) موجب می‌گردند. در ناحیه تجمع که شامل مجاری انهار و رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و دریاها می‌باشد، مواد شیمیایی به شکل‌های جذب سطحی و معلق در محیط‌های آب و خاک باقی می‌ماند. مواد شیمیایی محلول در زه‌آب‌ها از طریق نفوذ در خاک (Leaching) نیز موجب ایجاد تغیرات در محیط می‌گردد. نفوذ عمقی (Leaching) با انتقال بقایای املاح محلول در آب به اعماق زمین سبب آلودگی آب‌های زیرزمینی به مواد شیمیایی می‌گردد. بنابراین دو منطقه آب‌های سطحی (Depozition Zone) و آب‌های زیرزمینی (Leaching Zone) فصول مشترک‌های مهم کشاورزی و محیط زیست تلقی می‌گردد. و هر گونه برنامه برای کاهش اثرات زه‌آب‌ها در محیط زیست باید در این دو منطقه متمرکز شود. البته اعمال مدیریت‌های لازم در دو منطقه دیگر یعنی (Soil Mixing Zone) و انتقال (Transport Zone) نیز در کاهش آلودگی‌های منابع آب و خاک تاثیر بسزا دارد که مجال پرداختن به آن در این مقاله نمی‌باشد.

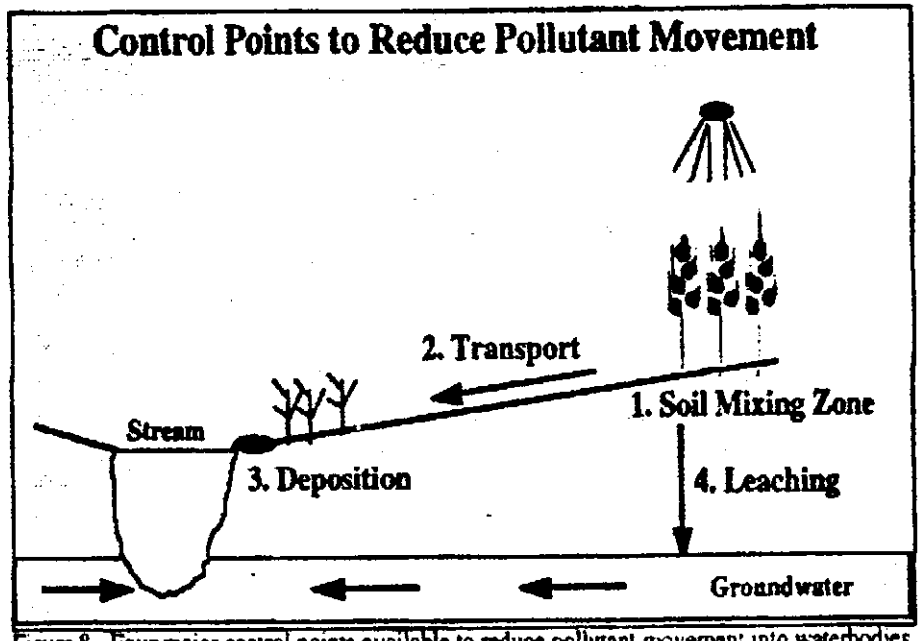


Figure 8. Four major control points available to reduce pollutant movement into waterbodies. Chemicals and wastes would be applied to fields; soil would already be present on the field.

شکل ۲- محدوده تأثیرات زیست محیطی زه‌آب‌های کشاورزی

در این مقاله به روش‌هایی که برای کاهش اثرات سوءاستفاده از پساب‌ها و زه‌آب‌ها در دو منطقه تجمع (Soil Mixing Zone)، و نفوذ عمقی (Deposition) مورد استفاده قرار گرفته و نتایج قابل قبولی ارائه نموده اشاره خواهد شد.

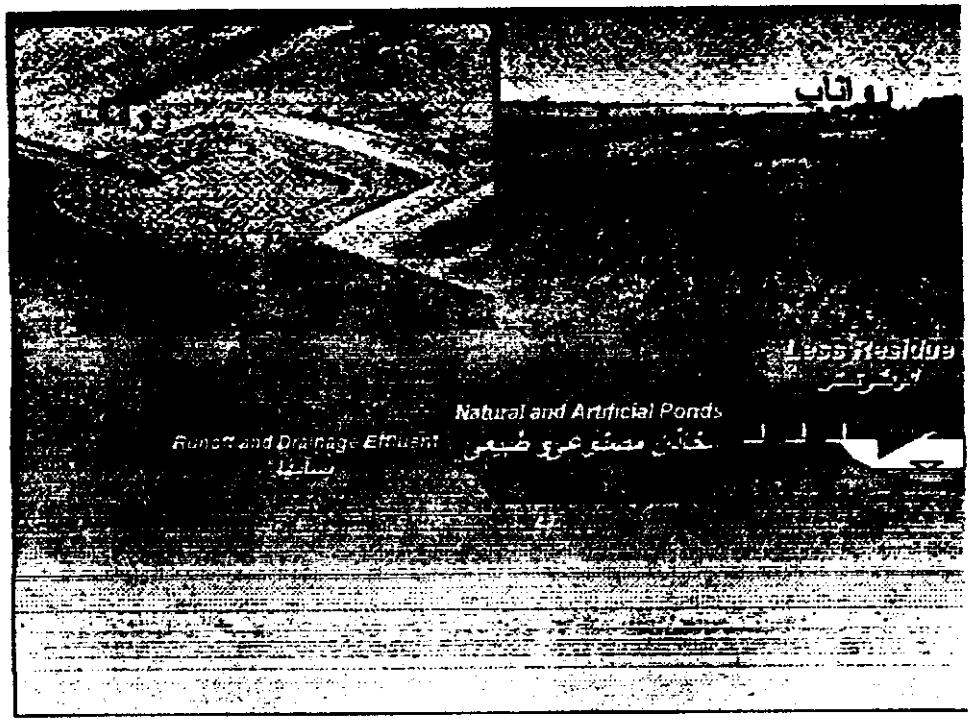
یادآور می‌گردد روش‌های کاهش اثرات سوءپساب مزارع تنها به راهکارهای مندرج در این مقاله منحصر نمی‌گردد بلکه می‌باید از راهکارهای مورد اشاره در این مقاله به عنوان دیدگاه اولیه برای یافتن روش‌های نوین استفاده نمود. بدیهی است تنها با اشاعه تحقیقات در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی می‌توان به یافتن راه‌های جدید منطبق با شرایط محیطی و اقلیمی ایران امید داشت. در هر حال بعضی از روش‌های مورد اشاره در این مقاله عمدتاً عبارتند از بکارگیری تالاب‌ها (Wetlands)، بکارگیری مخازن طبیعی و مصنوعی (Natural and Artificial Ponds)، بکارگیری نوارهای حائل یا نوارهای سبز (Buffer Strips)، بکارگیری کانال‌های سبز (Vegetated Channels)، بکارگیری فیلتر خاک و چمن (Soil and Grass) Filter می‌باشند.

شکل ٤ـ استفاده از مرداب‌ها در کاهش آلودگی‌ها

بکارگیری تالاب‌ها (Wetlands)

تالاب‌ها یا باتلاق‌ها مکان‌هایی هستند که در بخشی از سال یا در تمامی فصول از آب پوشیده می‌باشند. این قبیل اراضی محل رشد و تجمع گیاهان آبزی و زیستگاه بسیاری از جانوران می‌باشند. وجود گیاهان و

جانوران آبزی با ایجاد محیط بیولوژیکی در اطراف خود می‌توانند منشاء اثرات زیست محیطی مثبت باشند. در طرح‌های توسعه کشاورزی و آبیاری این گونه اراضی بدون در نظر گرفتن اثرات زیست محیطی آنها از طریق احداث زهکش‌های سطحی و زیر زمینی به اراضی کشاورزی مبدل می‌گردند. توسعه شهرها نیز به نوبه خود به بقای تالاب‌ها و باتلاق‌ها صدمات جبران‌ناپذیری زده است (Anon., 1994). در صورتیکه تالاب‌ها به درستی نگهداری و حفاظت شوند علاوه بر ایجاد فضای طبیعی مناسب از قدرت پالایشی خوبی نیز برخوردار خواهند بود. بقایای مواد شیمیایی موجود در رواناب سطحی و زه‌آب اراضی کشاورزی بگونه‌ای که شکل ٤ نمایش می‌دهد توسط ریشه گیاهان و باکترهای هوازی و غیر هوازی داخل و اطراف تالاب‌ها به ترکیبات بی ضرر تجزیه می‌گردند. مراقبت از بقای تالاب‌ها عمدتاً شامل کمک به برقراری جریان دائمی و تجدید شونده، حفظ نوارهای سبز اطراف مسیر ورودی آب‌ها، حفاظت از فرسایش دیواره‌ها و جلوگیری از ورود آب‌های بسیار آلوده خارج از ظرفیت پالایشی تالاب‌ها می‌باشد.

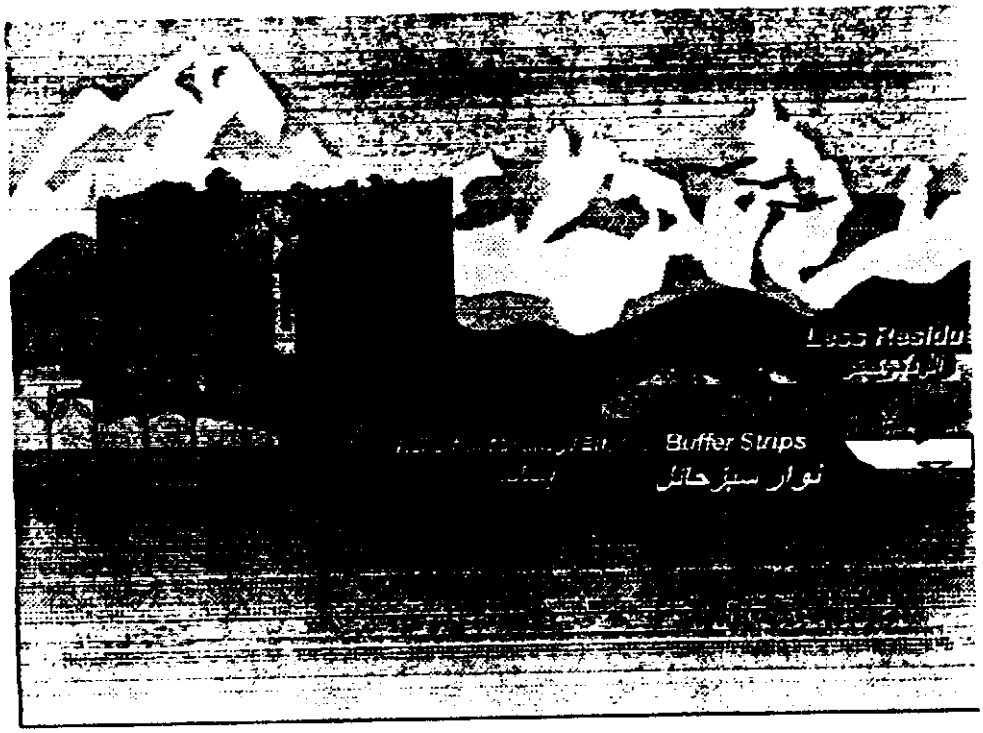


شکل۵- استفاده ازمخازن طبیعی و مصنوعی در کاهش آلودگی‌ها

بکارگیری مخازن طبیعی و مصنوعی (Natural and Artificial Ponds)

مخازن چه بصورت حوضچه‌های طبیعی یا مصنوعی ممکن است برای اهداف چند منظوره بکار گرفته شوند. مخازن ممکن است همزمان به عنوان آبشخوار دامها، آبیاری، پرورش ماهی و تفریح مورد استفاده قرار گیرند. در شمال ایران این قبیل مخازن تحت نام آببندان‌ها شناخته می‌شوند. همزمان با مصارف یاد

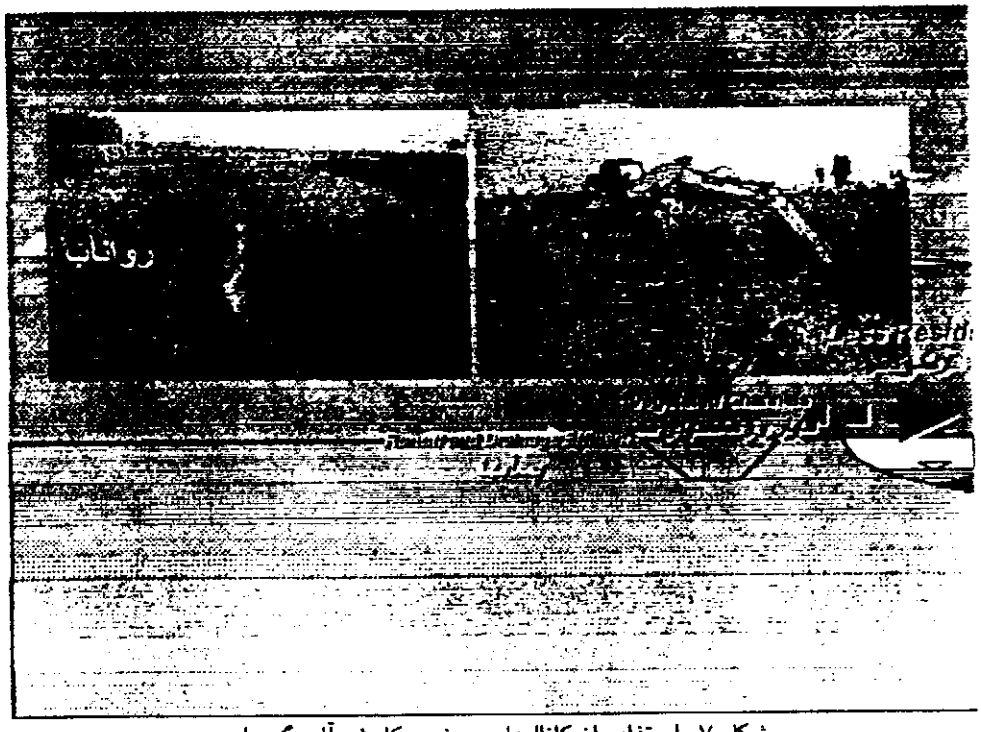
شده، از مخازن می‌توان برای کاهش آلودگی منابع آب و خاک نیز استفاده نمود. زیرا چنانچه مخازن به درستی طراحی و نگهداری گردند، بعلت ایجاد محیط بیولوژیکی می‌توان از آنها برای ته‌نشینی و تصفیه بعضی از آلاینده‌ها مانند نیترات‌ها استفاده نمود. البته در طراحی ظرفیت مخازن، میزان آلایندگی آب و قدرت پالایشی استخر بسیار مهم می‌باشد. در این حالت همانطور که شکل ۶ نشان می‌دهد با هدایت رواناب‌های سطحی یا زه‌آب بخشی از اراضی به مخازن، زمان ماند رواناب را در آن طراحی می‌کنند. مخازن ممکن است با خاکریزی در قسمتی از مسیر یک نهر یا با خاکبرداری در نقطه گود یک مزرعه بدست آیند. در این صورت آب‌های سطحی و زه‌آب‌های اطراف عمده‌ترین منبع تغذیه‌کننده آب مخازن خواهند بود. در نقاطی که سطح آب زیر زمینی بالا می‌باشد نیز می‌توان با خاکبرداری اقدام به ایجاد مخازن نمود. بکارگیری مخازن برای مصارف گوناگون مستلزم تعبیه تأسیسات ساده با مواد ساختمانی ارزان می‌باشد. بسته به نوع استفاده از مخازن مراقبت‌های لازم از آنها شامل نصب آبشخوار دام‌ها، حفاظت دیواره‌ها در مقابل فرسایش، جلوگیری از رشد جلبک‌ها و علف‌های هرز، مراقبت از تخلیه آب مخازن پرورش ماهی به آب‌های مجاور می‌باشد. چنانچه شرایط فیزیکی اجازه دهد ایجاد چند مخزن مصنوعی یا حفاظت و بکارگیری صحیح تالاب‌ها و مخازن طبیعی موجود ممکن است کمک قابل توجهی به کاهش آلودگی و بهبود فضای زیست محیطی در گوشه کنار اراضی مزروعی نماید.



شکل۶- استفاده از نوارهای حائل یا نوارهای سبز در کاهش آلودگی‌ها

بکارگیری نوارهای حائل یا نوارهای سبز (Buffer Strips)

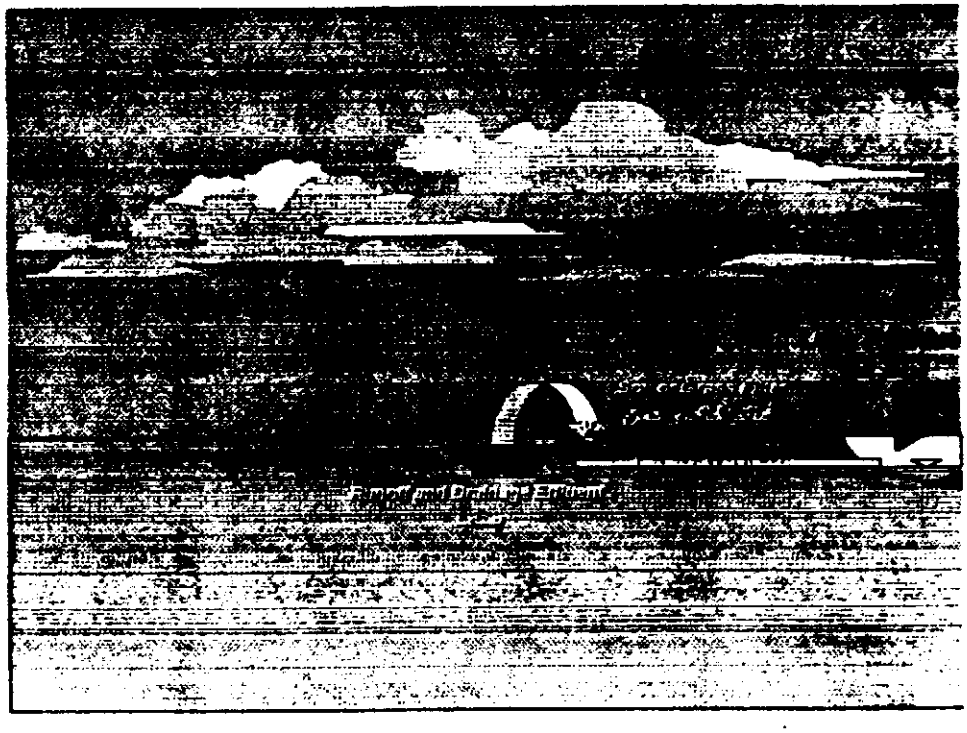
تحقیقات متعدد نشان داده است که کشت نوارهای سبز به عنوان حائل بین اراضی مزروعی و حاشیه نهرها و رودخانه‌ها در کاهش آلودگی آب‌ها نقش قابل توجهی دارند. ایجاد نوارهای سبز یکی از اقدامات بهینه (Best Management Practices) در کاهش آلودگی آب‌ها بشمار می‌آید (Dillaha et. Al., 1987) . برای مثال ایجاد یک حاشیه سبز ۱۵ متری در طرفین انهار باعث جلوگیری از انتقال رسوب و مواد مغذی پساب مزرعه به آب‌ها می‌گردد. البته برای تعیین عرض مناسب اطلاع ازشدت آلودگی پساب، نوع خاک، شیب اراضی، نوع پوشش سبز و انواع جانوران محیط اطراف ضروری می‌باشد (Anon., 1994). در ایجاد حاشیه سبز می‌توان از بوته‌ها و چمن پر پشت استفاده نمود. همانطور که شکل ٦ نمایش می‌دهد با عبور رواناب سطحی و پساب از عرض نوار سبز، رسوبات و مواد معلق در آنها توسط گیاهان ته‌نشین شده و آب نسبتا زلال به انهار سرازیر می‌گردد (Anon., 1995). برای مثال نیترات ($NO3^-$) موجود در رواناب سطحی توسط ریشه گیاهان حائل قابل جذب بوده و طی عمل تجزیه سرانجام به صورت گاز نیتروژن به هوا متصاعد می‌شود. فسفر نیز که به همراه رسوبات در سبزینه نوارهای حائل ته‌نشین گردیده، به مرور توسط ریشه گیاهان به مصرف رسیده و از انتقال آن به آب‌ها جلوگیری می‌گردد. نوارهای سبز علاوه بر فیلتر نمودن مواد و بهبود کیفیت پساب‌ها باعث تثبیت دیواره انهار، ایجاد محیط طبیعی مناسب برای جانوران و جلوگیری از فرسایش نیز می‌شوند. برای حفظ کارایی نوارهای سبز مراقبت‌های فصلی بعد از فصول پر باران نظیر تمیز کردن مسیر از تنه درختان، کوتاه کردن بوته‌های بلند ضمن جلوگیری از صدمه زدن به زیستگاه‌های جانوران و سرانجام مرمت بخش‌هایی از نوار که در اثر عبور ماشین‌آلات صدمه دیده ضروری می‌باشد.



شکل ۷- استفاده از کانال‌های سبز در کاهش آلودگی‌ها

بکارگیری کانال‌های سبز (Vegetated Channels)

لایروبی و بریدن علف‌های هرز یکی از توصیه‌های رایج در نگهداری و بهره برداری زهکش‌ها محسوب می‌گردد. اما امروزه بریدن علف زهکش‌ها از جنبه‌های زیست محیطی چندان مورد تائید نمی‌باشد. در مناطقی که امکان رشد علف در زهکش‌ها وجود ندارد، حتی کارشناسان زیست محیطی ایجاد گیاهان مصنوعی در کف و جدار زهکش‌ها را نیز توصیه می‌نمایند. کانال‌های (زهکش‌ها) سبز اعم از طبیعی یا مصنوعی موجب استحکام دیواره‌ها و فیلتر نمودن رسوبات و مواد شیمیایی رواناب‌ها و پساب‌ها می‌گردند (Anon., 1995). کانال‌های سبز نیز مانند سایر تأسیسات مستلزم نگهداری فصلی می‌باشند. نگهداری از کانال‌های سبز همانند نگهداری از نوارهای حائل عمدتاً شامل مراقبت‌های فصلی بعد از فصول پر باران نظیر تمیز کردن مسیر از تنه درختان و کوتاه کردن بوته‌های بلند می‌باشد. در صورتیکه کانال‌های سبز به خوبی نگهداری گردند، مطابق شکل ۷ با فیلتر نمودن رسوبات و مواد شیمیایی در کاهش آلودگی آب‌های سطحی نقش قابل توجهی خواهند داشت (Anon., 1994).

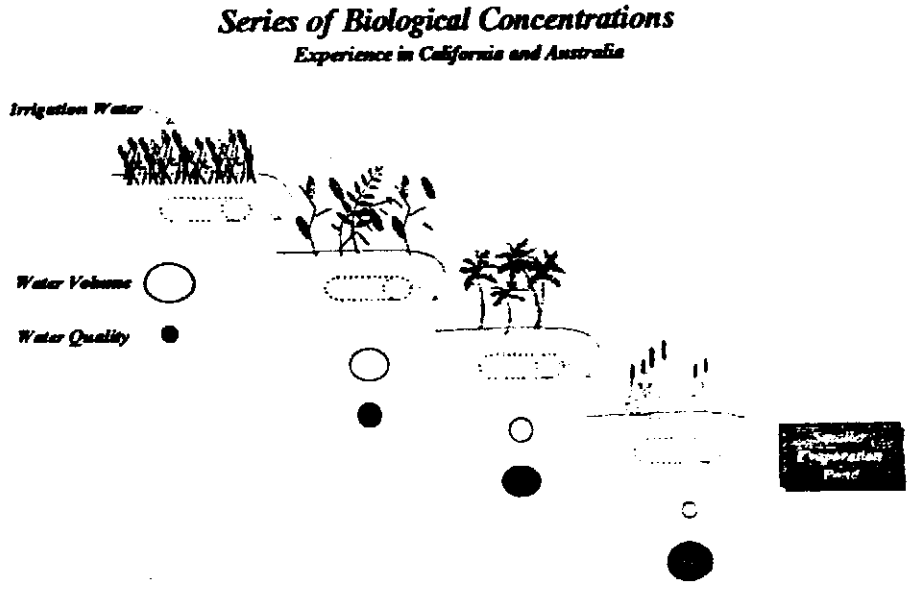


شکل ۸- استفاده از فیلتر خاک یا چمن در کاهش آلودگی‌ها

بکار گیری فیلتر خاک و چمن (Soil and Grass Filter)

خاک به علت وجود معدنی‌های رس و هوموس ضمن دارا بودن قابلیت تبادل کاتیونی (Cation Exchange Capacity) می‌تواند مواد شیمیایی را که در محیط مرطوب به صورت یون و ذرات

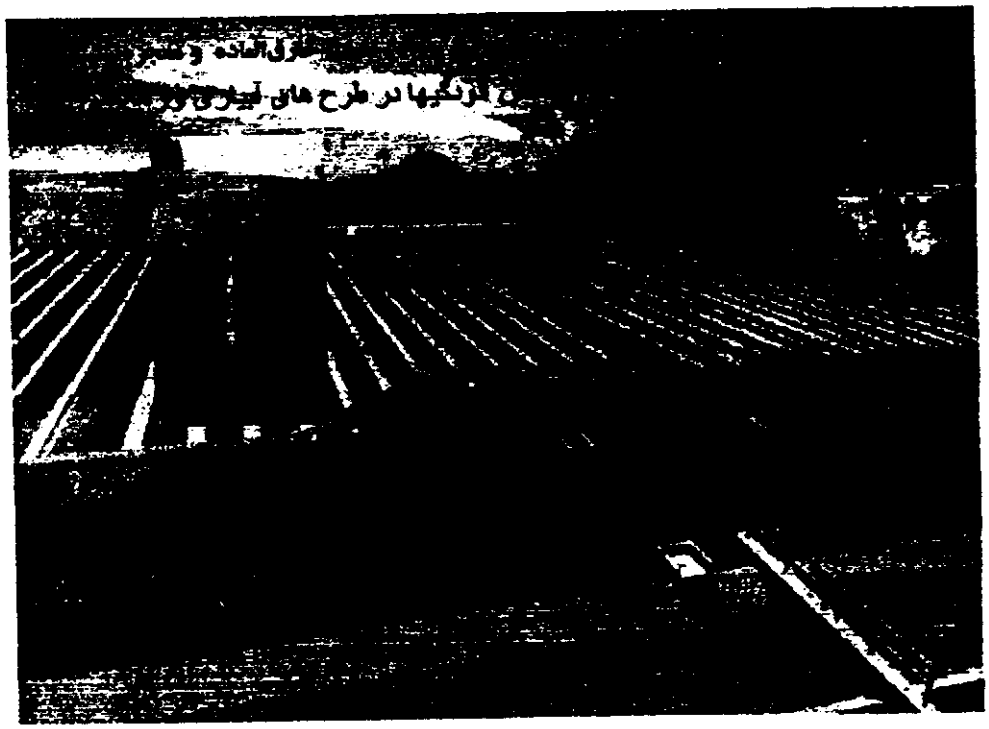
باردار ظاهر می‌شوند. در سطح ذرات خود جذب نموده و از انتقال آنها به آب‌های سطحی جلوگیری نمایند (Retention). خاک‌ها بعلت دارا بودن کلوئیدهای رسی که دارای بار منفی بوده و ذرات ماسه که دارای بار مثبت می‌باشند، علاوه بر خاصیت تبادل کاتیونی می‌توانند مواد آلی و معدنی موجود در پساب مزارع را نیز در سطح خود جذب نمایند (Adsorption). مواد آلی و معدنی پساب‌ها ممکن است از بقایای کودها و سموم مزارع تشکیل گردند که آنها نیز بسته به نوع فرمول شیمیایی ممکن است دارای بارهای منفی یا مثبت باشند. واضح است ذرات باردار خاک با جذب مواد شیمیایی که دارای بار مخالفند باعث تثبیت آنها در خاک‌ها می‌گردند (Imobilization). چمن نیز به دلیل فشردگی انبوه ریشه‌های آن می‌تواند همانند خاک با جذب مواد شیمیایی و رسوبات از انتقال آنها به آب‌ها جلوگیری نماید. چمن‌ها علاوه بر فیلتر کردن آب با ایجاد محیط بیولوژیکی نیز به تجزیه ترکیبات شیمیایی توسط باکتری‌ها کمک می‌نمایند. در اراضی کشاورزی می‌توان از این ویژگی خاک و چمن برای کاهش آلودگی آب‌ها استفاده نمود. برای اینکار در صورت اختصاص بخش کوچکی از اراضی برای کشت چمن یا فیلتر خاک می‌توان همانطور که شکل ۹ نشان می‌دهد با هدایت پساب‌ها به سطح این اراضی قبل از تخلیه آنها به آب‌های مجاور موجبات فیلتر شدن مواد شیمیایی توسط ذرات خاک و چمن را فراهم نمود. در این حالت پساب خارج شده از پروفیل خاک و چمن از آلودگی کمتری بر خوردار می‌باشد. تحقیقات انجام شده نتایج رضایت‌بخشی از این عمل را بدست داده است (Liaghat and Prasher. 1997). البته در طراحی و انتخاب سطح اراضی و نوع چمن اطلاع از نوع آلاینده‌ها و غلظت آنها ضروری می‌باشد.



شکل ۹- تضبیق کشت بر اساس کیفیت پساب‌ها در طرح‌های آبیاری زهکشی

بکارگیری راهکارهای کاهش آلودگی‌های زیست محیطی در طرح‌های آبیاری و زهکشی

برای کاهش آلودگی‌های ناشی از پساب مزارع راهکارهای گوناگونی وجود دارد که تنها برخی از آنها در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است. باید متذکر شد کاهش آلودگی پساب مزارع تنها به راهکارهای مندرج در این مقاله منحصر نمی‌گردد، بلکه با اشاعه تحقیقات در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی می‌باید راه‌های جدید منطبق با شرایط محیطی و اقلیمی ایران مطالعه و تعیین گردد. راهکارهای مورد اشاره در این مقاله که بر اساس تحقیقات و تجارب سایر کشورها ارائه شده می‌تواند به عنوان راهنما مورد توجه محققین و طراحان کشاورزی قرار گرفته تا در وهله اول مبنای بروز نوآوری‌های جدید قرار گرفته و ثانیاً در صورت لزوم پس از انجام تحقیقات و تطبیق با شرایط محیطی ایران در مزارع و طرح‌های آبیاری و زهکشی مورد استفاده قرار گیرند. نباید از نظر دور داشت که رمز موفقیت در مهار آلودگی‌های زیست محیطی کاربرد صبورانه و تدریجی راهکار یا راهکارهای مختلف می‌باشد (Integrated Techniques).



شکل ۱۰- نمونه بکارگیری راهکارهای کاهش آلودگی‌ها در طرح‌های آبیاری زهکشی

در مهار آلودگی‌های زیست محیطی ممکن است یک راهکار به تنهایی پاسخگو نبوده بلکه بدلیل تأثیرات بطئی کاربرد همزمان چندین روش ضروری گردد. اثریک راهکار یا راهکارهای مختلف در کاهش آلودگی پساب‌ها ممکن است در وهله اول بسیار جزئی به نظر برسد اما کاربرد این روش‌ها در سطح میلیون‌ها هکتار اراضی کشاورزی مسلماً منجر به کاهش چشمگیر در آلودگی‌های ناشی از پساب مزارع خواهد شد.

وظیفه تطبیق راهکارهای تجربه شده قبلی و خلق راهکارهای جدید در طرح‌های آبیاری و زهکشی بعهده کارشناسان و محققین جوان می‌باشد. وظیفه ایجاد زمینه برای بروز این خلاقیت‌ها به عهده سازمان‌ها و مراکز تحقیقاتی مختلف خواهد بود.

از راهکارهای مورد اشاره می‌توان به تناسب در گوشه و کنار مزارع و واحدهای عمرانی استفاده نمود ضرورت کاربرد این راهکارها و یا راهکارهای مناسب دیگر بسته به شرایط فیزیکی و محیطی هر مزرعه قابل تنظیم و تطبیق می‌باشند. انتخاب و تطبیق راهکار مناسب و تعیین اندازه تأسیسات لازم بسته به نوع آلاینده، شرایط اقلیمی و موقعیت مزرعه قابل طراحی می‌باشد. البته کاربرد این قبیل راهکارها نباید تنها به طرح‌های وسیع کشاورزی منحصر گردد بلکه با طراحی و تطبیق راهکار یا راهکارهای مناسب کلیه اراضی کشاورزی اعم از اراضی تحت کشت فعلی (Existing Agricultural Areas) و اراضی تحت مطالعه (Intensive Agricultural Areas) می‌توانند مورد پوشش مدیریت کیفی آب قرار گیرند. بدین ترتیب دامنه مدیریت کیفی آب و کاربرد راهکارهای کاهش آلودگی پساب مزارع بطوریکه شکل ۱۰ نشان می‌دهد در صورت رعایت نکات فنی و زیست محیطی علاوه بر قطب‌های کشاورزی (Intensive Agricultural Areas) در اراضی سنتی (Conventional Agricultural Areas) نیز قابل اجرا می‌باشند.

Refernces

Anonymous. 1994. Best management practices, water management. Agriculture Canada Pp. 93.

Anonymous. 1995. Managing non-point source pollution in agriculture. Deere & Company Technical Center. Moline, IL, 61265. Technical Report No. 272. Pp. 63.

Dillaha, T.A., R.B. Reneau, S. Mostaghimi, V.O. Shanholtz and W.L. Magette. 1987. Evaluating nutrient and sediment losses from agricultural lands: vegetative filter strips. U.S. Environmental Protection Agency, Region III, Chesapeake Bay Liaison Office, Annapolis, MD 21403. Pp.92.

Liaghat A., and S.O. Prasher. 1997. Role of soil and grass strips in reducing nitrate-N pollution in subsurface-drained farmlands: Lysimeter results. Canadian Water Resources Journal. Vol. 22(3): 117-127.

Madramootoo, C.A., G.T. Dodds and Z. Alikhani. 1994. Proceedings of a national policy workshop on sustainable land and water resources management. Agricultural and biosystems department of Mcgill University, Macdonald Campus, 21111 Lakeshore Road, Sainte Anne-de-Bellevue, Quebec, H9X 3V9, Canada. Pp. 65.

همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی
۲۵ بهمن ماه ۱۳۸۰

بررسی تجارب کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا در زمینه استفاده مجدد از پساب

تألیف : عالیه ثابت‌رفتار

چکیده:

با توجه به محدودیت منابع آب در کشور و روند رو به رشد مصرف آب در سال‌های اخیر ناشی از افزایش جمعیت و توسعه صنعتی، سیاست‌های جدید منابع آب کشور مبتنی بر افزایش میزان آب‌های قابل دسترس و جایگزین نمودن منابع جدید آب می‌باشد. لذا تحت چنین شرایطی استفاده از پساب به عنوان یک منبع تأمین‌کننده نیازهای آبی در بخش‌های خاصی از مصارف کشورمان ضروری به نظر می‌رسد. این امر نیازمند برنامه‌ریزی و مدیریت جامع با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی است. در این راستا استفاده از تجارب سایر کشورها می‌تواند در برنامه‌ریزی و استفاده مجدد از منابع آب مفید باشد. بر این اساس در مطالعه حاضر، سعی گردیده از فعالیت‌ها و تجارب ارائه شده در «کارگاه منطقه‌ای استفاده مجدد از آب در خاورمیانه و شمال آفریقا» در زمینه استفاده از پساب که در تاریخ تیر ماه ۱۳۸۰ در کشور مصر برگزار گردیده، استفاده شود. در این کارگاه تجارب و گزارشات متعددی با توجه به شرایط و محدودیت‌های زیست محیطی، تکنولوژیکی و اقتصادی کشورهای شرکت‌کننده در زمینه استفاده مجدد از آب ارائه گردید. همچنین در این مقاله سعی بر این است با جمع‌بندی اقدامات انجام شده در زمینه استفاده مجدد از آب، از بین گزارشات ارائه شده در سمینار بهترین و کاربردی‌ترین موضوعات انتخاب و برخی از فعالیت‌های شاخص نظیر برنامه‌های دستیابی به مدیریت یکپارچه، تدوین استانداردها و ملاحظات بهداشتی به عمل آمده، ارائه گردد.

مقدمه

کشورهای واقع در ناحیه خاورمیانه و شمال آفریقا (MENA)[1] به عنوان یکی از خشک‌ترین مناطق جهان با منابع آبی بسیار محدود شناخته شده‌اند. این منطقه با وجود دارا بودن ۵٪ از کل جمعیت جهان تنها ۱٪ از منابع آب شیرین را در اختیار دارد و ۱۶٪ از کل جمعیت این منطقه (حدود ٤٥ میلیون نفر) از دسترسی به آب سالم و بهداشتی محرومند. میزان آب قابل دسترس در این منطقه به علت تنوع در شرایط هیدرولوژیکی و فیزیوگرافی، از کشوری به کشور دیگر متفاوت می‌باشد. میانگین آب قابل دسترس در این منطقه از ۳۵۰۰ متر مکعب در سال به ازای هر نفر در سال ۱۹۶۰ به ۱۰۰۰ مترمکعب در حال حاضر کاهش یافته و پیش‌بینی می‌گردد که این مقدار تا سال ۲۰۲۵ به ۵۰۰ متر مکعب در سال برسد. همانطوریکه ملاحظه می‌شود در فاصله این سال‌ها میانگین سرانه آب به یک هفتم مقدار خود در سال ۱۹۶۰ رسیده است.

بخش کشاورزی بطور میانگین ۸۷٪ از منابع آب قابل دسترس در این منطقه را به مصرف می‌رساند و رقابت بر سر تصاحب منابع آبی بین بخش کشاورزی و مصرف آب شهری روزبه‌روز تشدید می‌گردد. با توجه به ارزش‌های ویژهٔ اقتصادی اجتماعی مصارف آب شهری، هر روزه سهم بیشتری از آب مورد نیاز کشاورزی به مصارف شهری اختصاص می‌یابد و متعاقب آن استفاده از سیستم‌های کارآمدتر آبیاری و همچین استفاده از پساب تصفیه شده در کشاورزی روزبه‌روز معمول‌تر شده و افزایش یافته است. [۲]

باید توجه داشت که استفاده مجدد از پساب در آبیاری امری انتخابی نیست بلکه به صورت یک اجبار مطرح می‌باشد. در این راستا در سال ۲۰۰۱ با همکاری بانک جهانی، SWF[2] و NWRC[3] کارگاهی در قاهره با هدف بررسی راهکارهای اجرائی و تجارب کشورهای مختلف در رابطه با بازیافت آب برگزار گردید. هم اکنون در بسیاری از کشورهای جهان نیز استفاده از پساب به عنوان وزنه‌ای برای متعادل ساختن توازن میان عرضه و تقاضای آب مطرح می‌باشد و سعی می‌گردد تا با استفاده از این منبع جدید بخشی از کمبودهای منابع آبی جبران گردد.

با توجه به چالش‌های موجود در این منطقه، تنها راه‌حل اساسی برای رفع بحران موجود، مدیریت جامع آب می‌باشد. مدیریت جامع آب ابزاری است که امکان مقایسه و ارزیابی تحلیلی در رابطه با مصرف و تقاضای آب را فراهم می‌آورد. ولی با این وجود، این راهکار بطور مستقیم کمیت آب را افزایش نمی‌دهد، بلکه با مدیریت صحیح امکان استفاده بهینه از منابع محدود را فراهم می‌آورد.

---

[1]- Middle East and North Africa

منطقه منا در برگیرنده کشورهایی چون الجزایر، مصر، ایران، عراق، اردن، کویت، لبنان، لیبی، مراکش، عمان، عربستان سعودی، سودان، تانزانیا، ترکیه، امارات، یمن، فلسطین و بحرین می‌باشد که در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا جای گرفته‌اند.

[2]- The swiss Development fund

[3]- National Water Research Center

پساب که زمانی به عنوان یک منبع آلودگی تلقی می‌گردید، هم‌اکنون در جهان به عنوان یک منبع جدید تأمین آب مطرح می‌باشد. با توجه به ماهیت دوگانه پساب، بازیافت آب به عنوان یکی از راهکارها و فرصت‌های کلیدی جهت بهبود وضعیت آبی این منطقه مطرح می‌باشد که از آلودگی منابع آبی و در نتیجه تنزل کیفی آن جلوگیری می‌کند و از سوی دیگر با عرضه منابع جدید تأمین آب، می‌تواند زمینه‌ساز تامین نیازهای آبی گردد. [۱]

با این وجود متأسفانه تنها ۱۵٪ از سهم آب شهری در این منطقه قابل بازیافت می‌باشد و باقیماندهٔ آن دوباره به صورت تصفیه نشده به چرخه هیدرولوژیکی آب وارد شده و ویژگی‌های کیفی و زیست محیطی این منابع را به خطر می‌اندازد. بعلاوه به علت فقدان قوانین و آئین‌نامه‌های شفاف و روشن در خصوص استفاده مجدد از پساب، سیاستگزاری روشنی در این خصوص صورت نگرفته و استفاده مجدد از آب هنوز مراحل اولیه خود را طی می‌کند. [۲]

همچنین فقدان مکانیسم‌ها و مشوق‌های لازم جهت ترغیب جامعه به استفاده بیشتر از پساب، موضوع استفاده مجدد از پساب را پیچیده‌تر نموده است. در عین حال توجه به این نکته ضروری است که استفاده مجدد از پساب تنها زمانی جایگاه واقعی خود را خواهد یافت که هزینه‌های واقعی تأمین آب شیرین پرداخت گردد.

۱- تجارب استفاده مجدد از پساب در کشورهای منا:

۱-۱- میزان پساب تصفیه شده مورد استفاده

با توجه به آمارهای ارائه شده، میزان منابع آب موجود در کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا، براساس ویژگی‌های محیطی و هیدرولوژیکی آنها متفاوت می‌باشد. مطالعات انجام شده در ۲۹ کشور موجود منطقه نشان می‌دهد که، میزان کل آب برداشت شده برابر با ۵۱۲٤٤٤/۳ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد که در این میان کشورهایی نظیر جیبوتی با ۷/۵ میلیون متر مکعب در سال و قبرس با ۲۱۱ میلیون متر مکعب دارای کمترین میزان برداشت و کشورهایی نظیر پاکستان و ایران به ترتیب با ۱۵۵/٦۰۰ (۱۹۹۱) و ۷۰۰۳٤ (۱۹۹۳) میلیون متر مکعب در سال بیشترین مقدار برداشت آب را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۱ و ۲). همچنین حداکثر استفاده مجدد از پساب کشور سوریه به میزان ۳۷۰ میلیون متر مکعب در سال و عربستان سعودی با ۲۱۷ مترمکعب در سال می‌باشد. از مجموع حجم برداشت آب، بطور عمده در فعالیت‌های صنعتی، شهری و کشاورزی استفاده می‌گردد. مطالعات انجام شده در این زمینه نشان‌دهنده آن است که بیشترین میزان آب برداشت شده در فعالیت‌های کشاورزی بوده که ۹۱ درصد از کل مجموع آب برداشت شده معادل ٤٦۷۸۹۲٦ میلیون متر مکعب در سال شامل می‌شود. پس از آن فعالیت‌های شهری با ۵ درصد و مصارف صنعتی با ٤ درصد در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرد که این به وضعیت اقتصادی اجتماعی کشور موردنظر بستگی دارد. [۳]

جدول (۱): تخصیص آب در بخشهای مختلف مصرف در کشورهای منطقه

کشور	سال	برداشت سالیانه آب								منابع آب تجدیدپذیر	کل منابع آب تجدیدپذیر واقعی
		کشاورزی		خانگی		صنعتی		کل	مترمکعب به ازای هرنفر		
		میلیون م ۳ مکعب	درصد	میلیون متر مکعب	درصد	میلیون متر مکعب	درصد	میلیون متر مکعب	درصد	برحسب (درصد)	برحسب(درصد)
		(۱)	(۱)×(۴)/۱۰۰	(۲)	(۲)×(۵)/۱۰۰	(۳)	(۴)×۱۰۰/(۳)	(۱)+(۲)+(۳)=(۴)	(۵)	(درصد)	
افغانستان	۱۹۸۷	۲۵۸۰۴۹	۹۹	۲۶۱	۱	۰/۰	۰	۲۶۱۱۰	۱۷۰۲	۴۷	۴۰
الجزایر	۱۹۹۰	۲۷۰۰	۶۰	۱۱۲۰	۲۵	۶۸۰	۱۵	۴۵۰۰	۱۸۰	۳۲	۳۱
بحرین	۱۹۹۱	۱۳۵/۱	۵۹	۹۴/۳	۴۱	۹/۹	۴	۲۳۹/۲	۴۶۵	۵۹۸۰	۲۰۶
قبرس	۱۹۹۳	۱۵۶	۷۴	۵۰	۲۴	۵	۲	۲۱۱	۳۳۱	(۲۳)	(۲۳)
جی‌بوتی	۱۹۸۵	۶/۱	۸۷	۱	۱۳	۰	۰	۷/۵	۲۰	۳	۳
مصر	۱۹۹۳	۷۴۴۰۰	۸۶	۳۱۰۰	۶	۴۶۰۰	۸	۵۵۱۰۰	۹۱۳	۳۰۶۱	۹۵
ایران	۱۹۹۳	۶۴۱۵۵	۹۲	۴۳۹۵	۶	۱۴۸۴	۲	۷۰۰۳۴	۱۰۹۱	۵۵	۵۱
عراق	۱۹۹۰	۳۹۳۸۰	۹۲	۱۲۸۰	۳	۲۱۴۰	۵	۴۲۸۰۰	۲۳۶۷	۱۲۲	۵۷
اردن	۱۹۹۳	۷۳۷	۷۵	۲۱۴	۲۲	۳۳	۳	۹۸۴	۲۴۶	۱۴۵	۱۲۲
کویت	۱۹۹۴	۳۲۴	۶۰	۲۰۱	۳۷	۱۳	۲	۵۳۸	۳۴۸		۲۶۹۰
قرقیزستان	۱۹۹۰	۱۰۴۶۵	۹۵	۲۵۹/۰۲	۲	۳۱۲	۳	۱۱۰۳۶	۲۵۲۷	۲۳	۹۵
لبنان	۱۹۹۴	۸۷۵	۶۸	۳۶۸	۲۸	۵۰	۴	۱۲۹۳	۴۴۴	۲۷	۲۹
لیبی	۱۹۹۴	۴۰۰۰	۸۷	۵۰۰	۱۱	۱۰۰	۲	۴۶۰۰	۸۸۰	۷۶۷	۷۶۷
مالتا	۱۹۹۵	۶/۱	۱۲	۴۸/۶	۸۷	۰/۵	۱	۵۵/۷	۱۵۲	۳۴۸	۳۵۹
موریتانی	۱۹۸۵	۱۴۹۹/۶	۹۲	۱۰۱	۶	۲۹/۳	۲	۱۶۳۰	۹۲۳	۴۰۸	۱۴
مراکش	۱۹۹۱	۱۰۱۱۰	۹۲	۵۴۳	۵	۳۲۲	۳	۱۱۰۴۵	۴۳۶	۳۷	۳۷
عمان	۱۹۹۱	۱۱۱۸	۹۴	۵۶	۵	۱۹	۲	۱۲۱۳	۷۲۸	۱۲۴	۱۲۴
پاکستان	۱۹۹۱	۱۵۰۶۰۰	۹۷	۲۵۰۰	۲	۲۵۰۰	۲	۱۵۵۶۰۰	۱۲۷۷	۶۳	۳۷
قطر	۱۹۹۴	۲۱۰۶	۷۴	۶۵/۹	۲۳	۸/۴	۳	۲۸۴/۹	۵۲۸	۵۵۹	۵۳۸
عربستان صعودی	۱۹۹۲	۱۵۳۰۸	۹۰	۱۵۱۷	۹	۱۹۳	۱	۱۷۰۱۸	۱۰۴۰	۷۰۹	۷۰۹
سومالی	۱۹۸۷	۷۸۵۷	۹۷	۲۴/۳	۳	۰	۰	۸۱۰	۹۹	۱۴	۵
سودان	۱۹۹۵	۱۶۸۰۰	۹۴	۸۰۰	۴	۲۰۰	۱	۱۷۸۰۰	۶۳۳	۵۱	۲۰
سوریه	۱۹۹۳	۱۳۶۰۰	۹۴	۵۳۰	۴	۲۸۰	۲	۱۴۴۱۰	۱۰۱۷	۲۰۶	۵۵
تاجیکستان	۱۹۸۹	۱۱۰۸۸	۸۸	۶۳۰	۵	۸۸۲	۷	۱۲۶۰۰	۲۰۶۵	۲۰	۳۲
تونس	۱۹۹۰	۲۷۲۱/۵	۸۹	۲۶۱/۴	۹	۸۷۱	۳	۳۰۷۵	۳۸۲	۸۷	۷۵
ترکیه	۱۹۹۲	۲۲۹۰۰	۷۲	۵۲۰۰	۱۶	۳۵۰۰	۱۱	۳۱۶۰۰	۵۴۱	۱۶	۱۷
ترکمنستان	۱۹۸۹	۲۰۷۱۸	۹۱	۲۲۸	۱	۱۸۲۴	۸	۲۲۸۰۰	۶۳۴۶	۲۲۸۰	۳۲
امارات متحده	۱۹۹۵	۱۴۰۸	۶۷	۵۰۰	۲۴	۲۰۰	۹	۲۱۰۸	۱۱۰۷	۱۴۰۵	۱۴۰۵
یمن	۱۹۹۰	۲۷۰۰	۹۲	۲۰۱	۷	۳۱	۱	۲۹۳۲	۲۵۱	۷۲	۷۲
کشورهای مصر		۴۶۷۸/۲۶	۹۱	۲۵۰۴۹	۵	۱۹۵۰۲/۱	۴	۵۱۲۴۴۴/۳	۹۶۴	۵۸	

جدول (۲): منابع آب موجود در کشورهای منطقه

کشور	مجموع آب مورد استحصال		شورزدایی		بازیافت پساب تصفیه شده		استفاده از شورزدایی و پساب تصفیه شده	
	سال	میلیون متر مکعب در سال (۱)	سال	میلیون متر مکعب در سال (۲)	سال	میلیون متر مکعب در سال (۳)	میلیون متر مکعب در سال (۴)=(۲)+(۳)	استحصال آب برحسب (درصد) (۴)/(۱)×۱۰۰
افغانستان	۱۹۸۷	۲۶۱۱۰		۵ –		–	–	–
الجزایر	۱۹۹۰	۴۵۰۰	۱۹۹۰	۶۴		–	۶۴	۱/۴۲۲
بحرین	۱۹۹۱	۲۳۹/۲	۱۹۹۱	۴۴/۱۰	۱۹۹۱	۸/۰۳	۵۲/۱۳	۲۱/۷۹۳
قبرس	۱۹۹۳	۲۱۱		–	۱۹۹۵	۱۱	۱۱	۵/۲۱۳
جیبوتی	۱۹۸۵	۷/۵	۱۹۹۰	۰/۱۰		–	۰/۱۰	۱/۳۳۳
مصر	۱۹۹۳	۵۵۱۰۰	۱۹۹۰	۲۵	۱۹۹۳	۲۰۰	۲۲۵	۰/۴۰۸
ایران	۱۹۹۳	۷۰۰۳۴	۱۹۹۱	۲/۹۰		–	۲/۹۰	۰/۰۰۴
عراق	۱۹۹۰	۴۲۸۰۰		–		–	–	–
اردن	۱۹۹۳	۹۸۴	۱۹۹۳	۲	۱۹۹۱	۵۰/۳	۵۲/۳۰	۵/۳۱۵
کویت	۱۹۹۴	۵۳۸	۱۹۹۳	۲۳۱	۱۹۹۴	۵۲	۲۸۳	۵۲/۶۰۲
قرقیزستان	۱۹۹۰	۱۱۰۳۶		–	۱۹۹۰	۹	۹	۰/۰۸۲
لبنان	۱۹۹۴	۱۲۹۳		–	۱۹۹۱	۲	۲	۰/۱۵۵
لیبی	۱۹۹۴	۴۶۰۰	۱۹۹۴	۷۰	۱۹۹۰	۱۰۰	۱۷۰	۳/۶۹۶
مالتا	۱۹۹۵	۵۵/۷	۱۹۹۵	۳۱/۴۰	۱۹۹۳	۱/۵۶	۳۲/۹۶	۵۹/۱۷۴
موریتانی	۱۹۸۵	۱۶۳۰	۱۹۹۰	۱/۷		–	۱/۷	۰/۱۰۴
مغرب	۱۹۹۱	۱۱۰۴۵	۱۹۹۲	۳/۴		–	۳/۴	۰/۰۳۱
عمان	۱۹۹۱	۱۲۲۳	۱۹۹۵	۳۴	۱۹۹۱	۲۶	۶۰	۴/۹۰۶
پاکستان	۱۹۹۱	۱۵۵۶۰۰		–		–	–	–
قطر	۱۹۹۴	۲۸۴/۹	۱۹۹۵	۹۸/۶	۱۹۹۴	۲۵/۲۰	۱۲۳/۸۰	۴۳/۴۵۱
عربستان سعودی	۱۹۹۲	۱۷۰۱۸	۱۹۹۵	۷۱۴	۱۹۹۲	۲۱۷	۹۳۱	۵/۴۷۱
سومالی	۱۹۸۷	۸۱۰	۱۹۹۰	۰/۱۰		–	۰/۱۰	۰/۰۱۲
سودان	۱۹۹۵	۱۷۸۰۰	۱۹۹۰	۰/۴		–	۰/۴۰	۰/۰۰۲
سوریه	۱۹۹۳	۱۴۴۱۰		–	۱۹۹۳	۳۷۰	۳۷۰	۲/۵۶۸
تاجیکستان	۱۹۸۹	۱۲۶۰۰		–		–	–	–
تونس	۱۹۹۰	۳۰۷۵	۱۹۹۰	۸/۳	۱۹۹۳	۲۰	۲۸/۳	۰/۹۲۰
ترکیه	۱۹۹۲	۳۱۶۰۰	۱۹۹۰	۰/۵		–	۰/۵	۰/۰۰۲
ترکمنستان	۱۹۸۹	۲۲۸۰۰		–		–	–	–
امارات متحده عربی	۱۹۹۵	۲۱۰۸	۱۹۹۵	۳۸۵	۱۹۹۵	۱۰۸	۴۹۳	۱۳/۳۸۷
یمن	۱۹۹۰	۲۹۳۲	۱۹۸۹	۱۰	۱۹۹۲	۱۰۸	۱۰	۰/۳۴۱
کشورهای منطقه		۴۶۷۸۹۲.۶		۱۷۲۶/۵۰		۱۲۰۰/۰۹	۲۹۲۶/۵۹	۰/۵۷۱

۱-۲- مصارف عمده از پساب تصفیه شده در کشورهای مورد مطالعه

با توجه به آمارهای ارائه شده و با عنایت به شرایط اقتصادی- اجتماعی حاکم بر کشورهای موردنظر، مصارف پساب تصفیه شده عمدتاً در فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد. به عنوان مثال در کشور یمن سهم بخش کشاورزی در مصرف پساب تصفیه شده ۹۰ درصد، ۸ درصد برای تأمین آب موردنیاز دام و حدود ۲ درصد برای بخش صنعت تخصیص داده شده است. در این کشور برآورد گردیده است که ۷٤ میلیون متر مکعب در سال فاضلاب بطور بالقوه تولید می‌شود که می‌توان پس از تصفیه ۱۵ هزار هکتار از اراضی کشاورزی را آبیاری نمود. همچنین در کشور کویت نیز سال‌های زیادی است که از فاضلاب تصفیه نشده برای پروژه‌های جنگلداری که دور از مناطق مسکونی می‌باشند استفاده می‌گردد، در کشور عربستان خط‌مشی اصلی، استفاده از تمام منابع پساب تصفیه شده شهری برای مصارف کشاورزی است بطوری که هم اکنون این پساب کمک شایانی در راستای جبران کمبود آب در بخش کشاورزی، آبیاری فضای سبز منازل و در اولویت‌های بعدی در مصارف صنعتی و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی می‌نماید. [۳]

در کشور تونس، استفاده مجدد از پساب به عنوان جزئی از سیاست‌های ملی دخالت داده شده است بطوریکه فاضلاب تصفیه شده در بخش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد عمده استفاده از آن برای آبیاری زمین‌های گلف در نظر گرفته شده است. از طرف دیگر، براساس مطالعات انجام شده در سال ۲۰۲۰ حدود ۲۵ درصد از منابع آب تجدیدپذیر در اردن را فاضلاب تصفیه شده تشکیل می‌دهد. در این کشور میزان تولید علوفه جهت مصرف دام متناسب با نیازهای موجود نبوده و استراتژی کشاورزی در سطح ملی با توجه به ارزش بالای علوفه، در غالب افزایش استفاده از فاضلاب تصفیه شده جهت افزایش راندمان تولید علوفه می‌باشد. [٦] هم اکنون در اردن بیش از ٦۰۰ هکتار از زمین‌های کشاورزی به کشت علوفه اختصاص داده شده و گیاهانی نظیر جو، یونجه و علف سودانی را با فاضلاب تصفیه شده آبیاری می‌نمایند.

در کشور مصر نیز یکی از مهم‌ترین برنامه‌های تصفیه پساب از سال ۱۹۷۷ شروع شده است و در تجزیه و تحلیل منابع آب در دسترس پساب تصفیه شده در نظر گرفته می‌شود. در حال حاضر براساس برآوردهای به عمل آمده حجم کل پساب تولید شده در این کشور ٤۹۳۰ میلیون متر مکعب در سال است. به علاوه تخمین زده می‌شود که این کشور دارای ۲۲ تصفیه‌خانه پساب در حال بهره‌برداری ۱۵۰ تصفیه‌خانه پساب در حال ساخت می‌باشد (فائو ۲۰۰۰).

قاهره، اسکندریه و سایر شهرهای بزرگ عمده‌ترین مراکز تولید قابل بازیافت می‌باشد. بطوریکه در گذشته نیز فاضلاب خام جهت تأمین آب مورد نیاز باغ‌های پرورش میوه و زمین‌های شنی روستاهای الجبال و الاسوار در نزدیکی قاهره مورد استفاده بوده است.

در کشور سوریه نیز کشاورزی یکی از مهمترین بخش‌های اقتصادی محسوب می‌گردد بطوریکه ۶۰ درصد از صادرات غیرنفتی متعلق به این بخش است. مجموع اراضی آبیاری شده در کشور سوریه ۱/۲ میلیون هکتار می‌باشد که آب مورد نیاز آن عمدتاً از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌گردد، بطوریکه این منبع ۶۱ درصد آب مورد نیاز را تأمین نموده که این میزان ۷۰۰ هزار هکتار از اراضی را مشروب می‌سازد. بنابراین با توجه به گسترش فعالیت‌های کشاورزی در سوریه ۸۹ درصد از مجموع آب مورد نیاز صرف فعالیت‌های آبیاری می‌گردد.

در این کشور تاکنون حجم پساب شهری به دلیل جمعیت محدود شهرها چندان قابل توجه نبوده و اکثر این پساب‌ها به دلیل کیفیت آنها از یک سو و فراهم بودن آب خام با کیفیت مناسب آبیاری از سوی دیگر در اولویت مصرف نگرفته است. در عین حال در سال‌های اخیر همزمان با افزایش سریع جمعیت شهری و در نتیجه استفاده بالای آب خصوصاً در شهرهای بزرگ، حجم پساب شهری به سرعت افزایش یافته است. [۳]

بطوریکه تخمین زده می‌شود میزان پساب تولیدی در سوریه بترتیب برای سال‌های ۱۹۹۵، ۲۰۰۰، ۲۰۲۵ معادل ۴۵۱، ۶۵۰ و ۱۶۴۲ میلیون متر مکعب در سال خواهد بود. در چنین شرایطی منابع آب با کیفیت مناسب در محدوده شهرها به تدریج کاهش یافته که منجر به هدایت کشاورزان در استفاده از پساب‌های تصفیه نشده خواهد گردید. در هر صورت این پساب با آب دارای کیفیت مناسب همراه بوده و ضرورتاً با روند کاهش منابع آب می‌بایست جهت فعالیت‌های کشاورزی و آبیاری درختان مورد استفاده قرار گیرد (فائو ۲۰۰۱).

به غیر از پساب شهر دمشق، در اغلب بخش‌های سوریه پساب جمع‌آوری شده از شهرها، روستاها و دیگر نواحی مسکونی، بدون هیچگونه تصفیه‌ای پس از تخلیه به منابع آبی، در آبیاری نظارت نشده مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

۲- بررسی مقررات و استانداردهای موجود در کشورهای مورد مطالعه

یکی از مشکلات و محدودیت‌های موجود در کشورهای خاورمیانه، عدم وجود مقررات و آیین‌نامه‌های مرتبط با استفاده مجدد از پساب می‌باشد. در این بخش سعی شده وضعیت استفاده از پساب از این دیدگاه مورد بررسی قرار گیرد.

در کشور عربستان دستورالعمل‌های استفاده مجدد تصفیه پساب آن را، در دو سطح تصفیه ثانویه و پیشرفته الزامی نموده است و این الزام برای آبیاری نظارت نشده نیز اعمال می‌گردد.

در کشور مصر در گذشته نیز هیچ دستورالعمل روشنی در خصوص استفاده مجدد از پساب تصفیه شده وجود نداشته است. اما در سال ۱۹۸٤ آیین‌نامه‌های خاصی، استفاده از فاضلاب را برای آبیاری محصولات، ممنوع اعلام نمود مگر آنکه پساب مورد استفاده تا حد استانداردهای لازم برای آبیاری محصولات کشاورزی تصفیه گردد. همچنین آبیاری با پساب در مورد گیاهانی که با پساب کمتر آلوده نمی‌شوند، یا مقاومت بیشتری در مقابل پساب دارند از قبیل درختان چوبی - نخل، خرما، مرکبات، درختان انار و زیتون با این وجود پایش و کنترل مناسبی در خصوص استفاده مجدد از پساب تصفیه شده در این کشور به عمل نمی‌آید و این امر موجب شیوع امراض ویژه‌ای شده است.

کشور تونس در زمینه تهیه و تدوین استاندارد اقدامات اولیه را به عمل آورده است. بطوریکه استاندارد NT 106-02 که در بیستم جولای ۱۹۸۹ رسماً تأیید شده است، پیش تصفیه پساب توسط شرکت‌های صنعتی را الزامی نموده است. لازم به ذکر است که در کشور تونس از مجموع پساب تولید شده ۷۱ درصد متعلق به پساب کشاورزی و خانگی، ۲۲ درصد صنعتی و ۷ درصد نیز ناشی از فعالیت‌های توریستی است.

طبق این استاندارد، ۵۱ پارامتر فیزیکی- شیمیایی و ٤ پارامتر میکروبیولوژیک براساس ویژگی‌های طبیعی محیط‌های دریایی همچنین سایر منابع آب‌های سطحی اعم از رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و دریاچه‌های شور و تجهیزات موجود در شبکه جمع‌آوری پساب در نظر گرفته شده است.

در کشور کویت با توجه به اینکه از پساب تصفیه شده جهت مصارف مختلف استفاده می‌شود، دستورالعمل کیفیت پساب حاصل از تصفیه پیشرفته که در آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد بشرح زیر می‌باشد:

مجموع مواد معلق جامد (SS)	۱۰ میلی‌گرم در لیتر	
اکسیژن بیوشیمیایی (BOD)	۱۰ میلی‌گرم در لیتر	
اکسیژن شیمیایی (COD)	٤۰ میلی‌گرم در لیتر	
کلر باقیمانده	۱۰ میلی‌گرم در لیتر	(دما ۲۰ درجه سانتی‌گراد و بعد از ۱۲ ساعت)
باکتری‌های کلیفرم	۱۰۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی‌لیتر	برای جنگلکاری، محصولات علوفه‌ای و محصولاتی که بطور خام قابل مصرف نیستند.
	۱۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی‌لیتر	برای محصولاتی که بطور خام مصرف می‌شوند

استانداردهای مربوط به کشور یمن نیز در جدول ذیل ارائه شده است.

جدول (۳): محدوده‌های مجاز برای استفاده مجدد از پساب در کشور یمن

پارامتر	غلظت (میلی گرم/لیتر)	پارامتر	غلظت (میلی گرم/لیتر)
BOD	۱۵۰	*F*	۱
COD	۵۰۰	*Fe*	۵
DO	۲	*Li*	۵
PO_4-*P*	۳۰	*Mn*	۰/۰۲
Al	۵	*Mo*	۰/۰۱
As	۰/۱	*Ni*	۰/۵
Be	۰/۱	*Pb*	۵
Cd	۰/۱	*Se*	۰/۰۲
COD	۰/۰۵	*V*	۰/۱
Cr	۰/۱	*Zn*	۲
Cu	۰/۰۲	*Hg*	۰/۰۰۵

۳- بررسی های انجام شده درزمینه نتایج ناشی از مصرف پساب:

در سال ۱۹۹۷ براساس تحقیقات انجام شده در کشور اردن، تأثیر پساب بر روی محصولات کشاورزی و بخصوص تأثیر آنها بر روی علوفه مورد بررسی قرار گرفته است، در این مطالعه دو منطقه به عنوان شاهد و تیمار انتخاب گردیده و نتایج آن با سایت دیگری که به صورت آبیاری کنترل نشده با پساب صورت پذیرفته، مورد ارزیابی واقع گردید.[٤]

محل اراضی تحت آزمایش:

یکی از مکان‌های در نظر گرفته شده واقع در ۲۰ کیلومتری جنوب عمان و دیگری بنام الهاشمیه در ٤٠ کیلومتری شمال‌شرقی عمان می‌باشد.

گیاهان تحت آزمایش در این بررسی بطور عمده بر روی گونه‌های چاودار[1] و کانولا[2] در مادابا متمرکز بوده است. مراحل و نتایج انجام این مطالعه به شرح زیر است.

جهت بررسی و سنجش میزان اثرات وارده ناشی از آبیاری با پساب تصفیه شده بر روی محیط زیست، سه منطقه تحت عناوین زیر انتخاب گردید.

تیمار (۱) Demonestration

منطقه‌ای که بصورت نظارت شده و مطابق استاندارد به شکل بهینه آبیاری می‌گردند.

---

[1] Rye
[2] Kanola (Oilseed Crop)

تیمار (۲)Farmer[1] 's field

منطقه‌ای که بصورت نظارت نشده و توسط خود زارعین (آب با هر حجم در اختیار آنان قرار می‌گیرد) آبیاری می‌گردد.

شاهد Rainfed

منطقه‌ای که توسط آب باران و به شکل دیم آبیاری می‌شود

نتایج مبین این است که علوفه دامی در طول فصل رشد (اکتبر تا می) تولید خوبی داشته و محصول آن ۵-۳ بار برداشت گردید. متوسط بازده محصول در طول سه سال نیز حدود ۱۵۰ تن در هکتار گزارش گردید بطوریکه کشاورزان نیز از کشت علوفه دامی استقبال نموده و طی سال‌های (۱۹۹۸-۱۹۹۷) زمین‌های تحت آبیاری با پساب را از ۱ هکتار به ۱۰ هکتار افزایش دادند. جالب توجه اینکه کل زمین‌های کشاورزی طی سال‌های (۲۰۰۱-۲۰۰۰) نیز مختص به زمین‌های تحت آبیاری با پساب قرار گرفته است. در این بین رشد محصول جو بیشتر از سایر محصولات اندازه‌گیری شده است. [٤]

تأثیر آبیاری با پساب تصفیه شده بر شوری خاک در منطقه «مادابا»

مطابق جدول شماره (۵) در دو منطقه تحت آزمایش، میزان هدایت الکتریکی در اعماق مختلف خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی‌ها نشان می‌دهد لایه‌های سطحی خاک (۱۰-۰ سانتی‌متر) در هر دو منطقه شاهد و تیمار از هدایت الکتریکی بالاتری نسبت به اعماق پایین‌تر خاک برخوردار است ضمن اینکه هدایت الکتریکی منطقه تیمار در تمام عمق‌ها بیشتر از منطقه شاهد اندازه‌گیری شده است.

بطورکلی مناطق تحت آزمایش، فاقد شوری بوده و مشکل قلیائیت به دلیل آنکه pH خاک کمتر از ۸.۵ می‌باشد وجود ندارد.

تأثیر آبیاری با پساب تصفیه شده برغلظت فلزات سنگین خاک در منطقه «مادابا»

غلظت فلزات سنگین اعم از (pb.Ni.Co,Cr,Cd) در مناطق و اعماق مختلف خاک مورد بررسی قرار گرفته است . طبق جداول شماره (٦ الی ۱۰) غلظت فلزات سنگین در مناطقی که با پساب تصفیه شده آبیاری می‌گردند در مقایسه با خاک مناطق کشاورزی دیم افزایش می‌یابد. لیکن تأثیر منفی بر خاک و گیاهان مورد کشت نخواهد داشت.

لازم به ذکر است که تیمار (۱) و (۲) توسط پساب تصفیه شده مورد آبیاری قرار گرفته است.

تأثیر آبیاری با پساب تصفیه شده بر تجمع فلزات سنگین در اندامهای مختلف گیاهان تحت آزمایش

جدول شماره (۱۱) غلظت (Pb,Cd,Co,Cr,Ni) در در دو گیاه چاودار و گیاهان سودانی ارائه شده است. همچنانکه مشاهده می‌شود، غلظت سرب و کادمیوم در چاودار کمتر از میزان غلظت این عناصر در گیاهان سودانی برآورد گردیده، در حالی که غلظت کرم، کبالت و نیکل در گیاهان سودانی بسیار کمتر از چاودار محاسبه شده است.[٤]

جدول (٤) : طبقه‌بندی خاک در سایت‌های تیمار و شاهد.

موقعیت	انواع خاک			
	رس	سیلت	شن	طبقه‌بندی
تیمار (۱)				
۰-۳۰	٤٥/٤	٤١/٢	١٣/٤	*SIC*
٣٠-٦٠	٤٦	٤١	١٣/٣	*SIC*
٦٠-٨٠	٤٦/٢	٣٨/٧	١٥/١	*C*
سایت شاهد				
۰-۳۰	٤٤/٢	٤٨/٣	٧/٣	*SIC*
٣٠-٦٠	٤٨/٢	٤٨/٢	٧/٨	*SIC*
٦٠-٨٠	٤٥	٤٥	١٦	*C*

جدول (٥) : EC اندازه‌گیری شده (برحسب ds/m) در عمق کم مختلف (برحسب cm) در سایت تیمار و شاهد

نوع زمین	عمق خاک					
	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۸۰
سایت شاهد						
EC	۰ ٦٦	۰/۵	۰/٤٦	۰/۳۲	۰/۵	۰/۳۷
pH	۷ ۸۵	۷/۷۳	۷/٦۷	۷/۷۳	۷/۷	۷/۷
سایت (۱)						
EC	۰ ۵۳	۱/۲	۱/۰	۰.۹	۱ ۳	۱/۸۹
PH	۷ ۹٤	۸/۰۲	۸/۰	۷۹۳	۷/۷۱	۷/۵

جدول (٦): غلظت کادمیوم در عمق‌های مختلف خاک در سایت‌های تیمار (۱) و تیمار (۲) و شاهد (برحسب mg/l)

موقعیت	عمق خاک (سانتی‌متر)					
	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۸۰
سایت تیمار(۱) (M.R.F)	۰/۱	۰/۰۵٦	۰/۰٤۹	۰/۰٤۹	۰/۰٦	۰ ۱۱۵
سایت تیمار (۲)	۰/۱۳	۰/۱۲۵	۰/۱۵۵	۰/۱	۰/۰۹	۰ ۱۳
سایت شاهد	۰/۰۵	۰/۰٤	۰/۰٦	۰/۰۲	۰/۰۳	۰ ۰۱

جدول (۷) غلظت کرم در عمق‌های مختلف خاک در سایت‌های تیمار (۱) ، تیمار (۲) و شاهد (برحسب mg l)

موقعیت	عمق خاک (سانتی‌متر)					
	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۸۰
سایت تیمار(۱) (M.R.F)	۰ ۰۳۲	۰ ۰۲٦	۰ ۰۳۱	۰/۰۳۵	۰/۰۳۲	۰ ۰۳٤
سایت تیمار (۲)	۰/۰۵٦	۰/۰٦	۰/۰٦	۰/۰٦٤	۰/۰٤	۰/۰٤۱
سایت شاهد	۰ ۰۵	۰/۰٤	۰/۰٦	۰/۰۲	۰/۰۳	۰ ۰۱

جدول (۸) غلظت کبالت در عمق‌های مختلف خاک در سایت‌های تیمار (۱) ، تیمار (۲) و شاهد (برحسب mg/l)

موقعیت	عمق خاک (سانتی‌متر)					
	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۸۰
سایت تیمار(۱) (M.R.F)	۰ ۱٦	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱	۰/۰۹۵	۰ ۱۳۸
سایت تیمار (۲)	۰ ۳	۰/۳	۰/۲۷	۰/۱۹	۰/۲	۰ ۱۸
سایت شاهد	۰ ۱۹	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۰۸	۰ ۰۸

جدول (۹) غلظت نیکل در عمق‌های مختلف خاک در سایت‌های تیمار (۱) ، تیمار (۲) و شاهد (برحسب mg/l)

موقعیت	عمق خاک (سانتی‌متر)					
	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۸۰
سایت تیمار(۱)						
(M.R.F)	۰/۹۱	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۶۲	۰/۴۹	۰/۶
سایت تیمار (۲)	۰/۸۸	۰/۴۸	۰/۳۳	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۴۷
سایت شاهد	۰/۳۳	۰/۱۹	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۴۸	۰/۵۳

جدول (۱۰) غلظت سرب در عمق‌های مختلف خاک در سایت‌های تیمار (۱) ، تیمار (۲) و شاهد (برحسب mg/l)

موقعیت	عمق خاک (سانتی‌متر)					
	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۸۰
سایت تیمار(۱)						
(M.R.F)	۰ ۵۸	۰/۶۲	۰/۶۳	۰/۶۴	۰/۹۵	۰/۵۷
سایت تیمار (۲)	۰ ۹۵	۰/۹۱	۰/۹۵	۰/۷۹	۰/۶۷	۰/۴۸
سایت شاهد	۰ ۷۷	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۵۷	۰/۵۸	۰/۵۲

جدول (۱۱) غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، کبالت، کرم و نیکل) در گیاهان چاودار و گیاهان سودانی (برحسب P.P.M)

	Pb	*Cd*	*Co*	*Cr*	*Ni*
چاودار	۱ ۱۶	۰/۰۳	۲/۱۴	۴/۳	۲/۸۳
	۱ ۱۸	۰/۰۴	۲/۲۲	۴/۳	۳/۰۸
	۱ ۵۴	۰/۰۴	۲/۶۲	۴/۴	۳ ۳۲
میانگین	۱/۰۶	۰/۰۴	۲/۲۲	۳/۷۵	۲/۵۶
	۱/۲۳	۰/۰۳۷	۲/۳۱	۴/۱۸	۲/۹۴
گیاهان سودانی					
برگها	۱/۶	۰ ۷	۰/۴۷	۲/۲	۱/۳
	۱ ۴	۰ ۸	۰/۷۶	۲	۱ ۳
	۱ ۶	۱ ۴	۰/۷	۲/۱	۱ ۴
مبانگین	۱ ۵۳	۰ ۶۳	۰/۶۴	۲/۱	۱ ۳۳
ساقه	۲ ۱	۱/۴	۰/۹۹	۲/۱	۱/۶
	۲/۵	۰/۸	۱/۰	۲/۵	۱ ۸
	۲ ۱	۱ ۱	۱/۲	۲/۸	۲
میانگین	۲/۲۳	۱/۱	۱/۰۶	۲/۴۶	۱/۸

٤- برنامه‌ها و خط‌مشی‌های مدیریتی در کشورهای عضو منا در زمینه استفاده مجدد از پساب

در بسیاری از کشورهای عضو «منا» برنامه و خط‌مشی‌های مدیریتی جامعی در ارتباط با تصفیه فاضلاب و استفاده از آن وجود نداشته ولی در عین حال با توجه به اهمیت فعالیت‌های کشاورزی در این منطقه، تمرکز برنامه‌های استفاده مجدد از پساب عمدتاً به تصفیه و بازچرخانی آب و استفاده از آن در این بخش قرار گرفته است. از طرف دیگر مشکلات فعلی مربوط به افزایش بیش از حد جمعیت منطقه و مسأله تأمین آب در بخش‌های مختلف کاملاً آشکار بوده و انعکاس این مسأله در آینده به مراتب شدیدتر خواهد بود. بنابراین در بسیاری از کشورهای عضو منا این واقعیت مطرح است که هیچ راه حل ثابتی برای برطرف کردن مشکل تأمین آب وجود نداشته و فقط می‌توان پیامدهای ناشی از کمبود آب را تخفیف داد. تجربیات FAO مؤید آن است که دولتمردان و دست‌اندرکاران در راستای حل معضلات مربوط به تأمین آب باید تلاش‌های خود را بطور عمده در دو محور ذیل متمرکز نمایند:

الف- توسعه منابع آب

ب- استفاده مؤثر و کارآمد از آب در بخش کشاورزی که در واقع هدف آن استفاده بهینه از آب می‌باشد.

در حال حاضر در کشورهای منطقه خاورمیانه منابع آب مازادی که می‌تواند در دسترس قرار گیرد روانابهای سطحی، آب‌های زیرزمینی و استفاده از آب‌های شور و لب‌شور می‌باشد. همچنین در خصوص افزایش منابع آب در دسترس می‌توان از آب‌های حاصل از بازچرخانی استفاده نمود. از دیگر اقدامات مدیریتی در خصوص بهره‌برداری بهینه از منابع آب کشورهای عضو منا، تلاش در جهت ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب می‌باشد.

در بسیاری از کشورهای منطقه پتانسیل آبیاری، حتی در صورت استفاده از آب‌های غیرمتعارف نظیر آب بازیافتی و آب نمک‌زدایی شده، نسبت به پتانسیل مورد نیاز جهت آبیاری اراضی موجود در حال کشت کمتر است در این زمینه نیز استفاده مجدد از پساب می‌تواند به چنین تعادلی کمک مؤثر نماید.

تهیه و تدوین استانداردها و تدارک ابزارهای قانونی لازم، یکی دیگر از برنامه‌های مدیریتی کشورهای عضو می‌باشد، بطوریکه هم‌اکنون کشورهایی نظیر یمن، کویت، اردن فعالیت‌هایی را در این زمینه جهت استفاده بهینه از پساب و آب‌های برگشتی با حداقل مخاطرات زیست محیطی و بهداشتی به انجام رسانده‌اند. در عین حال به نظر می‌رسد این دستورالعمل‌ها و استانداردهای ارائه شده جهت مصارف مختلف از جامعیت لازم برخوردار نیست.

از دیگر اقدامات مدیریتی انجام شده در کشورهای مورد نظر می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱. افزایش سطح آگاهی کشاورزان در زمینه استفاده مجدد از پساب و صرفه‌جویی در مصرف آب از طریق برگزاری کارگاه‌های آموزشی و مدیریت مشارکتی

۲. اولویت‌بندی استفاده پساب حاصل از تصفیه برحسب نوع محصولات کشاورزی

۳. بازنگری در استفاده مجدد از پساب توسط کشاورزان برای مصارف آبیاری

٤. برنامه‌ریزی به منظور انجام مطالعات زیست محیطی و بهداشتی در راستای تعیین مخاطرات بالقوه و استفاده مجدد از پساب

٥. برنامه‌ریزی در راستای جمع‌آوری فاضلاب‌های خانگی و صنعتی خصوصاً در شهرهای بزرگ و صنعتی.

٦. تخصیص اعتبارات لازم و جلب حمایت‌های مالی در راستای بهره‌برداری و استفاده مجدد از پساب از قبیل احداث تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و سایر فعالیت‌های مرتبط

۷. بکارگیری فن‌آوری‌ها و اعمال مدیریت نوین در بخش‌های تولیدکننده فاضلاب جهت بهبود کیفیت پساب حاصله

۸. استفاده مجدد از پساب به عنوان یک منبع جدید تأمین آب در سیاستگزاری‌های اقتصادی

۹. اعمال هماهنگی لازم در برنامه‌های مدیریتی مربوط به استفاده مجدد از پساب که متولی آن دولت می‌باشد. بدیهی است انجام این امر باید به کاهش نقش تصدی‌گری دولت بیانجامد، بطوریکه دولت صرفاً نقش نظارتی داشته و انجام فعالیت‌های اصلی به بخش خصوصی واگذار گردد.

۱۰. تهیه و تدوین استانداردهای کیفی پساب بر اساس بهترین تکنولوژی قابل دسترس(BAT)[1] در راستای ارتقای کیفی محیط‌های پذیرنده

۱۱. در راستای تدوین برنامه‌های مدیریتی بهره‌گیری از الگوهای مورد تأیید سازمان‌های معتبر جهانی، نظیر *FAO* و *WHO* در خصوص جنبه‌های مختلف استفاده مجدد از پساب

۱۲. تدوین برنامه‌های مدیریتی لازم در راستای بهبود ارتباط و ایجاد همکاری همه‌جانبه بین کشاورزان، دولت و بخش‌های خصوصی

۱۳. برنامه‌ریزی به منظور اولویت‌بندی استفاده از پساب حاصل از تصفیه ناشی از بخش‌های شهری، کشاورزی و صنعتی در مصارف مختلف نظیر آبیاری و کشاورزی، صنعتی، تفرجگاهی، تغذیه آب‌های زیرزمینی و غیره.

۱٤. تلفیق سیاست‌های کنترل آلودگی در برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب با تأکید بر حفظ و بهبود کیفیت و به حداکثر رساندن امکان استفاده مجدد از پساب

۱٥. شناسایی کلیه منابع بالقوه تولید پساب و تعیین ویژگی‌های کیفی پساب‌های تولید شده

---

[1] Best Available Technology

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

طبق بررسی‌های به عمل آمده، فعالیت‌های انجام شده در کشورهای عضو منا، در راستای افزایش و توسعه منابع آب، منجر به بازیافت فاضلاب‌های بهداشتی شده و اینگونه اقدامات در اکثر کشورها آغاز گردیده و در بعضی از این کشورها از توسعه بیشتری برخوردار بوده است. در عین حال مشکلات متعددی در زمینه بازیافت و استفاده مجدد از پساب وجود دارد که از اهم آنها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- عدم وجود دستورالعمل مشخص جهت استفاده از پساب
- فقدان استراتژی و برنامه‌ریزی
- عدم وجود برنامه‌های مونیتورینگ و کنترل در زمینه جنبه‌های زیست محیطی و بهداشتی ناشی از پساب
- ظرفیت پایین در استفاده بهداشتی از پساب
- مشکلات اداری و سازمانی
- عدم انجام مطالعات مربوط به پیامدهای ناشی از استفاده مجدد از پساب

اگرچه استفاده پساب در مدیریت تقاضا به عنوان ابزار مؤثری محسوب می‌گردد ولی در عین حال استفاده مجدد از پساب دارای پیامدهای بالقوه متعددی می‌باشد که از جنبه‌های مختلف قابل بررسی است. از پیامدهای سوءناشی از استفاده از پساب می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱. در مصارف کشاورزی به دلیل پایین بودن کیفیت آب بازیافتی دارای اثرات سوء بر خاک، محصولات کشاورزی، بهداشت و سلامت زارعین و آبزیان می‌باشد.
۲. در صورت استفاده در مصارف صنعتی بطور بالقوه دارای پیامدهای سوء نظیر رسوب، رشد بیولوژیکی (نظیر جلبک‌ها)، خوردگی وسایل و ابزار می‌باشد.

در صورت استفاده در مصارف تفریحی و فضای سبز نیز دارای پتانسیل پیامدهای سوء بر بهداشت عمومی، ناشی از عوامل بیماری‌زا و آلوده کردن محیط می‌باشد.

از مهمترین پیامدهای مثبت استفاده از پساب می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱. استفاده از پساب به عنوان یک منبع ارزشمند تأمین آب، به خصوص برای اراضی کشاورزی مضرح می‌باشد.

۲. حفاظت از منابع آب شیرین

۳. جلوگیری از آلودگی منابع آب

٤. کاهش نیاز به استفاده از کودهای مصنوعی (در صورتی که پساب‌های مورد استفاده حاوی مواد آلی باشند).

٥. استفاده از پساب در فعالیت‌های مربوط به بیابان‌زدایی و احیاء اراضی بیابانی

٦. استفاده از پساب جهت خنک کردن نیروگاه (این پروژه به صورت موردی در کشور عربستان در حال انجام است)

در مجموع برآیند بررسی‌های به عمل آمده از تجارب ارائه شده توسط کشورهای عضو منا حاکی از آن است که تشویق کشورها در استفاده از پساب جهت مصارف مختلف مستلزم تدوین چارچوبهای خاصی است که در این میان دولتها خود در طرح‌ریزی آن نقش کلیدی ایفا می‌نمایند. *[٤]* ضمن اینکه الگوبرداری از مطالعات و تجارب سایر کشورهای پیشگام در این زمینه، خصوصاً سازمان‌های بین‌المللی ذیربط اعم از *FAO ،WHO ،AWWA* ، ابزارها و خط‌مشی‌های مهمی را می‌تواند در اختیار کشورها مورد نظر قرار دهند و این خط‌مشی‌ها باید با ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی موجود در کشورهای عضو «منا» به ویژه با متغیرهای زمانی (سطح تکنولوژی، ثروت و نیروی کار ماهر) تلفیق گردد و در تدوین استراتژی‌های آینده به عنوان یکی از بخش‌های مهم تأمین آب در نظر گرفته شود. لذا براساس واقعیت‌ها و تجارب موجود در کشورهای عضو «منا» به منظور استفاده بهینه از پساب‌های موجود در کشورمان موارد ذیل پیشنهاد می‌گردد.

۱. اولویت دادن به استفاده مجدد از پساب به عنوان یک راهبرد اساسی در فعالیت‌های آبی

۲. اولویت‌دهی به اجرای پروژه‌های مربوط به جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب

۳. تأکید بر استفاده مجدد از پساب در فعالیت‌های کشاورزی و آبیاری یا تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی

٤. شناسایی ویژگی‌های کمی و کیفی فاضلاب در سطح کشور

٥. عدم استفاده از فاضلاب خام در مصارف آبیاری

٦. انجام بررسی‌های لازم در خصوص پیامدهای زیست محیطی و بهداشتی ناشی از استفاده مجدد از پساب و تدوین برنامه مدیریت زیست محیطی

۷. تدوین استانداردهای لازم در خصوص ویژگی‌های کیفی پساب‌های تصفیه شده در مصارف مختلف.

۸. تلاش در جهت فعال نمودن بخش خصوصی در زمینه فعالیت‌های مرتبط با استفاده مجدد از پساب.

۹. ارتقاء سیستم‌های تصفیه فاضلاب و قابلیت پذیرش استفاده از این پساب در مصارف آبیاری و کشاورزی.

۱۰. تلاش در زمینه همکاری با سازمان‌های جهانی نظیر FAO و W.H.O

۱۱. برنامه‌ریزی در جهت بهبود ارتباط بین بخش‌های دولتی و خصوصی و کشاورزان.

۱۲. اقدامات لازم در زمینه توسعه شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب.

۱۳. ایجاد هماهنگی بین سازمان‌ها و نهادهای ذیربط، در زمینه استفاده مجدد از پساب.

منابع و مآخذ

الف) منابع فارسی

۱. ثابت‌رفتار، عالیه، گزارش ملی مدیریت تقاضا، حفاظت و کنترل آلودگی آب در ایران، اولین کنفرانس منطقه‌ای مدیریت تقاضا، حفاظت و کنترل آلودگی آب. اردن، ۱۳۸۰.

۲. ثابت‌رفتار، عالیه، شانه‌ساز سیدمحمدجواد و حسینی‌فر عبدالرضا، ۱۳۸۰. استفاده مجدد از آب در ایران، کارگاه منطقه‌ای استفاده مجدد از آب در خاورمیانه و شمال آفریقا، مصر، ۱۳۸۰

ب) منابع انگلیسی

3) Bazza, Mohamed, (2001). Experience of F.A.O on wastewater Reuse in the Near East Region, Regional Workshop on Water Reuse in the Middle East and North Africa, Cairo, Egypt.

4) Kharraz, Munther, (2001). Use of Treated Wastewater for Irrigation in Madaba. Egypt.

5) Abdel- Gawad, (2001). The Role of water Reuse in Sustainable Agriculture in Egypt, An overview. Paper presented at regional Workshop on water Reuse in the middle East and North Africa, Cairo, Egypt.

6) Abdel Halim, Kauneli. (2001). General survey of wastewater management in TUNISIA, Regional Workshop on Water Reuse in the Middle East and North Africa, Cairo, Egypt.

7) Makhokh, M.,2000 Country Report of Morocco Water Quality. Paper presented at the Regional Workshop on Water Quality Management and Pollution Control. FAO, RNE, Cairo, Egypt.

8) FAO, 2001 Draft Project Document: Strengthening Capacity for the Reuse of Treated Wastewater in Irrigation, FAO Regional Office for the Near East, Cairo. Egypt.

Review of Effluent Reuse Experiences in Middle East and North Africa

Alieh Sabetraftar [1]

Abstract

According to water resources limitations in Iran and increasing trend of water consumption in the recent years, due to rapid population growth and industrial development, new national water resources policies are being established to increase water resources availability and to replace new water resources. Under these circumstances regarding environmental considerations, it seems that effluent reuse is one of the water supply alternatives in special consumptive sectors in our country. This requires an integrated planning and management.

It is tried to get benefit of valuable activities and experiences presented in "Water for Sustainable Growth, Regional workshop on water reuse in Middle East and North Africa", held in Cairo Egypt, July, 2-5,2001. According to economical, technological and environmental limitations, many reports and case studies on water reuse were presented in this regional workshop. In this study, it has been tried to present some of the most remarkable strategies such as planning toward integrated management, standards establishment and health considerations. The summary of the most applicable activities on water reuse are also represented.

[1]. General Director of Water Resources Quality Management, member of IRNCID- PhD scholar of Environmental Sciences.

همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی
۲۵ بهمن ماه ۱۳۸۰

رشد نی و میکروارگانیسم‌های تصفیه‌کننده فاضلاب در نیزارهای مصنوعی

احمد بادکوبی- فرزان رعنائی[۱]

چکیده

این مطالعات به بررسی توانائی نیزارهای مصنوعی در تصفیه فاضلاب شهری در یک پایلوت نمونه در شهر سردسیر سنندج پرداخته است. نتایج نشان داده که نیزار مصنوعی در بهترین راندمان قادر به حذف BOD، COD، ازت، فسفر، کلیفرم و جامدات کل با راندمان‌های ۹۵/۷، ۸۶، ۵۱، ۵۵، ۹۸ و ۷۰ در حدود دمای ۱۳ تا ۲۰ درجه بوده و در دمای ۷- درجه سانتیگراد اعداد فوق به ترتیب به ۵۰، ٤۰، ۵، ۸۰ و ۳۰ درصد کاهش یافته است. رشد نی تا دمای ۱۳ درجه سانتیگراد مناسب و در ابتدای نیزار سریعتر از انتها بوده است ضمناً ۸۰- ۷۰ درصد حذف آلاینده‌ها در چند متر اول نیزار اول انجام پذیرفته است. رشد بیولوژیکی در بستر نیز بررسی گردید. رشد در ابتدا و انتها بسیار مشابه بوده و این مقدار از حداقل ۱۵ در ابتدا به حداکثر ۲۸ کیلوگرم در متر مکعب حجم بستر با روند رشد صعودی همراه بوده. در دمای ۸ درجه سانتیگراد رشد صعودی تقریباً متوقف و مقدار مواد آلی در بستر در حدود ۲۷- ۲٦ کیلوگرم در متر مکعب ثابت مانده است.

واژه‌های کلیدی: تصفیه فاضلاب شهری، نیزار مصنوعی

مقدمه

فاضلاب شهری یکی از منابع عمدهٔ آلوده‌کنندهٔ محیط زیست است که باعث آلودگی منابع طبیعی شده و ضررهای سنگینی را بر اقتصاد و منابع طبیعی مملکت تحمیل نموده است. در حال حاضر با توجه به نوپا

۱ - دانشگاه تربیت مدرس - دانشگاه فنی و مهندسی - گروه مهندسی محیط زیست

بودن طرح‌های تصفیه فاضلاب و عدم تجربه کافی کارشناسان در این خصوص صرفاً به چند شیوهٔ خاص از انواع روش‌های تصفیه اکتفا می‌گردد. این در حالی است که صنعت و تکنولوژی تصفیه در کشورهای صنعتی جهان سریعاً در حال توسعه و پیشرفت بوده و لزوم استفاده از دست‌آوردهای کشورهای پیشرفته و بهینه‌سازی اطلاعات فوق طبق شرایط جوی مناطق مختلف کشور بسیار محسوس می‌باشد.

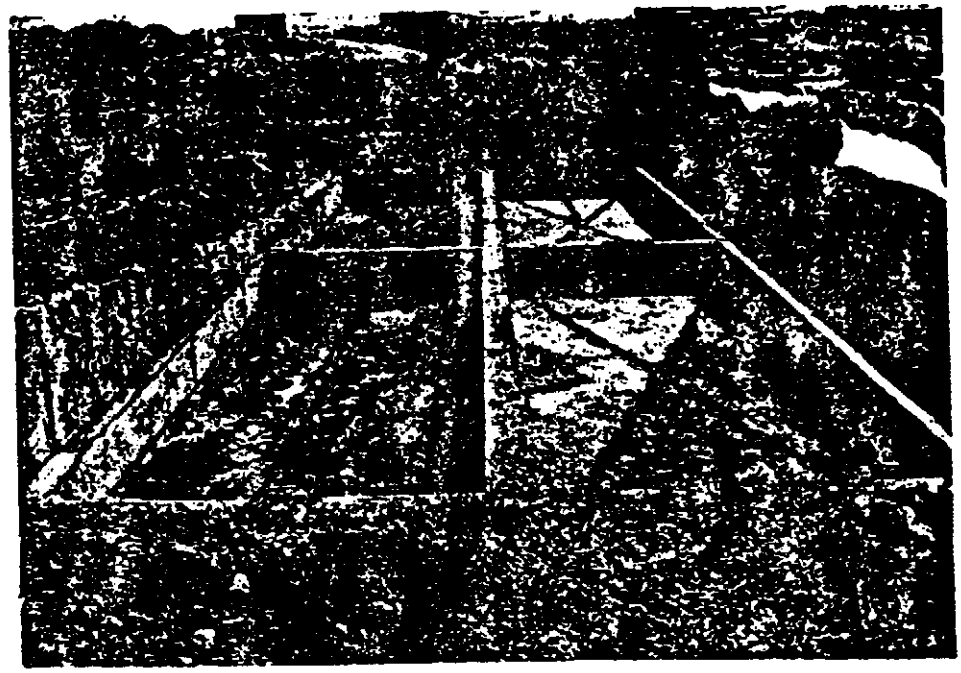
تصفیهٔ فاضلاب توسط سیستم‌های گیاهان آبی یا Wetland با کاشت نی در بستر جریان فاضلاب انجام می‌پذیرد. نیزارهای مصنوعی با جریان به صورت‌های زیرسطحی و سطحی اجرا می‌شوند. در این سیستم فاضلاب هنگام عبور از لایهٔ خاک (بستر ماسه‌ای) و همچنین در مجاورت ریشهٔ نی تصفیه می‌گردد. از مزایای این روش تصفیه، سادگی و آزادی عمل در انتخاب محل سایت تصفیه نسبت به مناطق مسکونی، استفاده از نیزار طبیعی جهت تصفیه، بهره‌برداری و عملکرد ساده، عدم نیاز به کارشناسان فنی و متخصص در محل تصفیه‌خانه، هزینه پایین ساخت تصفیه‌خانه، عدم تجمع حشرات، عدم تولید بو و ایجاد فضای سبز زیبا و محلی مناسب برای سکونت پرندگان می‌باشد. با توجه به مطالب فوق طرح پایلوت نمونه در کنار رودخانهٔ قشلاق سنندج و در حاشیهٔ شهر جهت تصفیهٔ فاضلاب شهری به مساحت ۲۰۰ مترمربع شامل حوضچه‌های نیزار و شاهد به اجرا درآمده است. آزمایش‌ها در یک دورهٔ شش ماهه انجام و نتایج آزمایش‌ها در منحنی‌هایی که نشان‌دهندهٔ تغییرات کیفی در فاضلاب می‌باشد نسبت به گذشت زمان و تغییرات دمای محیط ترسیم خواهد شد. رشد ساقهٔ نی، ریشه و تودهٔ بیولوژیکی در بستر از دیگر پارامترهای مورد بررسی خواهد بود. نهایتاً هدف از انجام این مطالعات بررسی هر کدام از موارد زیر خواهد بود:

۱- راندمان حذف پارامترهای BOD، COD، نیتروژن، فسفر، کلیفرم و TS در درجه حرارت‌های متفاوت هوا
۲- مقایسهٔ کارایی سیستم نیزار نسبت به بستر شنی بدون نیزار در تصفیهٔ فاضلاب
۳- رشد بیولوژیکی در بستر نیزار و رابطهٔ آن با دما
٤- رشد اجزاء نی شامل ریشه، ساقه و جوانه در بستر نیزار
٥- رابطهٔ رشد اجزاء نی در بستر با راندمان حذف آلاینده‌های فاضلاب

فصل اول- روش‌ها، وسایل و مواد

پایلوت نمونه در شهر سنندج که مرکز استان کردستان می‌باشد به اجراء درآمده است. استان کردستان از شمال به آذربایجان غربی، از طرف شرق به همدان، از طرف جنوب به کرمانشاه و از طرف غرب با کشور عراق همسایه است. فاصلهٔ شهر سنندج از تهران ٥٥٥ کیلومتر است. ارتفاع محل پایلوت از سطح

دریا ۱۳۸۰ متر می‌باشد. محل پایلوت در سواحل رودخانهٔ قشلاق سنندج که از حاشیهٔ شهر می‌گذرد انتخاب و فاضلاب از کانال اصلی جمع‌آوری موسوم به کانال فرجه و عباس‌آباد به محل پایلوت منتقل می‌گردد. طرح پایلوت کلاً به صورت چهار حوضچه که دوبه دو موازی و متوالی می‌باشند به اجراء درآمده است. دو عدد از حوضچه‌ها به صورت متوالی به عنوان نیزار و دو عدد دیگر به عنوان شاهد بدون نی خواهد بود. ابعاد هر حوضچه پنج متر در ده متر و ارتفاع شن بستر ۷۰ سانتیمتر بوده است. شیب کف نیز ۱/۵ درصد طراحی گردیده است.



شکل ۱- حوضچه‌های مطالعاتی پس از اتمام عملیات ساختمانی

کاشت نی از اواسط مرداد ماه آغاز و از اواسط شهریور ماه پس از رشد نی‌ها آزمایشات آغاز گردید. جهت بهره‌برداری از تصفیه‌خانه عملیات ذیل به صورت متناوب اجرا گردیده است:

۱- تمیز نمودن روزانه صافی آشغال‌گیر

۲- جمع‌آوری و تخلیهٔ کف و مواد معلق در سطح حوضچهٔ ته‌نشینی اولیه

۳- سرکشی روزانه به حوضچه‌ها

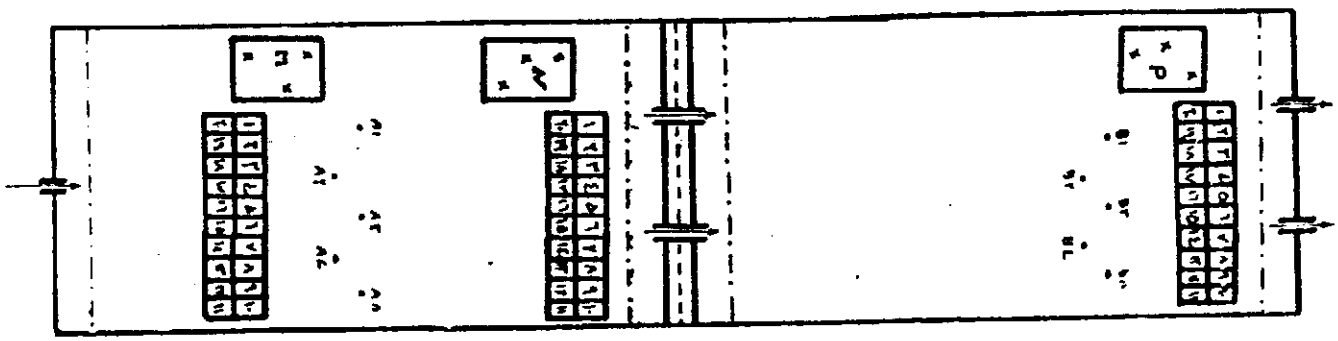
۴- شماره‌گذاری و پلاک‌گذاری مناطق مورد نظر جهت آزمایش به شرح ذیل و طبق کروکی ارائه شده:

الف) انتخاب سه بلوک به ابعاد ۰/۵ × ۱ مترمربع با عناوین M و N و P در طول بستر نیزار جهت بررسی رشد نی‌ها

ب) انتخاب سه بلوک به ابعاد ۱ × ۳/۵ مترمربع با شماره‌گذاری یک تا ۲۰ جهت آزمایش رشد بیولوژیکی و رسوب در بستر

ج) انتخاب دو بلوک به صورت دو ردیف که هر بلوک شامل پنج نی با پلاک‌های شناسایی A_1 B_5 B_1 A_5 جهت اندازه‌گیری رشد ریشه

آزمایشات به صورت متناوب و هفتگی انجام که در قسمت انجام آزمایشات توضیحات بیشتری در این خصوص ارائه گردیده است. شکل ۲ پلان کلی حوضچه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲- پلان کلی از حوضچهٔ نیزار اجرا شده و استقرار بلوک‌های آزمایشی جهت مطالعات پروژه در سنندج

پارامترهای اندازه‌گیری شده عبارتند از:

۱- پارامترهای فیزیکی شامل میزان کل جامدات، دمای محیط و دمای فاضلاب

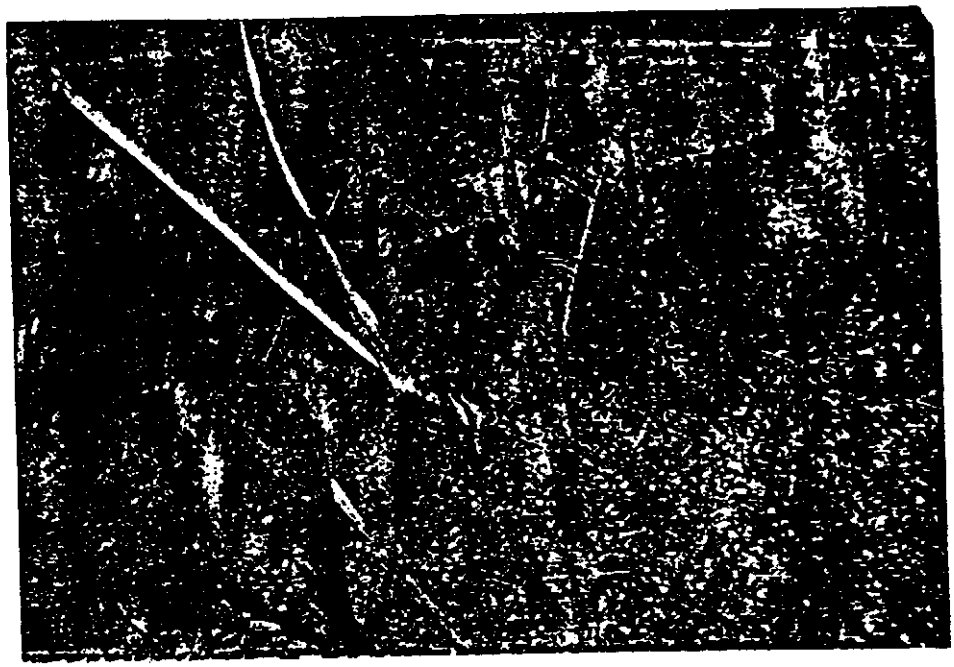
۲- پارامترهای شیمیایی شامل COD، نیتروژن و فسفر

۳- پارمترهای بیولوژیکی شامل BOD_5 و رشد در بستر

٤- پارامترهای مربوط به نی شامل رشد ساقه و رشد ریشه و جوانه

جهت آزمایشات شیمیایی و فیزیکی و BOD رشد ساقه و رشد در بستر هر هفته یکبار و از تاریخ ۷٦/٦/١٦ تا ۷٦/۱۰/۲۲ به مدت بیش از چهار ماه و انجام بیست مورد آزمایش، نمونه‌برداری به عمل آمد.

رشد ریشه نیز هر پانزده روز یکبار در دو بلوک از حوضچهٔ اول و دوم انجام گرفته است. روش کار بدین صورت بوده که در دو ردیف شامل بلوک‌های B_5- A_1- A_5 و B_1 تعدادی نی که شرایط رشد ریشه و ساقهٔ آن یکسان بوده کاشت و هر پانزده روز یکبار با فرض ثابت بودن شرایط رشد جهت نی‌ها، یکی از نی‌ها به ترتیب شمارهٔ انتخاب و رشد ریشهٔ آن به صورت طولی و عرضی ثبت گردیده سپس نی در محل خود دوباره کاشت می‌شد. تعداد جوانه‌ها نیز همزمان روی همان نی‌ها شمارش می‌شد. جوانه‌ها سفید رنگ و هنگام شمارش کمتر از یک سانتیمتر طول داشتند. جوانه‌ها در بین بستر ماسه‌ای مشاهده و شمارش می‌شدند.



شکل ۳- حوضچهٔ نیزار پس از کاشت نی

فصل دوم- نتایج

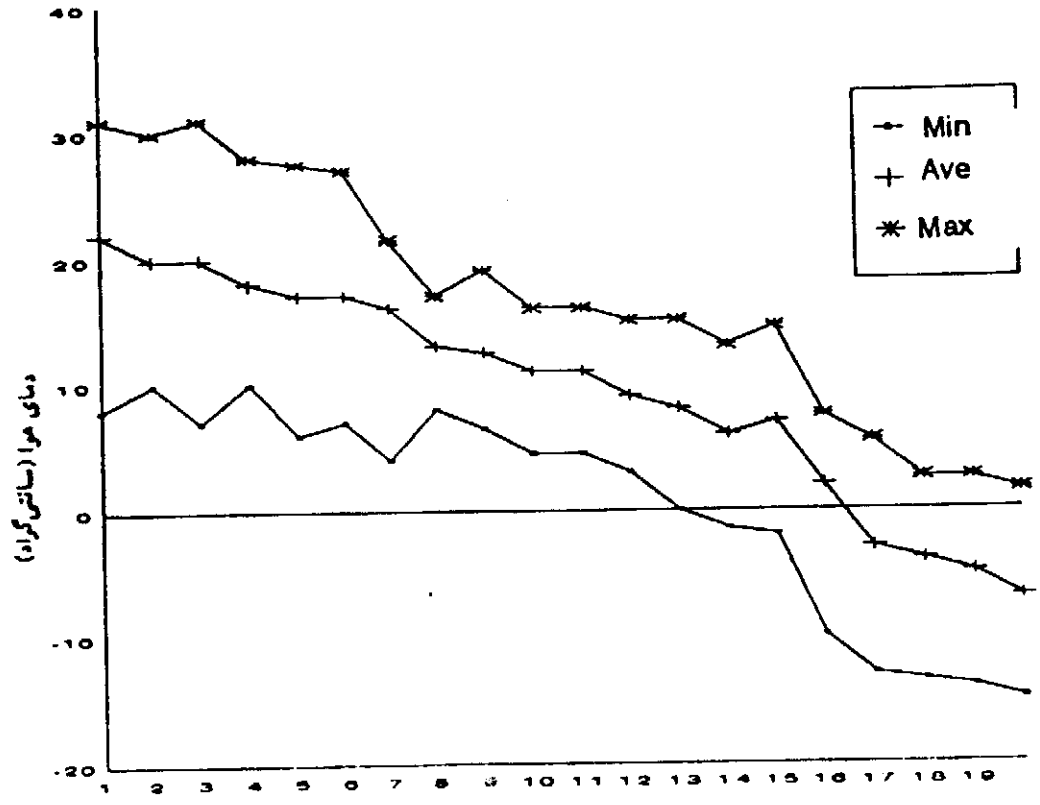
با توجه به تعداد زیاد آزمایشات نتایج مربوط به صورت منحنی‌های فصل سوم و به صورت بحث کلی ارائه گردیده است. در این قسمت صرفاً به گزیده‌هائی از نتایج اشاره می‌گردد. دمای هوا در طول آزمایشات از ۲۲ درجه در تاریخ ۶/۱۶- ۷- درجه سانتیگراد در تاریخ ۱۰/۲۲ و به صورت کاملاً نزولی اندازه‌گیری شده است. دبی فاضلاب بطور متوسط ۰/٤ لیتر بر ثانیه در هر سری از حوضچه‌ها بوده است. BOD در ورودی به حوضچه‌ها از ۱۹۷ تا ۲٦۰ میلیگرم در لیتر متغیر بوده و حداقل خروجی آن در نیزار ۱۰ و در شاهد ۳۱ میلیگرم در لیتر بوده است. به همین ترتیب COD فاضلاب خام از ۳٤۰ تا ٥۰۰ متغیر

بوده و حداقل COD نهائی در حوضچهٔ نیزار ۶۰ و در حوضچهٔ شاهد ۱۰۰ میلیگرم در لیتر می‌باشد. ازت و فسفر از مقادیر متوسط ۴۵ و ۱/۷ به حداقل ۲۳ و ۰/۹۴ میلیگرم در لیتر کاهش یافته است. رشد بیولوژیکی در بستر از ارقام ۲۰/۷ و ۱۴/۴ کیلوگرم در هر متر مکعب از بستر در ابتدا و انتهای نیزار در ابتدای آزمایشات به ۵۴/۹ و ۲۷/۲ در آخر آزمایشات رسیده است.

مقادیر متناظر، با رشد در بستر و تغییرات TS به علت تنوع نتایج در منحنی‌های فصل سوم ارائه شده است.

فصل سوم- بحث

با توجه به آزمایش‌های هفتگی سیر دما غالباً نزولی بوده لذا می‌توان با توجه به سیر فوق که تقریباً ثابت است پیش‌بینی سایر پارامترها را نهایتاً با سرد شدن کامل هوا و فاضلاب ارائه کرد. منحنی شکل ۴ تغییرات دمای فاضلاب خام و تصفیه شده را در طول بهره‌برداری از سیستم نیزار مصنوعی در طرح مطالعاتی سنندج نشان می‌دهد. بارش برف‌های کوتاه مدت از تاریخ ۷۶/۹/۳ برابر با ردیف ۱۲/۵ در جدول آغاز و بارش برف سنگین و یخبندان از ردیف ۱۵ یعنی تاریخ ۷۶/۹/۲۴ آغاز و عملاً کل سطح حوضچه‌ها پوشیده از برف گردید.



شکل ۴- منحنی تغییرات حداقل، حداکثر، متوسط دمای هوا در محل طرح مطالعاتی در سنندج

عملاً از تاریخ ۹/۳ به بعد همراه با کاهش دما، شاهد کاهش سریع راندمان حذف BOD هستیم بطوریکه کاهش BOD در نیزار به کاهش BOD در سیستم شاهد بسیار نزدیک و تقریباً عملکرد برابری ارائه می‌دهند. از تغییرات منحنی مطالب ذیل نتیجه می‌گردد:

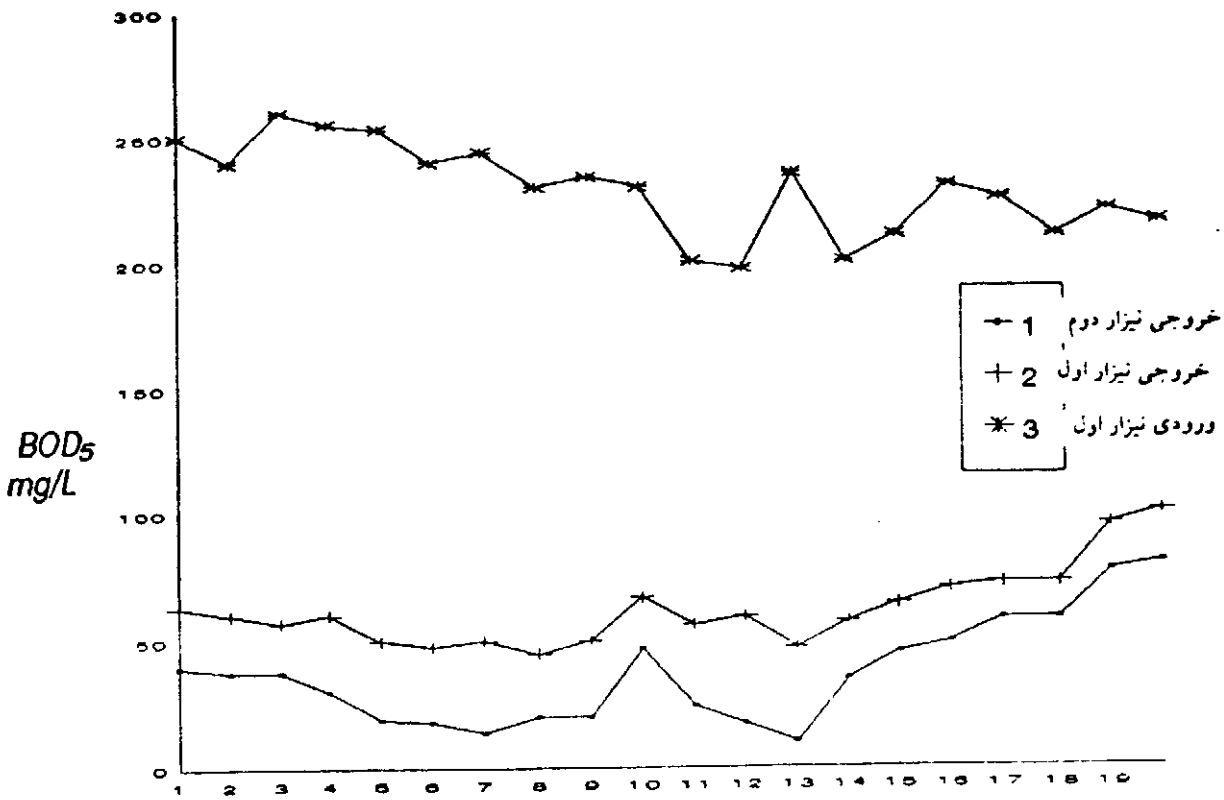
۱- کاهش BOD تا دمای ۸ درجهٔ سانتیگراد بسیار عالی می‌باشد.

۲- با سرد شدن هوا راندمان سیستم در هر دو حالت نیزار و شاهد کاهش یافته به یک مقدار در حد ۶۲/۸ درصد می‌رسد.

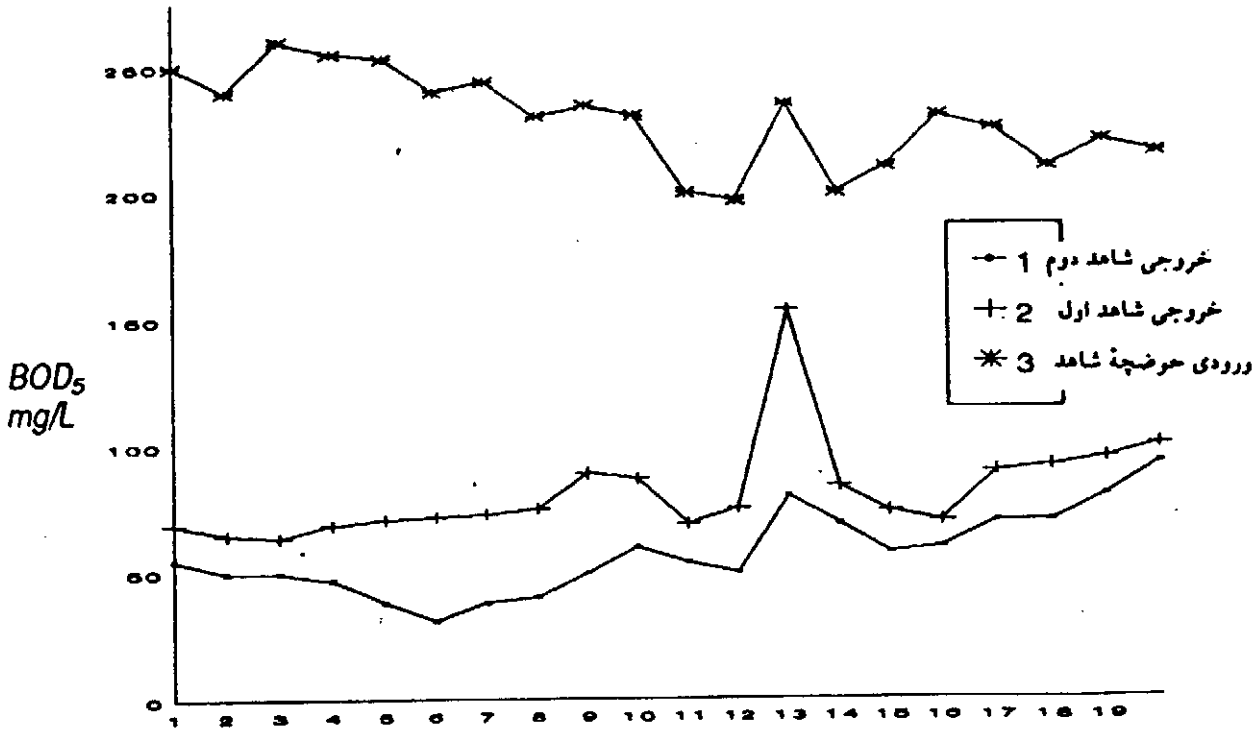
۳- کاهش در حوضچهٔ نیزار در سردترین شرایط نیز بیشتر از حوضچهٔ شاهد است که نشان‌دهندهٔ فعالیت نسبی ریشهٔ نی‌ها در دماهای بسیار پایین در بستر نیزار است.

۴- جهت حرکت منحنی‌ها نشان می‌دهد که با ادامهٔ آزمایش در همین دمای سرد راندمان حذف حوضچهٔ نی و شاهد بسیار نزدیک به هم می‌شوند.

۵- سیستم در مقابل تغییرات بار آلودگی مقاومت داشته و کمتر تأثیرپذیر است.



شکل ۵- منحنی تغییرات BOD شامل ورودی، خروجی از نیزار اول و خروجی از نیزار دوم



شکل ٦- منحنی تغییرات BOD شامل ورودی و خروجی در حوضچهٔ شاهد

٦- در شرایط مساعد دما، ۲۰- ۱۰ درجهٔ سانتیگراد، اختلاف راندمان نیزار و شاهد به حداکثر رسیده که نشان‌دهندهٔ دمای مناسب برای رشد نی‌ها و فعالیت باکتری‌ها بوده است. دمای فاضلاب نیزار در این محدوده ۲۰- ۱۵ درجهٔ سانتیگراد بوده است.

۷- با کاهش دما سریعاً عملکرد نی‌ها کاهش یافته و عملاً قسمت عمدهٔ حذف در بستر و به صورت سیستم بی‌هوازی مطلق انجام می‌پذیرد و عملکرد نی‌ها ٥ درصد از کل سیستم را تشکیل می‌دهد و مابقی ۹۵٪ به صورت رسوب در بستر و حذف توسط باکتری‌های بستر در دمای نیمه سرد انجام می‌پذیرد.

۸- در تاریخ ۹/۱ و ۹/۲ در ردیف ۱۲/٥ گرفتگی در بسترها مشاهده گردیده که علت آن بار هیدرولیکی زیاد و در نتیجه بار آلودگی زیاد در بستر، عدم زمان ماند کافی و فرصت برای تجزیه توسط باکتری‌ها یا فرآیندهای شیمیایی بستر بوده است. تغییرات ناگهان BOD در این تاریخ به علت گرفتگی بستر و به هم زدن بستر جهت حذف شن‌های آلوده بوده است.

۹- حوضچه‌های اول در هر دو سیستم نیزار و شاهد قسمت عمدهٔ حذف BOD را به عهده دارند به صورتی که بطور متوسط ۸۵٪ حذف در حوضچهٔ اول اتفاق می‌افتد، که این امر نشان‌دهندهٔ تأثیر کم طول نیزار در افزایش راندمان حذف است.

نتایج حاصل از شبکه ۷ و ۸ در خصوص تغییرات COD نیز به شرح ذیل خواهد بود:

۱- ۷۰ تا ۷۵٪ عملکرد سیستم در کاهش COD در حوضچهٔ اول اتفاق افتاده و مابقی حذف نتیجهٔ عملکرد در حوضچهٔ ثانوی می‌باشد.

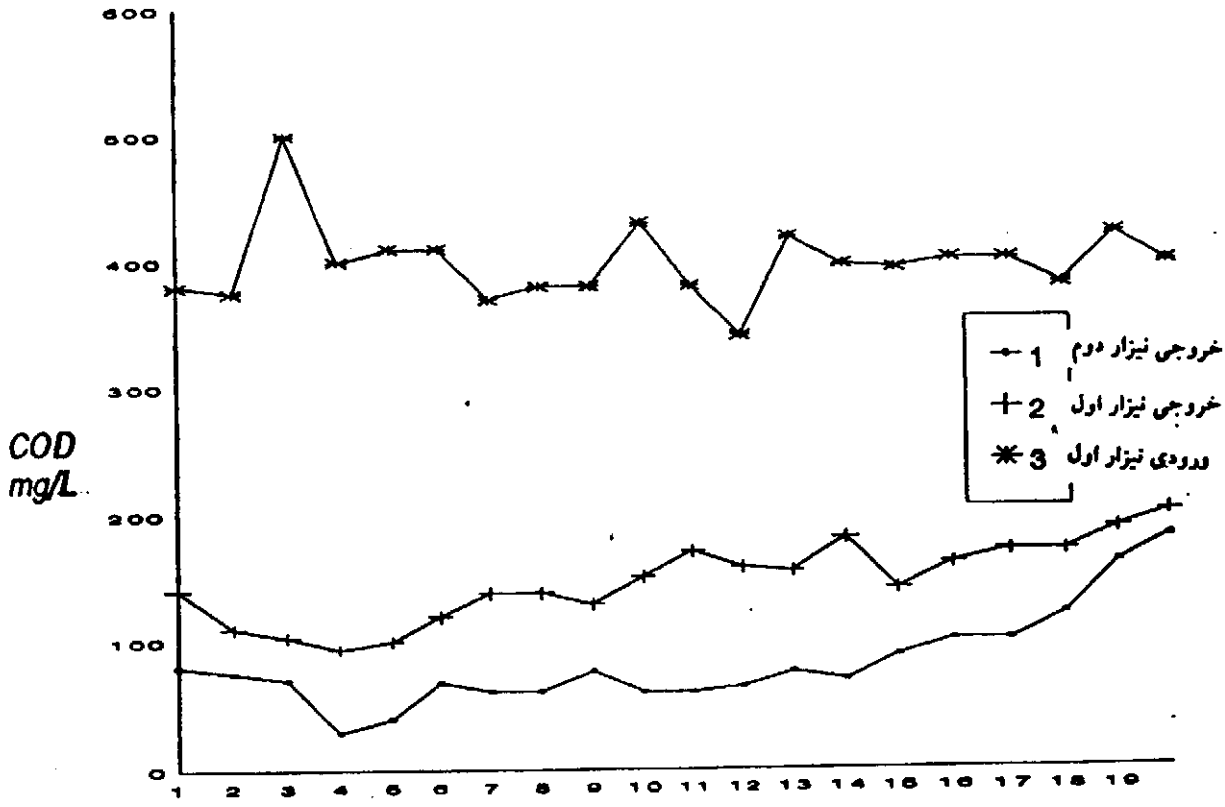
۲- راندمان حذف COD در دمای ۱۱ درجه سانتیگراد شروع به کاهش نموده اما سیر کاهش فوق نتیجهٔ تأثیرات دما از حداقل سه یا چهار درجه قبل از آن است که باعث عدم عملکرد باکتری‌ها و نیزار گردیده است، لذا دمای بالاتر از ۱۱ درجه سانتیگراد به عنوان حداقل دما جهت کاهش COD توصیه می‌گردد.

۳- تحمل تغییرات بارهای آلودگی COD در بستر تا حدودی بیشتر از تحمل در مقابل تغییرات BOD است.

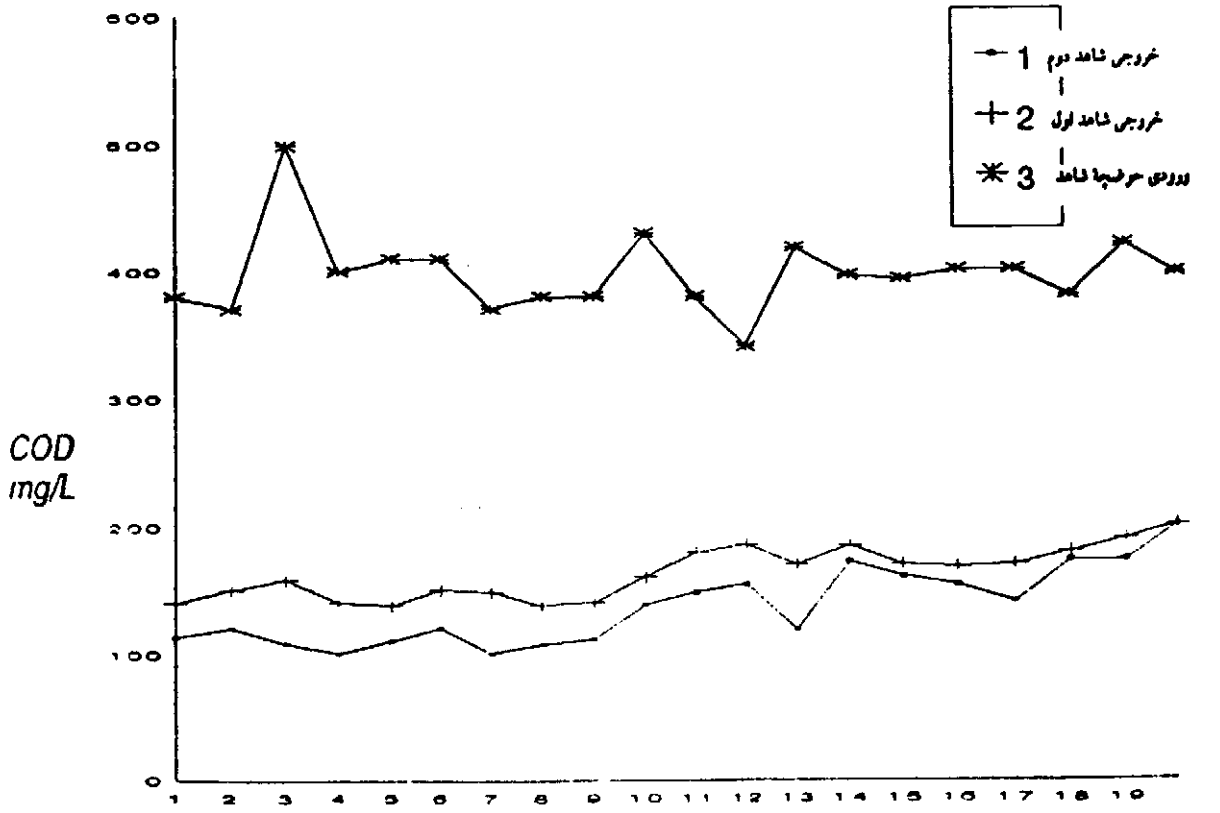
۴- روند تغییرات $\frac{COD}{BOD}$ در ابتدا و انتهای آزمایشاتی که نشان‌دهندهٔ مقایسهٔ هوای گرم و سرد می‌باشد به شرح جدول زیر می‌باشد.

مقادی $\frac{COD}{BOD}$	ورودی حوضچهٔ اول		ورودی حوضچهٔ دوم		خروجی حوضچهٔ دوم	
	نیزار	شاهد	نیزار	شاهد	نیزار	شاهد
تاریخ ۷۶/۶/۳۰، دمای هوا ۲۰ درجه	۰/۵۲	۱/۹	۱/۸	۲/۵	۴/۴۷	۲/۲
تاریخ ۷۶/۱۰/۲۲، دمای هوا ۷- درجه	۱/۵	۱/۹	۲	۲	۲/۵	۲/۲

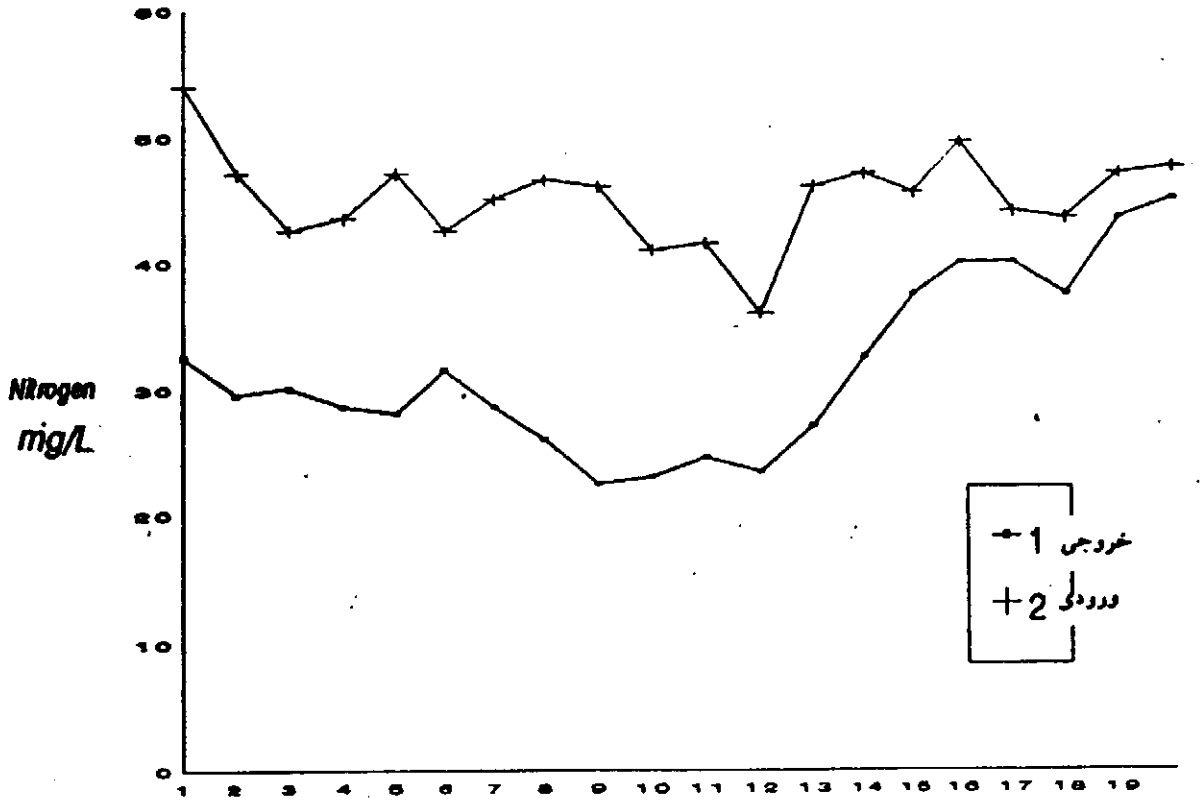
طبق این جدول در هوای گرم $\frac{COD}{BOD}$ در مسیر افزایش می‌یابد که نشان‌دهندهٔ فعالیت باکتری‌ها در حذف BOD است. در حالیکه در دمای سرد هوا و رشد فوق بسیار کم شده است. ضمناً در بستر شاهد افزایش فوق بسیار کم بوده و کاهش دما نیز اثر زیادی بر آن ندارد.



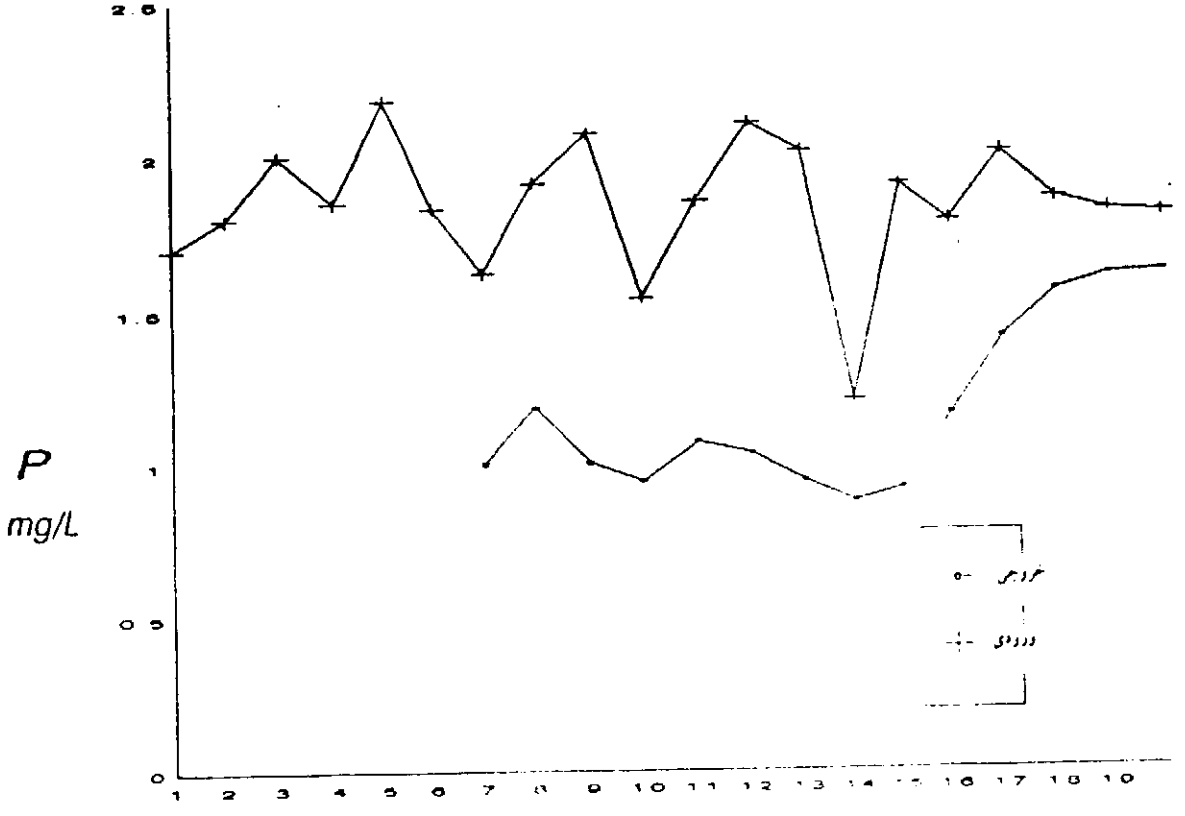
شکل ۷- حذف COD در نیزار با توجه به COD ورودی در حوضچه‌های اول و دوم



شکل ۸- حذف COD در حوضچه‌های شاهد با توجه به COD ورودی در حوضچه‌های اول و دوم



شکل ۹- منحنی تغییرات حذف ازت کل در انتهای حوضچه نیزار نسبت به ازت ورودی



شکل ۱۰- منحنی تغییرات حذف فسفات در انتهای نیزار نسبت به فسفات ورودی

عملکرد حذف نیتروژن نیز در اقلیم سرد بسیار ناچیز است.

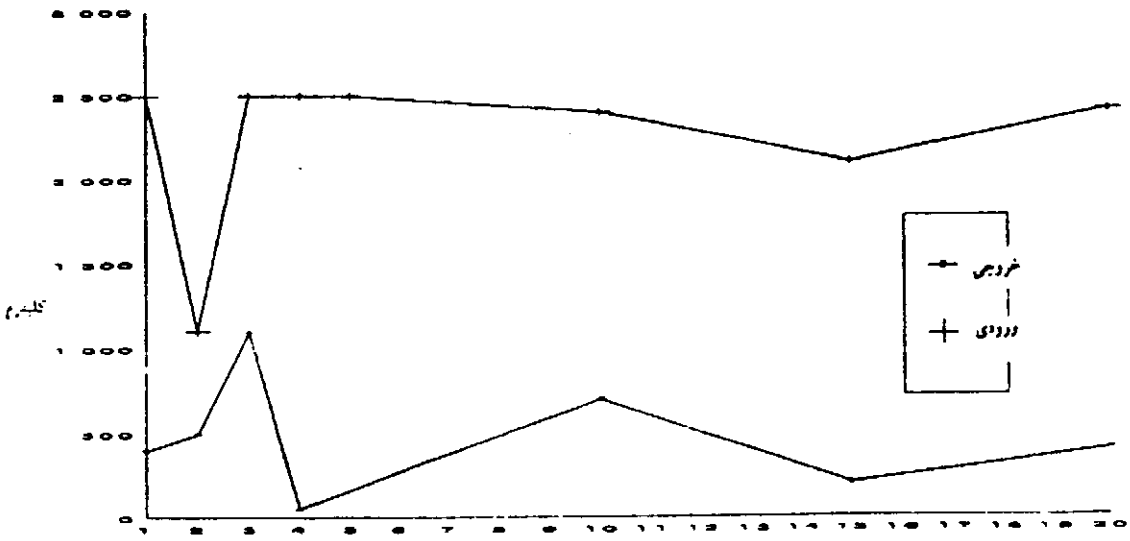
شکل ۱۰- راندمان حذف فسفر را نسبت به دما نشان می‌دهند نتایج شکل فوق عبارت است از:

۱- حداقل راندمان در سردترین شرایط ۱۰٪ است که با توجه به سیر یکنواخت منحنی به نظر می‌رسد که در همین حدود ثابت بماند و علت آن فعالیت کم باکتری‌ها در بستر در دمای حدود ۱۰ درجه در فاضلاب و همچنین رسوب در بستر می‌باشد.

۲- کاهش دما ۲۵ تا ۴۰٪ از راندمان حذف در بهترین شرایط کارکرد می‌کاهد.

۳- مناسب‌ترین راندمان برای حذف فسفر تا دمای حداقل ۹ درجه سانتیگراد توصیه می‌گردد.

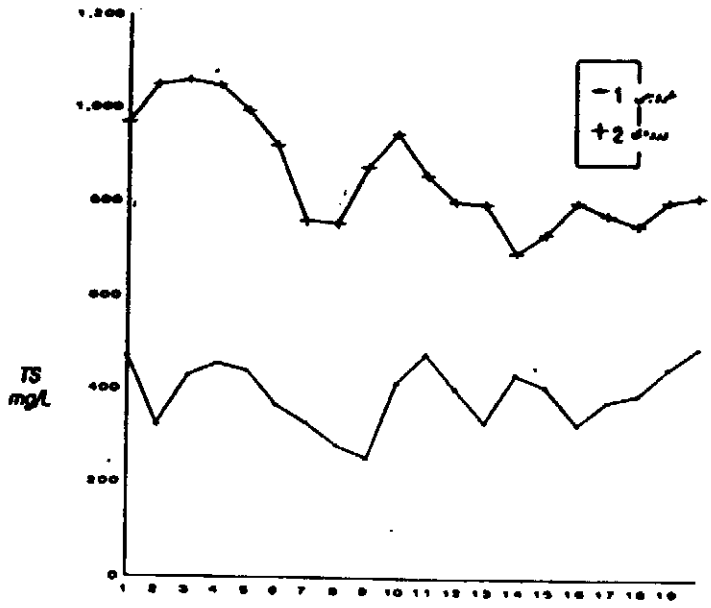
اعداد مربوط به کلیفرم ورودی بسیار متنوع بوده‌اند به سختی و با تردید می‌توان نسبت به روند حذف کلیفرم بحث نمود. بیشترین راندمان حذف در هفته‌های شروع آزمایشات برابر ۹۸٪ و در مابقی اکثراً ثابت و حدود ۸۰ تا ۹۰٪ می‌باشد. نکتهٔ مهم آن است که حذف کلیفرم ارتباط کمی با دما داشته لذا به نظر می‌رسد که حذف کلیفرم و میکروب‌های بیماریزا مرتبط با زمان ماند در بستر می‌باشد و علت کم بودن راندمان نسبی حذف آن، دبی زیاد بهره‌برداری از سیستم تلقی می‌گردد.



شکل ۱۱- حذف کلیفرم در انتهای نیزار نسبت به کلیفرم ورودی که در یکصد میلی لیتر نمونه شمارش گردیده است.

راندمان حذف جامدات کل در بهترین حالت در حد ۷۰٪ بوده که با کاهش دما همراه با کاهش جامدات کل در ورودی، شاهد کاهش راندمان به ۴۰٪ می‌باشیم علت را می‌توان با عدم تحرک و فعالیت باکتری‌های

بین بستر توجیه نمود. نی‌ها تأثیر کمی در حذف جامدات کل داشته و صرفاً با قطع هوادهی به بستر از طریق ریشه‌ها در هوای سرد باعث کاهش راندمان حذف شده‌اند.



شکل ۱۲- منحنی حذف جامدات کل در ابتدا و انتهای نیزار

تا اوائل دی ماه که دما کمی سرد بوده و یخبندان آغاز نشده است، رشد بیولوژیکی (رشد مواد آلی) در بستر سیر صعودی داشته. از تاریخ فوق به بعد رشد متوقف شده و به صورت یکنواخت و تقریباً ثابتی درآمده. آخرین اعداد نشان‌دهندهٔ روند بسیار بطئی کاهش در رشد بیولوژیکی می‌باشد که روند فوق نشان‌دهندهٔ تأثیر دما در فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. با کاهش دما به حدود تقریبی زیر ۱۰ درجه سانتیگراد مشخصاً رشد و فعالیت در حوضچهٔ دوم نسبت به اول کاهش نسبی داشته است که آن را می‌توان مستقیماً به کاهش دمای فاضلاب در حوضچه دوم نسبت به حوضچهٔ اول نسبت داد. نکتهٔ بسیار مهم در آمار، نزدیک بودن بسیار زیاد اعداد در خروجی حوضچهٔ اول و انتهای نیزار است. این موضوع نشان می‌دهد که مقدار مواد مغذی (BOD یا COD) تأثیر بسیار کمی بر رشد بیولوژیکی در بستر داشته است و عامل محدودکننده دیگری در مسیر، اجازهٔ رشد بیشتر را در طول بستر نمی‌دهد.

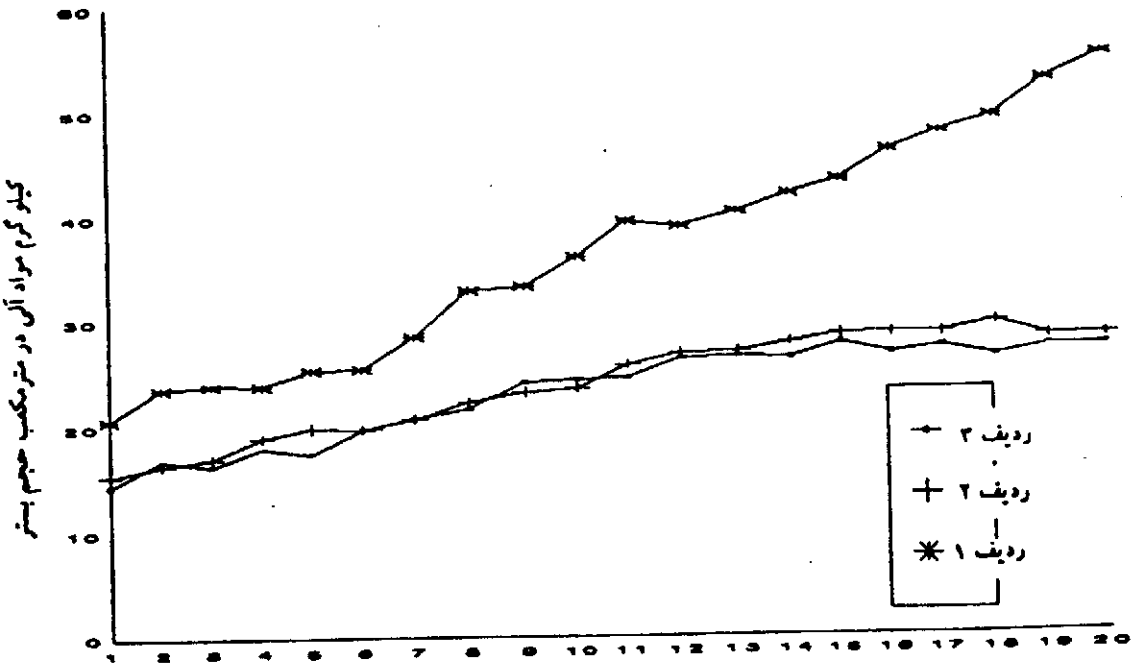
بحث بر روی رشد نی‌ها به شرح ذیل ارائه می‌گردد:

۱- عملاً از ردیف‌های ۱۰- ۹ به بعد که متناظر با دمای متوسط ۱۳ درجه سانتیگراد می‌باشد، رشد نی شدیداً رو به کاهش می‌نهد و رنگ آنها به زردی می‌گراید.

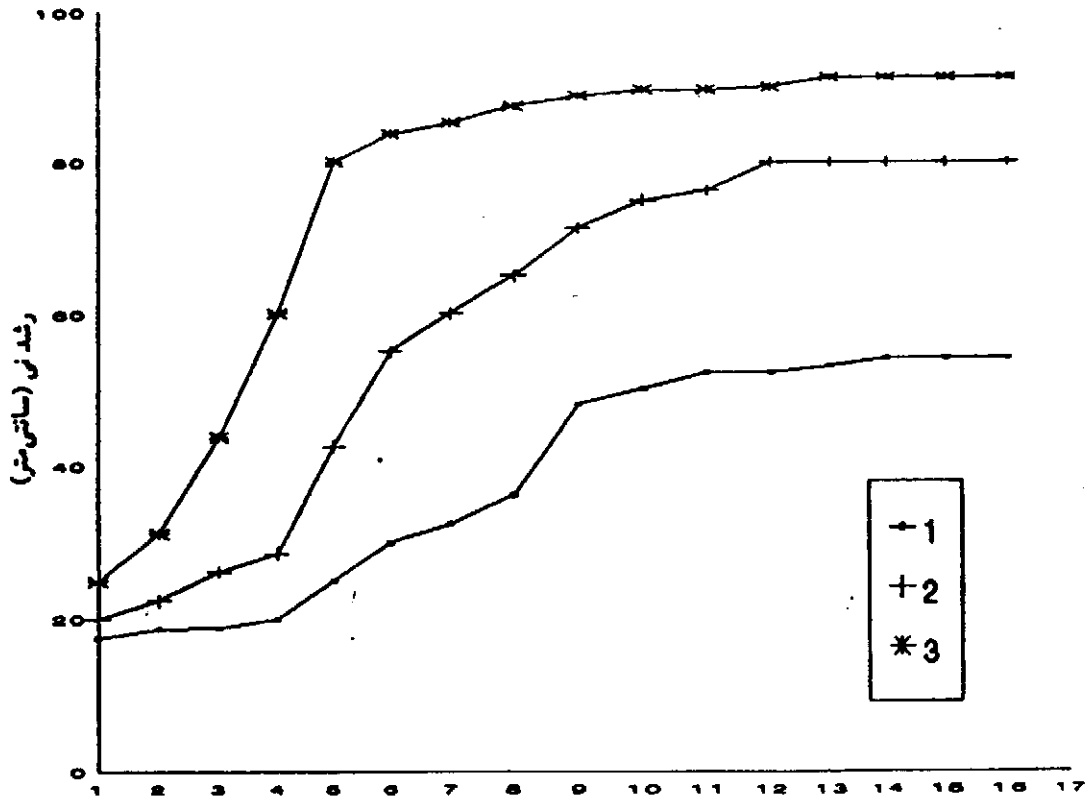
۲- از تاریخ ۹/۱۵ به بعد و همراه با رسیدن دما به زیر صفر در ساعاتی از شبانه‌روز، برگ نی‌ها شروع به خشک شدن تدریجی نموده که نشان‌دهندهٔ زوال و عدم عملکرد کامل در این شرایط است.

۳- با توجه به پایین‌تر بودن دمای فاضلاب در انتهای نیزار، توقف رشد در انتها (منحنی بلوک P) سریعتر از ابتدا (منحنی بلوک M) اتفاق افتاده است.

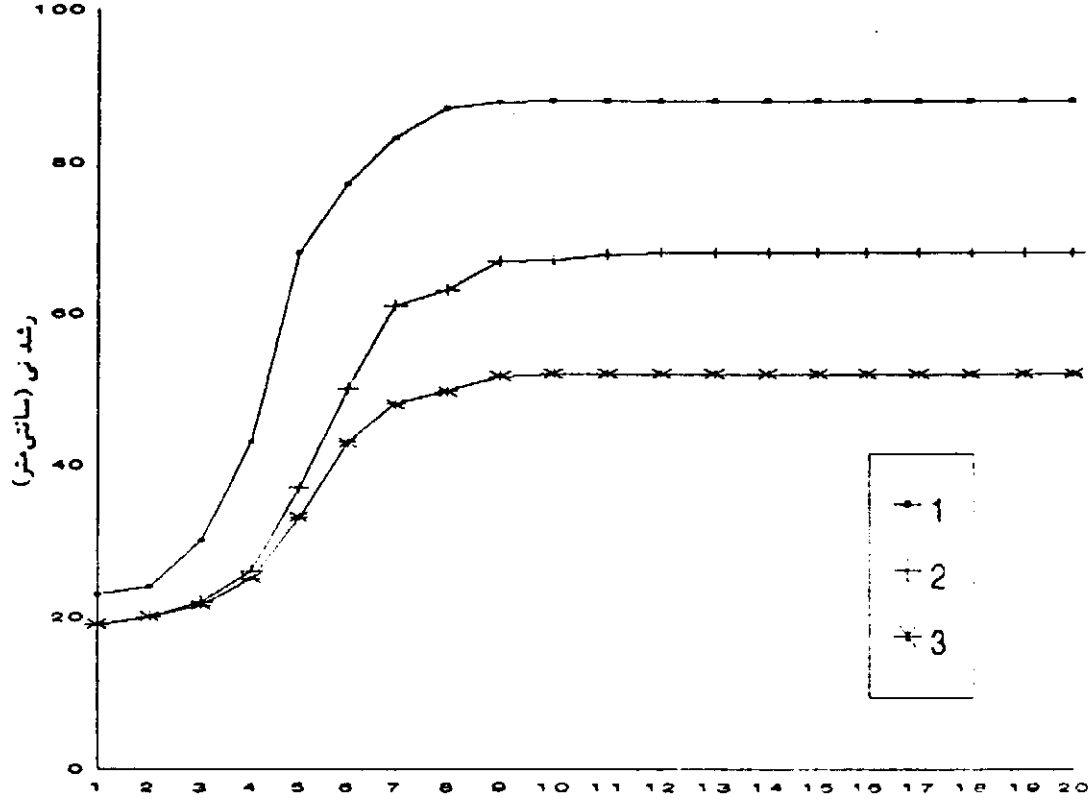
٤- روند رشد در انتها (بلوک P) سریعتر از ابتدا می‌باشد. علت آن را می‌توان غلظت بهتر فاضلاب در انتهای برای رشد نی دانست. ضمناً رشد جوانه‌ها نیز در حوضچهٔ اول بهتر از حوضچهٔ دوم بوده است که علت را می‌توان در گرمتر بودن دمای فاضلاب در حوضچهٔ اول نسبت به حوضچهٔ دوم دانست. ریشه‌ها در انتها به صورت مویی و نازک رشد می‌نمودند لذا تشخیص مسیر عمیق‌ترین یا بلندترین ریشه بسیار مشکل بود. مشخصاً در محدوده‌ای مابین ردیف‌های ۱۵- ۱۰ یعنی دمای متوسط ۸ درجهٔ سانتیگراد به پایین رشد ریشه شدیداً کاهش یافته تا کاملاً متوقف گردیده است.



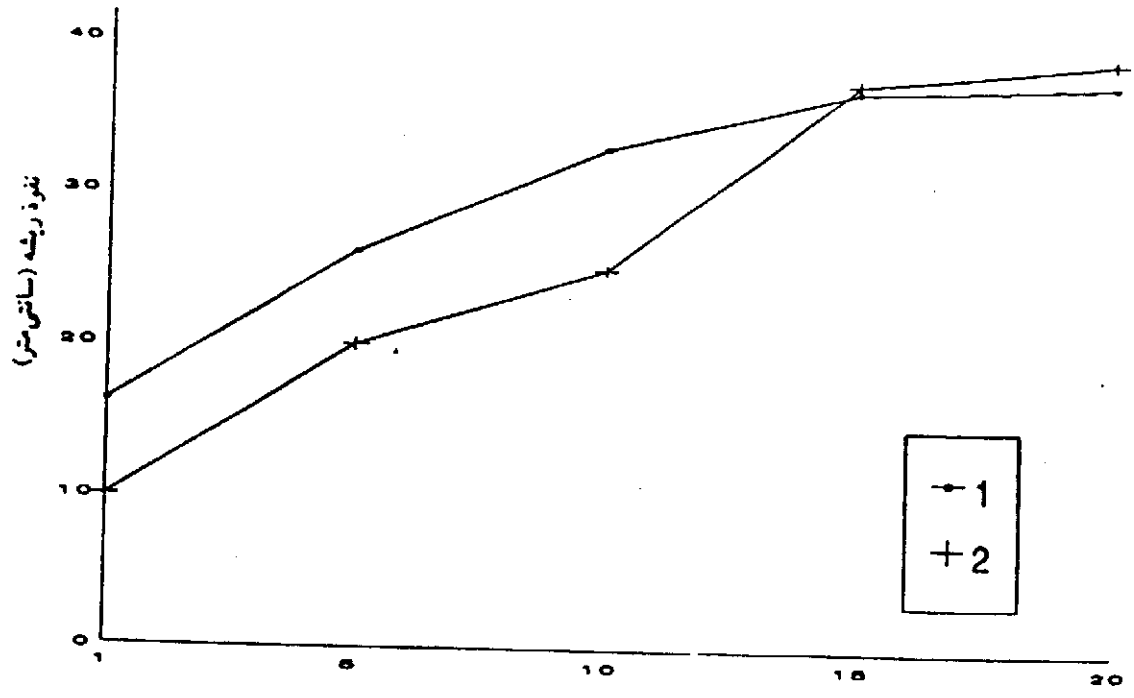
شکل ۱۳- منحنی تغییرات وزن مواد آلی در واحد حجم بستر



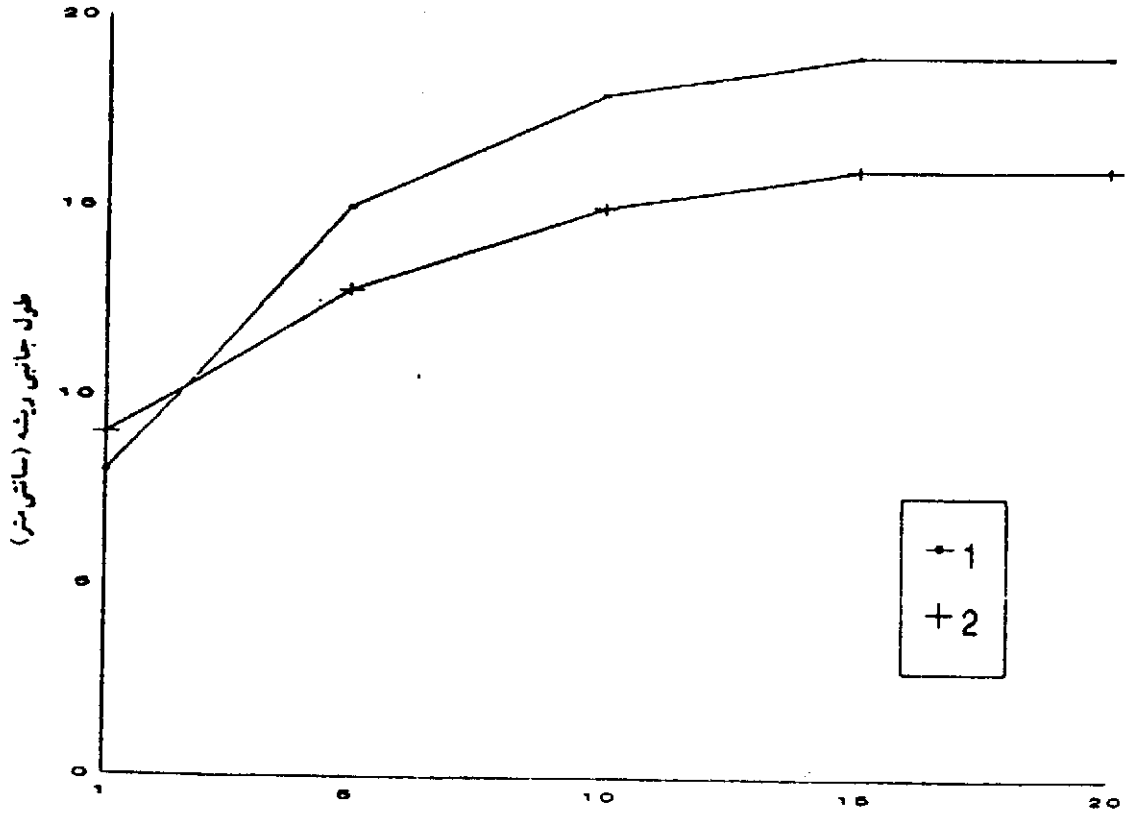
شکل ۱۴- رشد ساقه‌های نی در بلوک M نسبت به زمان



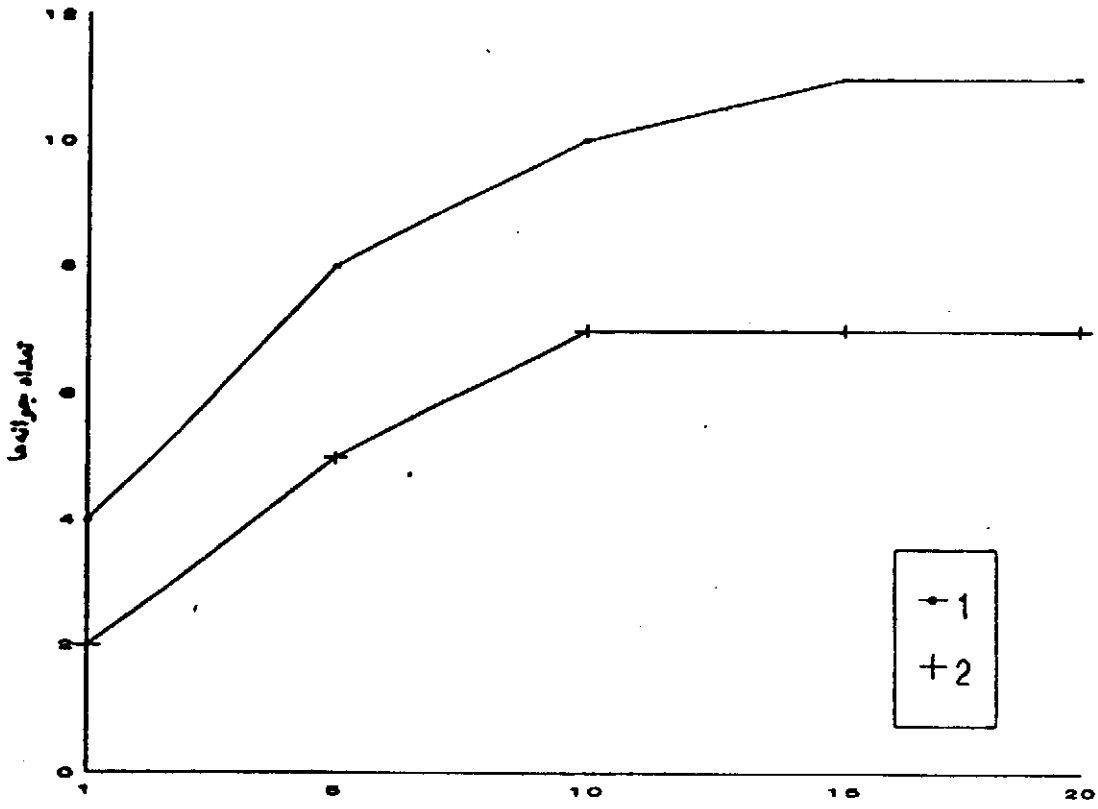
شکل ۱۵- منحنی تغییرات رشد ساقهٔ نی نسبت به زمان در بلوک P



شکل ۱۶- افزایش نفوذ عمقی ریشه با گذشت زمان در نیزار اول و دوم



شکل ۱۷- رشد جانبی ریشه در نیزار اول و دوم



شکل ۱۸- تعداد جوانه‌ها در ردیف A و B

فصل چهارم خلاصه و نتیجه‌گیری:

از مطالب بحث شده در فصول قبلی به اهداف مطالعات می‌پردازیم:

۱- بهترین راندمان حذف در خصوص هر کدام از آلاینده‌های BOD، COD، ازت کل، فسفر، کلیفرم و جامدات کل به ترتیب ۹۵/۷، ۸۶، ۵۱، ۵۵، ۹۸ و ۷۰ درصد بوده است. این راندمان‌ها در دمای بالاتر از ۲۰ درجه بدست آمده و با کاهش دما هر کدام از راندمان‌های فوق سیر نزولی داشته است. حداقل راندمان ثبت شده در خصوص حذف هر کدام از آلاینده‌های ذکر شده به ترتیب ۵۰، ۴۰، ۵، ۵، ۸۰ و ۳۰ درصد بوده است.

این اعداد در دمای ۷ درجه زیر صفر ثبت گردیده است و روند نزولی منحنی‌ها نشان‌دهندهٔ استمرار کاهش هر کدام از آلاینده‌ها با کاهش دما است. در حذف کلیفرم رابطه مشخصی با دما مشاهده نشده. کاهش دما بیشترین تأثیر را بر حذف فسفر و ازت داشته است. راندمان حذف در حوضچه‌های اول بسیار مناسبتر از حوضچه‌های ثانویه بوده است.

۲- با مقایسه راندمان حذف در حوضچه‌های شاهد و نیزار که در خصوص پارامترهای BOD و COD انجام پذیرفته به این نتیجه می‌رسیم که سرد شدن هوا در کاهش راندمان هر دو سیستم

تأثیر گذاشته و راندمان حذف BOD در هر دو سیستم به یک عدد و در حدود ۶۲/۸ درصد و در خصوص COD به ۰/۵۵ رسیده است. عملکرد نیزار نسبت به حوضچهٔ شاهد در کاهش BOD در بهترین راندمان ۱۷٪ حذف بیشتر را نشان داده و در حداقل اختلاف که در سردترین دمای محیط اندازه‌گیری شده مقدار اختلاف ٤/٥٪ حذف را نشان می‌دهد. این موضوع نشان‌دهندهٔ عدم کارائی نی در بستر در دمای پایین است.

۳- رشد بیولوژیکی و رابطهٔ آن با دما کاملاً مشخص گردیده است. با کاهش دما روند رشد بیولوژیک به مقدار ثابتی نزدیک شده ولی متوقف نمی‌گردد و همواره سیستم بیولوژیکی در بستر فعال می‌باشد. ضمناً تغییرات رشد فوق در طول بستر بسیار ناچیز و صرفاً رشد در ابتدای حوضچه که ناشی از تجمع مواد معلق در ابتدای بستر بوده بسیار زیاد و سیر صعودی داشته است.

٤- حداقل دمای هوا جهت رشد مناسب ساقه ۱۳ درجه سانتیگراد می‌باشد. در صورتی که در ساعتی از شبانه‌روز دمای حداقل به زیر صفر برسد گیاه رو به زوال نهاده و ساقهٔ آن شروع به خشک شدن می‌نماید.

حداقل دمای هوا جهت رشد مناسب ریشه ۸- ٥ درجه سانتیگراد می‌باشد. دمای فوق متناظر با ۱۱- ۹ درجه سانتیگراد در فاضلاب بوده است. ریشه در سردترین شرایط زنده اما رشدی ندارد. دمای هوا جهت رشد مناسب جوانه از وضعیت ریشه تبعیت می‌نماید و جوانه‌ها در هر حال سالم و سرحال به نظر می‌رسند.

٥- با توجه به آن که رشد بیولوژیکی در بستر با کاهش دما همچنان ادامه دارد لذا کاهش و راندمان مشاهده شده در هوای سرد نسبت به هوای گرم مستقیماً با روند متوقف رشد اجزاء نی مرتبط بوده و منحنی‌ها نشان می‌دهد که در محدوده‌ای که رشد نی رو به زوال نهاده راندمان حذف نیز شروع به کاهش نهاده است.

فهرست منابع

1. Peavy, Howard S, Environmental Eng, McGraw – Hill. 1985.
2. Middlebrooks, E. Joe, Design manual municipal waste water stabilization ponds, U. S. Environmental protection agency, 1983.
3. Marais, G. V. R, waste water treatment by activated sludge process, IHE, 1994.
4. Tchobanoglous, George, wastewater Eng, McGraw hills, 1979.
5. Qasim, syed R., wastewater treatment plants.
6. Polprasert, C, Natural system for waste water treatment, IHE Delft, 1995.
7. WPCF, Natural System for Waste water treatment, Imperial printing U. S. A, 1990.

۸- عباس‌پور، مجید، مهندسی محیط زیست، نیرو چاپ، ۱۳۷۱

۹- منزوی، محمدتقی، تصفیهٔ فاضلاب، دانشگاه تهران، ۱۳۷۲، جلد دوم

۱۰- مارا، دانکن، راهنمایی طراحی برکه‌های تثبیت فاضلاب، سیدرضا اسدی، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، ۱۳۷۳.

۱۱- حسینیان، مرتضی، شناسایی فاضلاب، چاپ مهتاب، ۱۳۶۰.

12. Tchobanoglous, George. wastewater Eng. Mc Grawhill. 1982.

۱۳- فدراسیون کنترل آلودگی آب (WPCF)، آزمایش‌های میکروبی آب و پساب، گیتی امتیازی، انتشارات نی. ۱۳۷۵.

۱۴- ضوابط فنی بررسی و تصویب طرح‌های تصفیه فاضلاب شهری، سازمان برنامه و بودجه، نشریه ۳-۱۲۹، ۱۳۷۲.

15. Juwarkar. A. S., Domestic wastewater treatment through constructed wetlands in India. 4th international confrence on wetland system for water pollution control. china November 6 – 10. 1994.

16. Water & wastewater. 2. 1995.

۱۷- آمارنامهٔ استان کردستان، سازمان برنامه و بودجه استان کردستان، ۱۳۷۴.

18. Mandi. L.. Marrakesh wastewater Purification experiment using lemna Gibba. water sci. Tech.. vol 29. No 4. PP. 283 – 287. 1994.

19. Reed. C. Sherwood. E.J. Middle brocks, W.C. crites. Natural system for waste management and treatment, MCGrow – Hill Book – 1988.

۲۰- نشریهٔ هفتگی، سازمان هواشناسی کشور، وزارت راه و ترابری، سال زراعی ۷٦- ۷۵.

همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی
۲۵ بهمن ماه ۱۳۸۰

اثرات سموم و کودهای شیمیایی بر لپوی زاغمرز

ناصر مهردادی،[۱] علی اکبر یدالهی[۲]

چکیده

در این مقاله مهمترین راههای ورود سموم و کودهای شیمیایی به لپوی زاغمرز مشخص گردیده‌اند. سپس اهم آثار منفی زیست محیطی سموم و کودهای شیمیایی بر لپوی زاغمرز مورد بررسی قرار گرفته و برای کاهش این مخاطرات زیست محیطی، راهکارهای مدیریتی (طرح بهسازی)[۳] مناسبی ارائه شده است تا با اجرای دقیق آن از تخریب زیستگاه زمستان گذرانه پرندگان مهاجر جلوگیری گردد.

مهمترین روش در مبارزه با آفات به کارگیری روش تلفیقی، یعنی تلفیق کلیه راه‌های مبارزه اعم از زراعی، مکانیکی و بیولوژیکی که میزان مصرف سموم را کاهش داده و اثرات مخرب آنها را به حداقل می‌رساند.

مقدمه

کشاورزی بزرگترین و قدیمی‌ترین صنعت جهان بوده و نیمی از مردم جهان را کشاورزان تشکیل می‌دهند. بشر برای افزایش محصولات کشاورزی، با به کارگیری از همه علوم و تکنولوژی موفقیت‌های شایان توجهی داشته است.

هجوم آفت‌های گوناگون (حشرات، قارچ‌ها، جوندگان و علف‌های هرز) به فرآورده‌های کشاورزی، یکی از مشکلاتی است که از دیرباز متوجه فعالیت‌های این بخش از اقتصاد جهان بوده است. بخش قابل توجهی

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه تهران و مدیر کل حفاظت محیط زیست مازندران
۲- کارشناس اداره کل حفاظت محیط زیست مازندران

3 -Mittigation plan

از فرآورده‌های غذایی جهان در مراحل مختلف کشاورزی (کاشت، داشت، برداشت، ذخیره سازی و توزیع آن) توسط انواع آفات گیاهی از بین می‌روند، مگر آنکه اقدامات لازم در جهت رفع این مشکلات صورت گیرد. برای مبارزه با آفات زراعی تاکنون تدابیر زیادی اندیشیده شده است که شامل مبارزه زراعی، مکانیکی، فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و تلفیقی می‌باشد.

تک کشتی بودن، آبیاری سنتی، کشت در جهت شخم و استفاده مداوم از زمین‌های کشاورزی باعث ایجاد فرسایش خاک و از بین رفتن حاصلخیزی آن می‌گردد. لذا کشاورزان جهت جبران این مسئله از کودهای شیمیایی استفاده می‌نمایند که این کودها نیز به نوبه خود باعث آلودگی محیط زیست می‌گردند.

موقعیت محلی لپوی زاغمرز

لپوی زاغمرز در شرق استان مازندران در فاصله حدود ۳۰۰-۲۰۰ متری جنوب دریای خزر در شهرستان نکا واقع گردیده است. وسعت تقریبی این لپو ، ۲۰۰ هکتار بوده که به صورت دو حوضچه غربی و شرقی و به صورت نوار باریک در جهت شرق به غرب و با عمق حداکثر ۳ متر می‌باشد.

اهمیت لپوی زاغمرز

این لپوی از دو جنبه حائز اهمیت می‌باشد که عبارتست از:

الف) ذخیره آب جهت آبیاری زمین‌های کشاورزی روستاهای مجاور

ب) با توجه به وجود انواع جانوران و گیاهان آبزی و همجواری با پناهگاه حیات وحش میانکاله، جمعیت قابل توجهی از پرندگان مهاجر آبزی و کنار آبزی به ویژه گونه‌های نادری چون اردک تاجدار و انواع قو از آن به عنوان زیستگاه زمستان گذرانی استفاده می‌کنند.

راههای ورود سموم و کودهای شیمیایی به لپوی زاغمرز

مصرف سموم شیمیایی در ایران در حدود یک درصد سموم تولیدی جهان را شامل می‌شود این در حالی است که ۶۵٪ کل سموم مصرفی کشور در استان‌های شمالی استفاده می‌گردد. سموم و کودهای شیمیایی استفاده شده در مزارع به طور مستقیم و غیر مستقیم وارد این لپو شده و باعث آلودگی آن می‌گردند. بطور کلی مهمترین راه‌های ورود این مواد به لپو به شکل‌های زیر می‌باشد:

- مهمترین راه ورود سموم و کودهای شیمیایی از طریق زهکش‌ها ی کشاورزی صورت می‌گیرد که در انتهای زمین‌ها قرار داشته و پس از استفاده، مازاد آنها وارد این اکوسیستم آبی می‌گردد.
- فرسایش خاک و انتقال آن توسط رودخانه نکا به این لپو نیز یکی دیگر از عواملی است که موجب افزایش غلظت سموم و کودهای شیمیایی در آن لپو می‌گردد.

اثرات زیست محیطی سموم و کودهای شیمیایی بر لپوی زاغمرز

بطور کلی سموم و کودهای شیمیایی به دو صورت حاد و مزمن بر اکوسیستم آبی و آبزیان اثر گذاشته و باعث تهدید حیات آنها می‌گردند. این آثار شامل موارد زیر می‌باشند:

- سموم شیمیایی (مخصوصاً ترکیبات کلره) به دلیل سیکل تخریبی درازمدت و شکل پایدارشان تا مدت‌های طولانی پس از سمپاشی در زمین‌های کشاورزی و لپوی زاغمرز ردیابی می‌شوند. بالا بودن حلالیت آنها در چربی و پائین بودن سرعت تجزیه آنها در بدن موجودات زنده و محیطهای آبی، موجب تجمع آنها در بافت‌های ذخیره‌ای و ورد به زنجیره غذایی می‌گردد و به ترتیب در سطوح بالاتر این زنجیره (شکارگرها) بر غلظت مواد سمی افزوده شده و در نهایت باعث ایجاد نواقص ژنتیکی و بزرگنمایی بیولوژیکی[1] می‌گردد. این مورد مخصوصاً در لپوی زاغمرز به دلیل پذیرا بودن انواع پرندگان مهاجر آبزی و کنار آبزی حائز اهمیت می‌باشد.
- مصرف بی رویه آفتکش‌های کلره، با توجه به زمان تجزیه‌پذیری بالای آن، در درازمدت می‌تواند تاثیرات زیانبار بسیاری را بر اکوسیستم آبی این لپو به جا گذارد که از آن جمله می‌توان مسمومیت آبزیانی نظیر پلانکتون‌ها، دو کفه‌ای‌ها، ماهیان و پرندگان مهاجر را نام برد.
- سمومی که از ترکیبات کلره باشند باعث از بین رفتن جلبک‌های تثبیت ازت می‌گردند.
- هر چه غلظت نیترات‌ها در منابع آبی افزوده شود رشد الگها و گیاهان آبزی (شکوفایی جلبک‌ها)[2] نیز سریعتر می‌گردد. قسمتی از این گیاهان وارد سیکل زندگی جانوران آبزی شده و تعادل آنها را نیز بهم می‌زنند. لاشه جلبک‌ها پس از مرگ آنها به عنوان بار آلودگی ثانوی محسوب شده و باعث پدید آمدن شرایط یوتروفیکاسیون[3] گردیده و پیری، مرگ و پر شدن بستر رودخانه (مصب) و آبندان‌ها را تسریع می‌کند.
- در شرایط یوتروفیکاسیون در زمان فقدان نور، عدم تولید اکسیژن توسط گیاهان آبزی نظیر لوبی، چنگال آبی، گوشاب، تیرکمان آبی، بارهنگ آبی، هزارنی، نی معمولی، دم اسب، سازیل، آلاله آبی، عدسک آبی، نیلوفر آبی، و جلبک‌های مختلف و همینطور تنفس این گیاهان، تغییرات زیادی در طول شبانه‌روزی در غلظت اکسیژن محلول پیش می‌آید، بطوریکه در شب (سحرگاه) غلظت اکسیژن محلول به حداقل (حتی صفر) و در ساعات بعد ازظهر میزان آن به حداکثر ممکن (بیش از اشباع) می‌رسد. شرایط یوتروفیکاسیون مصادف با فصل خروج بعضی از انواع ماهیان از تخم می‌باشد که

---

[1] -Biomagnification

[2] -Algalbloom

[3] -Eutrification

باعث از بین رفتن این نوزادان می‌گردد (خوشبختانه در حال حاضر این پدیده در این اکوسیستم ایجاد نشده است).

- در نهایت همه موارد فوق بر موجوداتی که، از حلقه‌های اصلی زنجیره غذایی لپوی زاغمرز به شمار می‌روند، اثر سوء گذاشته و به تدریج زمینه تخریب این اکوسیستم را فراهم می‌آورند. این عامل باعث عدم جذب پرندگان مهاجر می‌گردد.

راهکارهای مدیریتی در جهت تقلیل آثار منفی زیست محیطی سموم وکودهای شیمیایی

- مناسب‌ترین راه مبارزه با آفات به کارگیری روش تلفیقی (IPM)[1] می‌باشد، یعنی تلفیق کلیه راه‌های مبارزه اعم از زراعی، مکانیکی و بیولوژیکی که میزان مصرف سموم را کاهش داده و اثرات مخرب آنها را به حداقل می‌رساند.

در برخورد با مشکل وجود آفت‌کش‌ها در محیط زیست، بیش از هر چیز توجه به عامل اصلی، یعنی وجود آفت‌ها و محدود ساختن شرائط زیستی برای ایجاد و انتشار آنها است. مدیریت تلفیقی روش‌های شناخته شده و معمول برای کنترل و مبارزه اصولی با آفات می‌باشد. در واقع هدف از این مدیریت، پایین نگه داشتن سطح جمعیت آفات بوده تا باعث ایجاد ضرر و زیان فراوان نشوند. برای رسیدن به این اهداف، روش‌های بوم شناختی و اقتصادی در کنار یکدیگر به کار گرفته می‌شوند که شامل موارد زیر می‌باشد:

- کنترل زیستی (بیولوژیکی) آفات از طریق ازدیاد پارازیت‌ها، شکارگرها و امراض.
- کاشت انواع بیشتری از گونه‌ها برای کاهش از گونه‌ها برای کاهش شانس اینکه آفت‌های گیاه، میزبان خود را پیدا کنند.
- کنترل کشت و کار، همانند قطع یا ریشه‌کن کردن چوب‌های مسموم، تنوع در تولید محصول، تغییر زمان کاشت و برداشت با توجه به دوران حیات و وفور آنها.
- بهترین حالت این است که سموم و کودهای شیمیایی با حداقل تراکم وارد محیط زیست شوند تا محیط‌های آبی قدرت خودپالایی خود را از دست ندهند.
- استفاده از آفت‌کش‌های میکروبی، ترکیبات شیمیایی جذب‌کننده آفات و نیز رهاسازی حشرات نر عقیم.
- گسترش و اعتبار دادن به شبکه اطلاعاتی و منابع مدیریت تلفیقی.

---

[1] -Integrated Pest Managment

- کاربرد نمودی نتایج حاصل از تحقیق در جهت نشان دادن سودمندی‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی در مقایسه با فقدان مدیریت مربوطه.
- افزایش همکاری و همبستگی بین سازمان حفاظت محیط زیست و وزارت جهاد کشاورزی.
- گسترش ترویج و آموزش کشاورزان.
- در صورت نیاز، استفاده از سموم و کودهای شیمیایی دقیق.
- حذف سوبسید دولتی جهت کاهش خرید بی‌رویه سموم و کودها.
- مبارزه زمستانه (شخم، آبتخت، جمع‌آوری و سوزاندن بقایای گیاهان زراعی و علف‌های هرز) و استفاده بیشتر از واریته‌های مقاوم بذر و پایه‌های پیوندی.
- ایجاد مراکز مطالعه، بررسی و اجرای مبارزه بیولوژیکی با آفات و بیماری‌های گیاهی.
- حذف سموم کلره پردوام (پایدار) و محدود نمودن مصارف برخی از سموم که اثرات سوء بیشتری در محیط زیست دارند
- عضویت سازمان حفاظت محیط زیست در هیات مربوط بر انتخاب،ورود و مصرف سموم کشور.
- کلیه روش‌های کنترل ازت و فسفر را می‌توان به سه گروه اصلی بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی تقسیم نمود که روش‌های بیولوژیکی کنترل ازت شامل رویش جلبک‌ها و سایر گیاهان آبزی، نیتریفیکاسیون[1] و دی‌نیتریفیکاسیون[2]
- استفاده از کودهای دامی و سبز[3] در مزارع و باغات.
- کشت بین محصولات (کشت مخلوط)[4]

کشت مخلوط علاوه بر دارا بودن صرفه اقتصادی، از جنبه زیست محیطی نیز حایز اهمیت می‌باشد زیرا کودهای اضافی که در روی خاک بین محصولات پاشیده می‌شوند مورد استفاده این گیاهان قرار می‌گیرند.

- تناوب زراعی

تناوب زراعی از لحاظ کشاورزی باعث اصلاح خاک می‌گردد و اجرای این روش، به دلیل چرخش نباتات و حذف گیاه میزبان، امکان شکستن چرخه زندگی آفات را فراهم می‌نماید و همچنین باعث کنترل رشد علف‌های هرز می‌گردد.

---

[1] -Nitrification

[2] -Denitrification

[3] -Green Fertilizer

[4] -Intercropping

- بجا گذاشتن بقایای گیاهی

با باقی گذاردن بخشی از کاه و کلش و با ایجاد حداقل ۳۰-۲۰ درصد پوشش در سطح اراضی، فرسایش خاک به ترتیب به میزان ۶۰-۵۰ درصد کاهش می‌یابد (Anon.1995).

نتیجه گیری:

با توجه به اثرات مخربی که سموم کلره بر اکوسیستم آبی لپوی زاغمرز می‌گذارند، متأسفانه استفاده آن در منطقه متداول بوده و در صورت استمرار و افزایش مصرف آن مسائل بسیار حاد زیست محیطی را به دنبال خواهد داشت.

همچنین در اثر توسعه منابع آبی و تأمین آب مورد نیاز زمین‌های دیم در میانبند، باعث افزایش مصرف سموم و کودهای شیمیایی در محدوده بالادست شده که نهایتاً بر این لپو اثر می‌گذارد.

در اثر افزایش کودهای شیمیایی به تدریج باعث افزایش آلودگی آب لپوی زاغمرز شده و این عامل به دلیل وجود نیترات و فسفات موجب شکوفایی جلبک‌ها در سطح این لپو می‌گردد. با افزایش جلبک‌ها بر میزان اکسیژن محلول کاسته شده و تخریب اکوسیستم آبی را فراهم می‌آورد.

با اجرای روش‌های علمی و بهینه سازی در مصرف سموم و کودهای شیمیایی می‌توان تا حدود زیادی از شدت مصرف آنها کاست و بطوریکه اکوسیستم آبی با قدرت خود پالایی خود غلظت این آلاینده‌ها را به حد مطلوب زیستی برساند.

مهمترین روش در مبارزه با آفات به کارگیری روش تلفیقی، یعنی تلفیق کلیه راه‌های مبارزه اعم از زراعی، مکانیکی و بیولوژیکی که میزان مصرف سموم را کاهش داده و اثرات مخرب آنها را به حداقل می‌رساند.

منابع فارسی

۱- اخطاری، حمیرا، مدیریت تلفیق آفات، رهیافتی در جهت کاهش مخاطرات زیست محیطی، فصلنامه علمی سازمان حفاظت محیط زیست، جلد دهم، شماره اول، بهار ۱۳۷۷.

۲- اخطاری، حمیرا، مصرف جونده‌کش‌های ضد انعقاد خون و پیامدهای زیست محیطی آن، فصلنامه علمی سازمان حفاظت محیط زیست، جلد دهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۷۷.

۳- سلطانی، محمود، آفتکش‌ها، محیط زیست و توسعه پایدار، فصلنامه علمی سازمان حفاظت محیط زیست، جلد دهم، شماره ۲۹، سال۱۳۷۸.

٤- مسگران کریمی، باقر، چگونگی مصرف سم و اثرات سوء آن در محیط زیست، فصلنامه علمی سازمان حفاظت محیط زیست، جلد ششم، شماره سوم، پاییز ۱۳۷۳.

٥- مسگران کریمی، باقر، چگونگی مصرف سم و اثرات سوء آن در محیط زیست، فصلنامه علمی سازمان حفاظت محیط زیست، جلد هفتم، شماره اول، پاییز ۱۳۷۴.

٦- صدوق، محمد باقر، کشاورزی و محیط زیست، فصلنامه علمی سازمان حفاظت محیط زیست، جلد هشتم، شماره دوم، تابستان ۱۳۷۵.

۷- معلم، فرحناز، نگاهی به سموم کشاورزی و اثرات آنها بر موجودات زنده، فصلنامه علمی سازمان حفاظت محیط زیست، جلد هفتم، شماره ۲۸، سال ۱۳۷۸.

۸- جبلی، سید جلال، روش‌های پیشگیری از بروز آلودگی‌های غیر متمرکز در کشاورزی، فصلنامه علمی سازمان حفاظت محیط زیست، جلد هفتم، شماره ۳۱، تابستان ۱۳۷۹.

۹- شهیدی، میرعابد، ازت و فسفر در آب و روش‌های کنترل آلودگی آنها، سازمان حفاظت محیط زیست معاونت تحقیقات، سال ۱۳۷۴.

۱۰- وزارت نیرو، آب و توسعه- فصلنامه امور آب- ویژه سد و محیط زیست، سال چهارم، شماره ۲، تابستان ۱۳۷۵.

۱۱- مجنونیان، هنریک، حفاظت رودخانه‌ها (ویژگی‌های بیوفیزیکی، ارزش‌های زیستگاهی و ضوابط بهره برداری)، انتشارات دایره سبز، سال ۱۳۷۸.

۱۲- مجنونیان، هنریک، تالاب‌ها (طبقه بندی، حفاظت و کارکردها)، انتشارات دایره سبز.۱۳۷۷.

۱۳- جلحانی محمد رضا، گزارش بررسی و شناسایی تالاب‌های استان مازندران. اداره کل حفاظت محیط زیست مازندران ۱۳۷۸.

1- Plimmer, jack,R,Regulatory Problems Associated with Natural Products and Biopesticides. pesticides Science, No 39,PP 104 (1993).

2- FAO / Government Cooperative Programme; Intercountry programme for the Development and Application of IPC in Rice in south and south – East Asia. Phasa I and II: Project Findings and Recem mendation,(1994).

همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی
۲۵ بهمن ماه ۱۳۸۰

تجهیزات و روش‌های عملی و سریع جهت سنجش کیفی آب‌ها در محیط زیست

مهرداد عدل[1]

مقدمه

این نوشتار به معرفی روش‌ها و دستگاه‌هایی می‌پردازد که تسهیلات و سرعت بیشتری را در اندازه‌گیری آلودگی‌ها و سنجش کیفیت انواع آب‌ها (اعم از سطحی، زیرزمینی، آب‌های تازه، فاضلاب‌ها و زهاب‌ها) نسبت به روش‌های مرسوم و مندرج در استانداردها ایجاد می‌کنند.

از آنجا که بحث این نوشته بیشتر در ارتباط با آبیاری و زهکشی و محیط زیست می‌باشد، لذا به روش‌ها و ابزار و دستگاه‌هایی پرداخته خواهد شد که کاربرد بیشتری در این مقوله داشته باشند.

۱- دستگاه‌های سنجش شاخص‌ها و ویژگی‌های اولیه

این دستگاه‌ها از دیدگاه ساختار، وزن و شیوه عملکرد ساده‌تر بوده و با سرعت بیشتری به جواب می‌رسند. برخی از آن‌ها حتی دراندازه‌های جیبی و وزن کمتر از ۲۵۰ گرم ساخته شده‌اند.

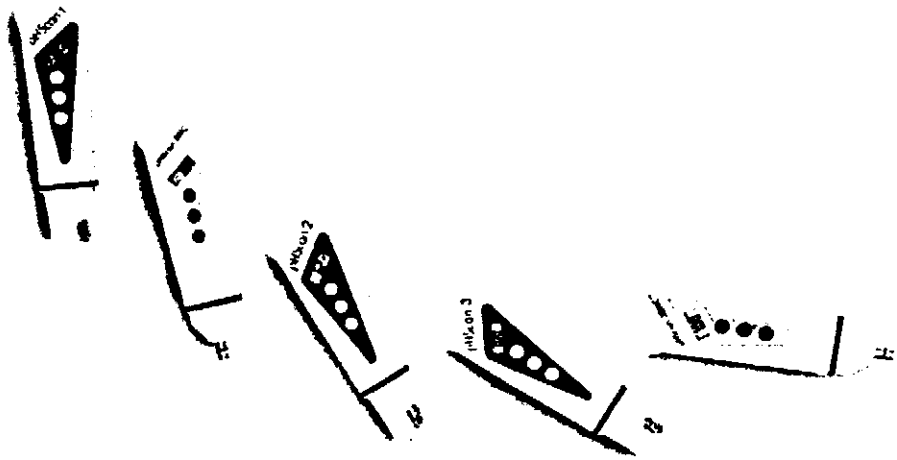
باید اشاره شود که برخی از شاخص‌های کیفی آسانتر و سریعتر اندازه‌گیری و تعیین می‌شوند که عبارتند از دما، pH، غلظت مواد جامد محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (EC)، کدورت و اکسیژن محلول. نخستین دسته ازاین گروه، pHمترها هستند که pH آب و دیگر مایعات را اندازه می‌گیرند و در انواع جیبی، کیفی و دوومیزی ساخته می‌شوند. معمولاً محدودهٔ اندازه‌گیری آن‌ها از ۰/۰ تا ۱۴ می‌باشد و دقت‌های

۱- کارشناس ارشد عمران محیط زیست - پژوهشگاه نیرو
عضو گروه کارشناسی اثرات زیست محیطی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

اندازه‌گیری مختلف از ±۱ تا ±۰/۰۰۱ دارند. جدول زیر برخی از دستگاه‌های تجارتی pHمتر که تنها این شاخص را اندازه می‌گیرند، معرفی می‌نماید.

جدول (۱)- برخی از دستگاه‌های pH متر جیبی

نام مدل	سازنده	دامنه‌اندازه‌گیری	دقت	ملاحظات
pHScan 1	EUTECH Instruments	-1.0~15.0	±0.2	
pHScan 2	" " "	-1.0 ~ 15.0	±0.1	
pHScan 3	" " "	-1.00 ~ 15.00	±0.05	
pHScan WP2	" " "	-1.0 ~ 15.0	±0.1	ضد آب
pH 17	AQUALYTIC	1.0 ~ 13.0	±0.2	تا ۵۰°C مقاوم
pH 18	" "	0.00 ~ 14.00	±0.01	تا ۱۰۰°C مقاوم



شکل (۱)- چند نمونه pHمتر جیبی

دومین دسته از دستگاه‌های سنجش شاخص‌های اولیه، هدایت‌سنج‌ها می‌باشند که هدایت الکتریکی آب را برحسب میکروزیمنس بر سانتیمتر یا میلی‌زیمنس بر سانتیمتراندازه‌گیری می‌کنند. برخی از دستگاه‌ها مستقیماً مجموع مواد جامد محلول (TDS) را برحسب ppm یا ppt نمایش می‌دهند. دامنه اندازه‌گیری هدایت‌سنج‌ها ازصفر تا چندهزار µS/cm متغیر است. شکل ظاهری این دستگاه‌ها نیز همانند pHمترها بوده و برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی باید نوک دستگاه یا الکترود آن را داخل آب یا مایع مورد آزمایش قرار داد. جدول زیر برخی از مدل‌های تجاری این دستگاه‌ها را نمایش می‌دهد.

جدول (۲)- مشخصات چند نمونه از دستگاه‌های جیبی سنجش هدایت الکتریکی و TDS

نام مدل	سازنده	واحد سنجش	دامنه اندازه‌گیری	دقت
TDScan 1	EUTECH	Ppm	0 ~ 1990	10 ppm
TDScan 10	" "	Ppm ppt	0~ 999 1.00 ~9.99	1 ppm 0.01 ppt
TDScan 3	" "	µS/cm	0 ~1990	10 µS/cm
TDScan 20	" "	µS/cm mS/cm	0 ~1999 2.00 ~19.99	1 µS/cm 0.01 mS/cm

پتانسیل‌سنج‌ها دستهٔ دیگری از دستگاه‌ها هستند که که پتانسیل اکسیداسیون- احیاء را در محیط آبی برحسب میلی ولت (mV) اندازه‌گیری می‌کنند.

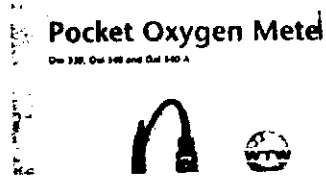
چهارمین دسته، دماسنج‌ها هستند که انواع الکلی، جیوه‌ای، عقربه‌ای و دیجیتالی دارند. برای دامنه‌های گوناگون دمایی طراحی و ساخته شده‌اند. دماسنج‌های دیجیتالی توانایی بیشتری دراندازه‌گیری دامنه وسیعی از دما (زیر صفر تا چند صد درجه بالای صفر سانتیگراد) دارند.

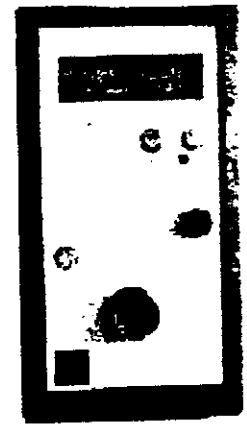
کدورت‌سنج‌ها (توربیدیمترها) پنجمین دسته از دستگاه‌های‌اندازه‌گیری شاخص‌های اولیه هستند که کدورت آب را بر حسب واحد کدورت (NTU) تعیین می‌کنند. شیوه کاراین دستگاه‌ها بر اساس نورسنجی (فتومتری) استوار است و شیشه حاوی نمونه در محفظه دستگاه قرار می‌گیرد و از روی میزان جذب نور توسط نمونه، کدورت آن‌اندازه‌گیری می‌شود.

یکی دیگر از شاخص‌های مهم کیفی آب، میزان اکسیژن محلول (DO) در آن است که نمادی از توان ادامه زندگی آبزیان در آب میباشد.این شاخص توسط دستگاه سنجش اکسیژن محلول (DOسنج) برحسب میلیگرم در لیتراندازه‌گیری می‌شود. شرکت‌های WTW، Lazar، Eutech Istruments و General

Cybernetics از جمله سازندگان دستگاه‌های DOسنج می‌باشند. دامنه‌اندازه‌گیری اکسیژن محلول دراین دستگاه‌ها اغلب بین صفر تا ۲۰ میلیگرم در لیتر است.

شکل (۲)- چند نمونه دستگاه سنجش اکسیژن محلول





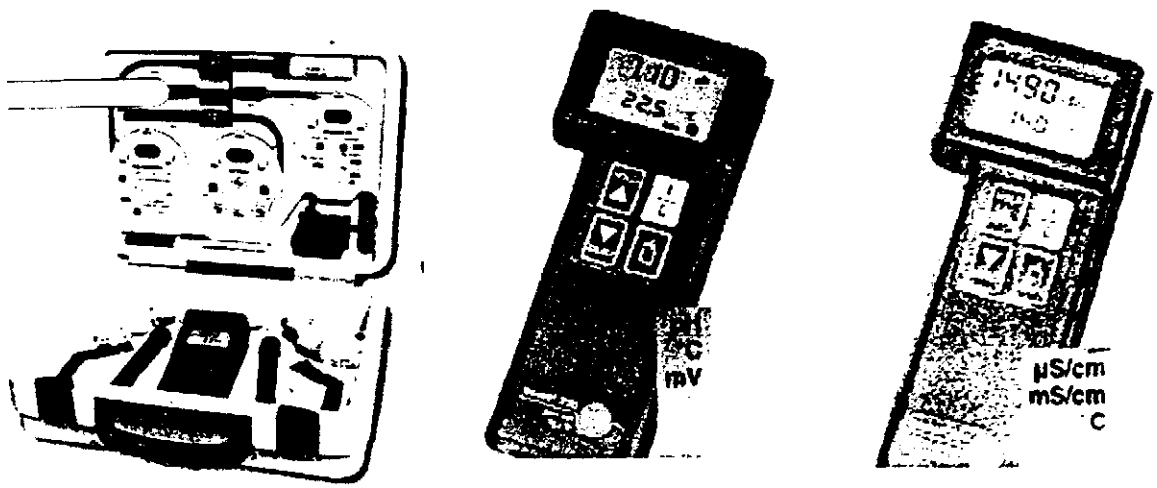
جدول (۳)- مشخصات چند نمونه از دستگاه‌های جیبی سنجش اکسیژن محلول(DO)

نام مدل	سازنده	واحد سنجش	دامنه اندازه‌گیری	دقت
CyberScan DO 100	EUTECH	ppm , mg/l	0.00 ~ 19.99	0.01 ppm
CyberScan DO 300	" "	ppm . mg/l	0.00 ~ 19.99	0.01 ppm
Oxi 330	WTW	mg/l °C	0.00~ 19.99 0.0~ 90.0 -5.0~ 50.0	0.5 % 0.1 °C

گذشته از دستگاه‌هایی که منحصراً برای سنجش یک شاخص ساخته شده‌اند، دستگاه‌های زیادی هم وجود دارند که چند شاخص را اندازه‌گیری می‌نمایند. جدول (٤) برخی از انواع تجاری و مناسب این دستگاه‌ها را برای عملیات سنجش میدانی به همراه شاخص‌های قابل اندازه‌گیری نمایش می‌دهد.

جدول (٤)- برخی از دستگاه‌های اندازه‌گیری چندکاره قابل حمل

نام مدل	شرکت سازنده	دامنه اندازه‌گیری	دقت	ملاحظات
pH 330	WTW	-2.00~ 16 pH ±1250 mV -5.0 ~ 99.9 °C	±0.01 ±1 ±0.1	وزن ۳۰۰gr باتری 6 V
pH 197	WTW	-2.00 ~ 16 pH ± 1250 mV -5.0 ~99.9 °C	±0.01 ±2 ±0.1	وزن ۱۵۰۰gr برق و باتری
Multiline P4	WTW	-2.00 ~ 16 pH ± 1250 mV -5.0 ~99.9 °C 0.0 ~19.99 mg/l O2 1 µS/cm ~500 ms/cm	±0.01 ±2 ±0.1 ±0.5 % ± 1 %	وزن ۳۰۰gr باتری قابل شارژ
704	Metrohm	0.0 ~ 14.00 pH ±2000 mV -130 ~ 199.9 °C	±0.01 1 ±0.1	مقاوم به حرارت باتری
EcoScan pH6	EUTECH Instruments	0.0 –14.00 pH ± 1000 mV 0.0 ~ 100.0°C	±0.01 ±2 ±0.5	
pH 22	AQUALYTIC	0.0 ~ 14.00 pH ±1999 mV 0.0 ~ 100.0 °C	±0.01 ±1 ±0.1	وزن ۲۵۰gr باتری 9V
Testo 230	testo	0.0 ~14.00 pH ±1999 mV -50.0 ~ 150 °C	±0.01 ±2 ±0.2	باتری
Testo 240	testo	0 µS/cm ~2000mS/cm -50 ~150 °C 1 mg/L ~200g/L NaCl	0.5~1.2 % mV	باتری



شکل (۳)-از راست به چپ، دستگاه‌های Testo 240 و Testo 230 و Multiline P4

۲- دستگاه‌های اندازه‌گیری شاخص‌های ثانویه

شاخص‌های ثانویه نسبت به شاخص‌های اولیه، با دشواری بیشتری در اندازه‌گیری روبرو هستند. در مبحث آبیاری و زهکشی و محیط زیست ، شاخص‌های ذیل بیشتر رویاروی مهندسین و بهره‌برداران قرار می‌گیرند:

- اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD) ، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD)
- انواع آنیون‌ها: ترکیبات نیتروژن (NO_3^-,NO_2^-)، ترکیبات فسفر(PO_4^{3-},$H_2PO_4^-$)، ترکیبات گوگرد (SO_4^{2-},SO_3^{2-},S^{2-})، کلرید، سیانید، فلوئورید،
- انواع کاتیون‌های عمده: سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس، آلومینیم
- فلزات سنگین، کمیاب و عناصر سمی: جیوه، کادمیم، سرب، ارسنیک، بریلیم، کرم، نیکل، کبالت، وانادیم، اورانیم، مولیبدن
- سختی، قلیائیت
- ترکیبات آلی سمی مانند آفت‌کش‌ها
- مجموع نیتروژن و نیتروژن آمونیاکی

شیوه‌های گوناگونی برای اندازه‌گیری این شاخص‌ها وجود دارند که عبارتند از:

تیتراسیون، فتومتری و رنگ‌سنجی، جذب اتمی، یون کروماتوگرافی، پتانسیومتری، ولتامتری

۲-۱- فتومتری

برای اندازه‌گیری شاخص‌هایی مانند COD، ترکیبات نیتروژن و فسفر و برخی از آنیون‌ها و کاتیون‌ها، دستگاه‌هایی ابداع شده‌اند که تلفیقی از فن‌آوری ترکیب شیمیایی و سنجش رنگ یا میزان جذب نور را بکار گرفته‌اند. این دستگاه‌ها مجهز به یک فتومتر می‌باشند و برای هر شاخص یک کیت مخصوص دارند که این کیت معمولاً دارای یک یا چند ماده معرف است که به نمونه افزوده می‌شود و سبب پیدایش رنگ در آن می‌گردد و بر حسب مورد ممکن است نیاز به عملیات تکمیلی (مانند حرارت دادن) داشته باشد، مانند آزمایش تعیین COD که به ترمورآکتور برای گرمادهی نمونه نیاز دارد. در آخرین مرحله، سلول‌های حاوی نمونهٔ فرآوری شده، در محل طیف‌سنجی دستگاه قرار داده شده و براساس میزان جذب نور و مجموعه‌ای از اطلاعات پیش فرض (مانند جذب نور چند نمونه با غلظت یا مقدار معلوم) و روش‌های درون‌یابی ریاضی، مقدار شاخص برآورد می‌شود.

فتومترها دستگاه‌هایی هستند که تنوع بسیاری در نوع و محدودهٔ عمل دارند. برخی از آنها تنها برای طول موج مرئی ساخته شده و برخی دیگر علاوه بر پرتوهای مرئی، امکان اندازه‌گیری در محدوده پرتو فرابنفش (UV) را نیز دارند. شرکت‌های متعددی دستگاه‌های فتومتر را برای کاربری‌های آزمایشگاهی

ساخته و به بازار عرضه نموده‌اند که از آن جمله میتوان MERK، HACH، WTW و Palintest را نام برد. برخی از فتومترها از پیش برای کالیبراسیون نتایج آزمایش‌ها برنامه‌ریزی شده‌اند.

به عنوان نمونه، مشخصات چهار مدل از دستگاه‌های فتومتر در جدول ذیل ارائه شده‌اند.

جدول (۵)- مشخصات چند نوع فتومتر قابل حمل مجهز به باتری

نام و نوع	سازنده	دامنه طول موج	نوع باتری	وزن
Photometer 7000 رنگ سنج تک پرتو با امکان قرائت مستقیم نتیجه	Palintest	390- 660 nm	6 x 1.5 V	۷۶۰ گرم (خود دستگاه)
Photometer 5000 رنگ سنج تک پرتو با امکان نمایش میزان نشر	Palintest	390- 660 nm	8 x 1.5 V	۳۲۰ گرم
Photolab S6	WTW	340- 690 nm	rechargeable	۲۸۰۰گرم با باتری
Photolab S12	WTW	340- 880 nm	rechargeable	۲۸۰۰گرم با باتری
Multilab P5	WTW	340- 820 nm	14 V	۲۵۰۰ گرم

جدول زیر فهرستی از شاخص‌های قابل اندازه‌گیری به وسیلهٔ دستگاه‌های یاد شده را ارائه می‌دهد

جدول (٦)- فهرست شاخص‌های قابل اندازه‌گیری به وسیله فتومترهای جدول (۵) و دامنه اندازه‌گیری آنها

علامت عنصری	نام شاخص	واحد	P. 7000	P. 5000	Photolab S6	Photolab S12	Multilab P5
Ag	نقره	mg l			-	0.25-3.00	0.25-3.00
Al	آلومینیوم	mg l	0-0.5	0-0.5	-	0.02-1.50	0.02-1.50
Au	طلا	mg l	-	-	-	0.5-12.0	0.5-12.0
B	بر	mg l	0-2.5	0-2.5	-	0.025-0.800	0.025-0.800
C_2H_5OH	فنل	mg l	0-5.0	0-5.0	-	0.10-2.50	0.10-2.50
Ca	کلسیم	mg l	0-500	0-500	-	5-160	5-160
Cd	کادمیم	mg l	-	-	0.025-1.000	0.025-1.000	0.025-1.000
Cl	کلرید	mg l	0-50, 0-50000	0-50, 0-50000	5-125 2.5-250	5-125 2.5-250	5-125 2.5-250
Cl_2	کلر	mg l	0-5.0 0-250	0-5.0 0-250	-	0.02-7.50	0.02-7.50
ClO_2	کلرین دیوکسید	mg l	-	-	-	0.025-5.00	0.025-5.00
CN	سیانید	mg l	0-200	0-200	-	0.01-0.500	0.01-5.00
Cr	کرم	mg l	0-1.0	0-1.0	0.05-2.00	0.05-2.00 0.01-3.00	0.05-2.00 0.01-3.00
Cu	مس	mg l	0-5.0	0-5.0	0.10-8.00	0.10-8.00 0.02-6.00	0.10-8.00 0.02-6.00
F	فلوراید	mg l	0-1.5	0-1.5	-	0.1-1.5	0.1-1.5
Fe	آهن	mg l	0-1.0 0-10	0-1.0 0-10	0.05-4.00	0.05-4.00 1.0-50.0	0.05-4.00 1.0-50.0
GH	سختی کل	mg l	0-500	0-500	5-140 (Ca) 5-50 (Mg)	5-140 (Ca) 5-50 (Mg)	5-140 (Ca) 5-50 (Mg)
H_2O_2	پراکسید هیدروژن	mg l	0-2.0 0-100	0-2.0 0-100	-	2.0-20.0	2.0-20.0

دنباله جدول (٦)- فهرست شاخص‌های قابل اندازه‌گیری به وسیله فتومترهای جدول (٥) و دامنه اندازه‌گیری آنها

0.2-10.0 0.02-9.00	0.2-10.0 0.02-9.00	0.2-10.0	-	-	mg/l	فرماندئید	HCHO
0.02-1.5	0.02-1.5	-	0-0.5	0-0.5	mg/l	سولفید هیدروژن	HS
5.0-50.0	5.0-50.0	5.0-50.0	0-12	0-12	mg/l	پتاسیم	K
0.1-8.0	0.1-8.0	0.1-8.0	0-100	0-100	mg/l	منیزیم	Mg
0.01-10.0	0.01-10.0	-	0-0.03	0-0.03	mg/l	منگنز	Mn
-	-	-	0-15 0-100	0-15 0-100	mg/l	مولیبدات	Mo
0.02-5.00	0.005-2.00	-	0-0.5	0-0.5	mg/l	هیدرازین	N_2H_4
0.5-15.0	0.5-15.0 10-150	0.5-15.0 10-150	-	0-30.0	mg/l	مجموع نیتروژن	N_{tot}
0.01-80.0 درچهار محدوده	0.01-80.0 درچهار محدوده	0.01-80.0 درچهار محدوده	0-0.1	0-0.1	mg/l	نیتروژن آمونیاکی	NH_4-N
0.10-6.00 0.02-5.00	0.10-6.00 0.02-5.00	0.10-6.00	0-10	0-10	mg/l	نیکل	Ni
0.005-1.000 0.02-3.00	0.005-1.000 0.02-3.00	0.02-0.600 0.05-2.00	0-0.5 0-1500	0-0.5 0-1500	mg/l	نیتریت	NO_2-N
0.1-220 در پنج محدوده	0.1-220 در پنج محدوده	0.5-100 در دو محدوده	0-20	0-20	mg/l	نیترات	NO_3-N
0.5-12.0	0.5-12.0	0.5-12.0	0-20	0-20	mg/l	اکسیژن	O_2
0.025-5.00	0.025-5.00	0.025-5.00	0-2.0	0-2.0	mg/l	اوزون	O_3
4.0-40.0 15-300 50-500 300-3500 500-10000	4.0-40.0 15-300 50-500 300-3500 500-10000	4.0-40.0 15-300 50-500 300-3500 500-10000	5-150 20-400 50-2000 500-20000	5-150 20-400 50-2000 500-20000	mg/l	اکسیژن خواهی شیمیایی	COD
0.10-5.00	0.10-5.00	0.10-5.00	-	-	mg/l	سرب	Pb
0.05-90.0 در شش محدوده	0.05-90.0 در شش محدوده	0.05-75.0 درچهار محدوده	0-4.0 0-100	0-4.0 0-100	mg/l	فسفات	PO_4-P
-	0.50-5.00	0.50-5.00	-	-	mg/l Ca	سختی باقیمانده	RH
0.01-5.00	0.01-5.00	-	0-4.0 0-100	0-4.0 0-100	mg/l	سیلیسیم	Si
0.10-2.50	0.10-2.50	-	-	-	mg/l	قلع	Sn
1.0-20.0	1.0-20.0	-	0-500	0-500	mg/l	سولفیت	SO_3
5-250 25-300 100-1000	5-250 25-300 100-1000	5-250 100-1000	0-200	0-200	mg/l	سولفات	SO_4
0.05-2.50 0.2-5.0	0.05-2.50 0.2-5.0	0.2-5.0	0-4.0	0-4.0	mg/l	روی	Zn

علاوه بر دستگاه‌های فتومتر، برخی از شاخص‌ها به کمک شیوه‌های دیگر رنگ‌سنجی نیز قابل اندازه‌گیری می‌باشند. یکی ازاین شیوه‌ها، دیسک‌های مقایسه‌ای چشمی[1] هستند که بر مبنای تطبیق رنگ‌ها عمل می‌کنند و برای هر شاخص یک دیسک خاص موجود است که هر رنگ نشانه یک غلظت می‌باشد و نمونه پس از آمیزش با ماده معرف[2] ، تغییر رنگ می‌دهد و رنگ پدید آمده با رنگ‌های موجود بر روی دیسک مقایسه می‌گردد و بدین ترتیب، غلظت ماده مورد نظر یا مقدار شاخص مورد نظر، تشخیص داده می‌شود.

شرکت «پالین تست»[3] یکی از شرکت‌های تولید کنندهٔ این نوع دیسک‌هاست که برای اندازه‌گیری شاخص‌های زیر، دیسک‌های رنگ‌سنجی مقایسه‌ای مخصوص تهیه نموده است.

جدول (۷)- شاخص‌های قابل اندازه‌گیری توسط دیسک‌های رنگ‌سنجی مقایسه‌ای Palintest

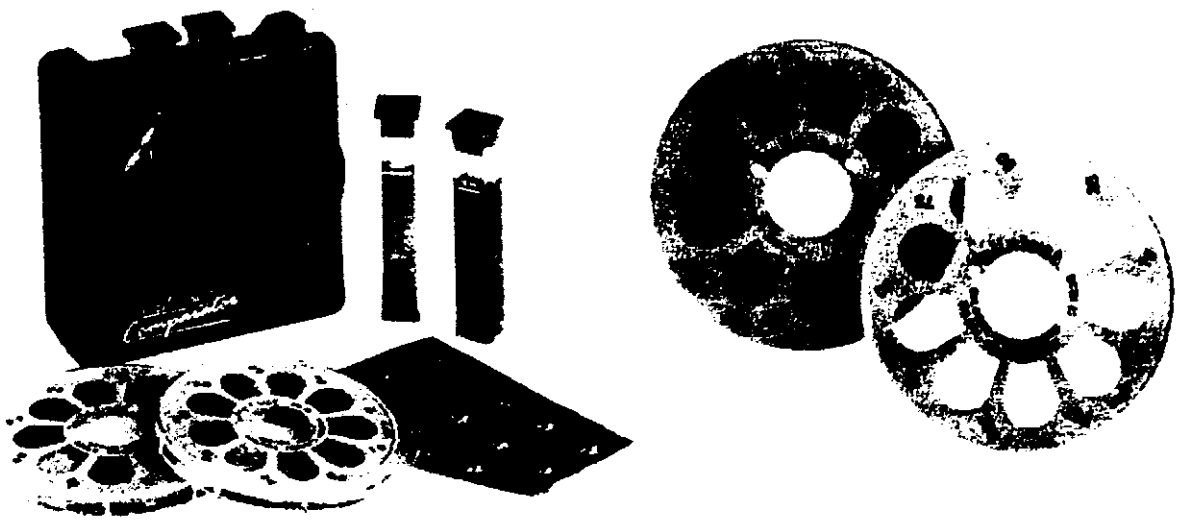
نام شاخص	دامنه سنجش	نام شاخص	دامنه سنجش
قلیائیت	0-250 mg/l	آلومینیوم	0-0.5 mg/l
آمونیاک	0-1.0 mg/l (N)	برم (دو محدوده)	0-8.0 mg/l
کلرین (غلظت بالا، دو محدوده)	0-5.0 mg/l	کلرین (غلظت بالا، دو محدوده)	0-250 mg/l
مس	0-5.0 mg/l	فلوئوراید	0-1.5 mg/l
هیدروژن پروکسید (غلظت پایین)	0-1.0 mg/l	هیدروژن پروکسید(غلظت بالا)	0-100 mg/l
آهن (غلظت پایین)	0-1.0 mg/l	آهن (غلظت متوسط)	0-10
منگنز	0-0.03 mg/l	مولیبدات	0-100 mg/l
نیترات	0-15 mg/l (N)	نیتریت	0-0.4 mg/l (N)
ازون	0-1.0 mg/l	فسفات (غلظت پایین)	0-4.0 mg/l
فسفات (غلظت بالا)	0-100 mg/l	سیلیس	0-4.0 mg/l
سولفید	0-5.0 mg/l	روی	0-4.0 mg/l

شکل(٤)- دو نمونه دستگاه فتومتر به همراه تجهیزات الحاقی

Photometer 7000

Photometer 5000

[1] Camparator & Discs
[2] Reagent
[3] Palintest



شکل (۵)- دستگاه مقایسه‌گر و نمونه‌هایی از دیسک‌های رنگ سنجی مقایسه‌ای

استفاده از قرص‌های معرف شیوهٔ دیگری است که بر این پایه استوار می‌باشد که به حجم معینی از نمونهٔ آب، قرص‌های مخصوص هر شاخص (برای مثال نیتریت) به تدریج افزوده می‌شود تا تغییر رنگ مشخصی که از قبل پیش‌بینی شده است روی دهد. آنگاه مقدار شاخص مورد نظر براساس تعداد قرص‌های مصرف شده برآورد می‌گردد. این روش برای شاخص‌های زیر قابل استفاده است.

انواع قلیائیت (P، M (۰ تا ۱۰۰۰mg/l) و مجموع (۰ تا ۵۰۰mgl) ، سختی کلسیمی و سختی کل (۰ تا ۵۰۰ mg/l)، یون کلراید (۰ تا ۱۰۰۰mg/l و ۰ تا ۲۵۰۰۰ mg/l)، نیتریت (۰ تا ۱۵۰۰mg/l)، سولفیت (۰ تا ۵۰mg/l و ۰ تا ۵۰۰mg/l)، تانن (۰ تا ۲۰۰mg/l).

نوع دیگر این شیوه، استفاده از قطره‌های معرف است که بر اساس چکاندن تعداد معینی قطره از ماده معرف یک شاخص خاص استوار است. تعدادی کارت رنگسنجی مقایسه‌ای نیز برای برخی از شاخص‌ها تهیه شده‌اند که به دیسکت مقایسه‌ای معروفند و بر روی آنها انواع رنگها مربوط به غلظت‌های مختلف یک شاخص در آب چاپ شده‌اند.

جدول(۸)- شاخص‌های قابل اندازه‌گیری در روش رنگسنجی به کمک قطره‌های معرف

شاخص	دامنه (mg/l)	شاخص	دامنه (mg/l)
سیدیته	۰-۱۴۰۰	قلیائیت	۰-۳۰۰ ۰-۱۴۰۰
سختی کلسیمی	۰-۳۰۰ ۰-۶۰۰	دی اکسید کربن	۰-۱۰۰
یون کلراید	۰-۶۰۰	سختی مجموع	۰-۶۰۰
ارگانوفسفونات	۰-۳۰	نیتریت	۰-۱۵۰۰
	۰-۶۰۰	تانن	۰-۳۰۰

۲-۲- پتانسیومتری

روشی برای اندازه‌گیری غلظت یا فعالیت یا توان تحرک یون است که در آن برمبنای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل بین دو الکترود (الکترود مرجع و الکترود شاخص) محاسبات و برآوردها انجام می‌شوند. پتانسیومتری به دو شیوه عمده انجام‌پذیر است، شیوه مستقیم و شیوه تیتراسیونی.

الکترودها نوعی از ابزار اندازه‌گیری هستند که از دو نیمه الکترود با دو جنس متفاوت ساخته شده‌اند و جریان الکتریکی بین آن دو برقرار می‌شود. از الکترودها برای سنجش سه کمیت بهره‌گیری می‌شود: آ) توان فعالیت یونی[1] ب) قدرت اکسیداسیون و احیا[2] پ) قابلیت تحرک یونی[3]

در حالت (آ) یک ضربان الکتریکی به وسیله الکترود ایجاد می‌شود که به توان فعالیت یونی در محلول بستگی دارد. در حالت (ب) واکنش اکسیداسیون- احیا ایجاد شده در الکترود، ضربان الکتریکی تولید می‌کند که به غلظت بستگی دارد. در حالت (پ) الکترود قابلیت رسانش الکتریکی محلول را اندازه می‌گیرد که به قابلیت تحرک و غلظت یون‌های موجود در محلول بستگی دارد.

۲-۲-۱- پتانسیومتری مستقیم

در این روش، پتانسیل (ولتاژ) بصورت تقریباً مستقل از جریان ($I = 10^{-12}$ آمپر) نسبت به الکترود مرجع اندازه‌گیری می‌شود . مقدار اندازه‌گیری شدهٔ پتانسیل، رابطه مستقیم با غلظت دارد. معمولاً pH و پتانسیل اکسیداسیون- احیا و یون‌های قابل سنجش به وسیله الکترودهای انتخابگر[4]، شاخص‌هایی هستند که به شیوه پتانسیومتری مستقیم اندازه‌گیری می‌شوند.

۲-۲-۲- پتانسیومتری تیتراسیونی

در این روش، تغییرات پدید آمده در پتانسیل به صورت تقریباً مستقل از جریان ($I = 10^{-12}$ آمپر) اندازه‌گیری می‌گردد. سطح پتانسیل در درجه دوم اهمیت قرار دارد و سرعت و حساسیتی که در آن تغییرات غلظت می‌تواند ثبت گردد، قابل انتخاب می‌باشند. مقدار غلظت مورد نیاز به کمک یک محلول استاندارد تعیین می‌شود. سپس منحنی تغییرات ولتاژ برحسب حجم محلول معرف مصرف شده ترسیم شده و از روی نقاط عطف یا شکست منحنی، غلظت یون مورد نظر از راه محاسبه بدست می‌آید. روش تیتراسیون برای اندازه‌گیری ترکیبات بسیاری از عناصر در حد ppm تا درصد (٪) مناسب می‌باشد.

1-Ion Activity
2-Oxidation and reduction strength
3-Ionic mobility
4-Ion selective

۲-۳- ولتامتری

روش ولتامتری برای اندازه‌گیری عناصر کمیاب کاربرد خوب و دقت بسیار بالایی دارد. جدول زیر حداقل غلظت قابل اندازه‌گیری عناصرکمیاب توسط این روش را نمایش می‌دهد.

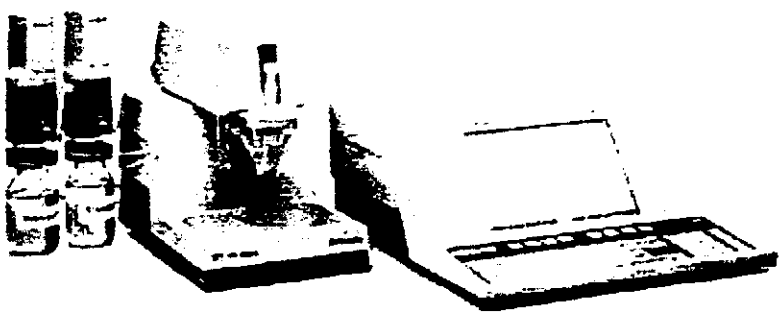
جدول (۹)- مهمترین عناصر قابل ردیابی توسط روش ولتامتری و حداقل غلظت مربوطه

نام	علامت شیمیایی	حداقل غلظت (ppt)
آنتیموان	Sb	۵۰۰
آرسنیک	As	۱۰۰
بیسموت	Bi	۵۰۰
کادمیم	Cd	۵۰
کرم	Cr	۲۵
کبالت	Co	۵۰
مس	Cu	۵۰
آهن	Fe	۲۰۰
سرب	Pb	۵۰
جیوه	Hg	۱۰۰
مولیبدن	Mo	۵۰
نیکل	Ni	۵۰
پلاتین	Pt	۰.۱
رودیوم	Rh	۰.۱
تالیم	Tl	۵۰
تنگستن	W	۲۰۰
اورانیوم	U	۲۵

یک در تریلیون = ۱ppt = 1 ng/kg

روش ولتامتری همچنین برای اندازه‌گیری برخی از ترکیبات خاص آلی مانند ویتامین‌ها، کربوکسی بنزآلدئید. استایرن و پاره‌ای از ترکیبات دارویی و آفتکش، به علاوه برخی از آنیون‌های مهم مانند سیانید، نیتریت و نیترات هم مناسب و قابل استفاده است.

این روش به وسیله یک مجموعه دو الکترودی بنام «استاند»، یک ولت متر. یک گالوانومتر و یک دستگاه ثبت‌کننده، مقادیر جریان عبور کرده از محلول نمونه را در ولتاژهای مختلف ثبت می‌نماید و از روی منحنی تغییرات ولتاژ- جریان و مقایسه آن با نمونه شاهد، نسبت به نوع و غلظت شاخص مورد نظر قضاوت می‌شود.



شکل(٦)- یک مجموعه دستگاههای اندازه گیری به روش ولتامتری

همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی
۲۵ بهمن ماه ۱۳۸۰

اثرات کاربرد روش آبیاری قطره‌ای در بهبود وضعیت بهره‌برداری از پساب فاضلاب شهری

پیام نجفی[۱]، سید فرهاد موسوی[۲] و محمدجواد عابدی[۳]

چکیده

رشد روزافزون جمعیت شهری، وجود حجم عظیمی از فاضلاب ناشی از مراکز جمعیتی و نگرانی‌های زیست محیطی از سویی و کمبود منابع آب شیرین از سوی دیگر، ضرورت بهره‌برداری مطلوب از پساب فاضلاب شهری را گوشزد می‌کند.

در ایران تاکنون در زمینه اثرات کاربرد پساب فاضلاب روی خاک و محصولات، تحقیقات پراکنده‌ای صورت گرفته است ولی مبحث مدیریت توزیع پساب در خاک و شیوه‌های بهره‌برداری از آن مورد توجه نبوده است. مدیریت صحیح وکاربرد روش‌های بهره‌برداری مطلوب می‌تواند بسیاری از نگرانی‌های زیست محیطی را کاهش دهد.

در این تحقیق، با توجه به کیفیت پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب اصفهان، سیستم آبیاری قطره‌ای به همراه فیلتراسیون متناسب طراحی گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان‌دهندهٔ بهبود وضعیت بهره‌برداری از فاضلاب تصفیه شده، خصوصاً در شرایط آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، است.

۱- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان اصفهان
۲- استاد گروه آبیاری دانشگاه صنعتی اصفهان
۳- استاد گروه آبیاری و عضو هیئت دانشگاه آزاد اسلامی

مقدمه

در شرایطی که کشور به شدت از لحاظ کمبود منابع آب شیرین رنج می‌برد و در درازمدت مسئله بحران منابع آب به صورت یک مسئله جدی مطرح است، توجه به منابع غیر متعارف آب یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است.

از سوی دیگر، متمرکز شدن مراکز جمعیتی و صنعتی در نقاط مختلف، باعث شکل‌گیری حجم بالایی از پساب فاضلاب می‌گردد که عدم توجه به یافتن بهترین شیوه‌های دفع آن، مشکلات زیست محیطی زیادی را در اطراف این نقاط به همراه خواهد آورد. بررسی‌ها نشان داده است که بهترین شیوهٔ دفع پساب فاضلاب، پس از انجام مراحل قراردادی تصفیه، کاربرد آن در کشاورزی است (Pescod, 1992).

از آنجایی که پساب فاضلاب جزو منابع غیر متعارف آب محسوب می‌شود، کاربرد آن در کشاورزی نیازمند مدیریت خاصی است که ضمن بهره‌گیری مطلوب از آن، مخاطرات زیست محیطی و بهداشتی را در خاک، گیاه و منابع آب سطحی و زیرزمینی به همراه نداشته باشد (Tanji, 1997). در این زمینه، Pescod (۱۹۹۲) مزایا و معایب کاربرد روش‌های مختلف آبیاری را در هنگام بهره‌برداری از پساب فاضلاب مورد مقایسه قرار داده و نتیجه گرفته است که روش آبیاری قطره‌ای تنها روشی است که مشکلات خاص ناشی از کاربرد پساب را مرتفع می‌نماید.

همچنین Oron و همکاران (۱۹۹۹) مزایای زیر را برای کاربرد روش قطره‌ای در هنگام بهره‌برداری از پساب فاضلاب ذکر می‌نماید:

- کاهش تبخیر
- کاهش رواناب سطحی
- کاهش نفوذ عمقی
- کنترل بهتر علف‌های هرز
- افزایش راندمان علف‌کش‌ها و در نتیجه کاهش آلودگی منابع خاک و آب
- کاهش آلودگی شاخ و برگ و محصول کشت شده
- کاهش تماس مستقیم عموم و کارگران با آب آلوده
- امکان طراحی در سطح ایستابی بالا، خاک سنگین و منطقهٔ پرشیب و بادخیز
- کنترل بهتر سیستم آبیاری
- بسته بودن مجاری انتقال پساب

علاوه بر آن، Lauver (۲۰۰۰) در تحقیقی موازنهٔ جرمی ناشی از آلودگی نیتراتی در اثر کاربرد پساب فاضلاب شهری در منطقهٔ آریزونا آمریکا را مورد مطالعه قرار داده و امکان آلودگی نیتراتی آب زیرزمینی

را در اثر کاربرد بدون کنترل فاضلاب مذکور زیاد دانسته است. در حالی که Phene و Ruskin (۱۹۹۸) در تحقیق دیگری نشان داده‌اند که کاربرد روش‌های قطره‌ای و قطره‌ای زیرسطحی در زمینهٔ کنترل حرکت نیترات بسته به وضعیت خاک، آب و شرایط توسعهٔ ریشه گیاهان تحت آبیاری موفق بوده است.

Oron و همکاران (۱۹۹۲) با بکار بردن پساب فاضلاب در مزارع آزمایشی واقع در فلسطین اشغالی به این نتیجه رسیده‌اند که در مواقعی که از سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده می‌شود، آلودگی سطوح خاک و گیاه حداقل و زمانی که از سیستم بارانی استفاده می‌شود، مقدار آلودگی حداکثر خواهد بود. همچنین نتایج حاصل از این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرزمینی مقدار نیتروژن در عمق ۳۰ الی ۶۰ سانتیمتری نسبت به آبیاری قطره سطحی کمتر بوده، و در نتیجه نیتروژن و فسفر وقتی که منبع آب نزدیک ریشه گیاه واقع شده باشد، بهتر جذب می‌شوند. در مقابل Korom و Jeppson (۱۹۹۴)، در یک مطالعهٔ موردی نشان می‌دهند که در هنگام استفاده از روش آبیاری سطحی با پساب فاضلاب، ۲۴ درصد از ازت کل موجود در پساب فاضلاب آبشویی و از دسترس گیاه خارج شده است.

در بررسی دیگری Oron و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که روش قطره‌ای زیرسطحی در مقایسه با روش قطره‌ای سطحی آلودگی‌های بیولوژیک کمتری را وارد محیط خاک سطحی نموده و در نتیجه نگرانی‌های ناشی از تماس مستقیم کارگران با خاک سطحی را کاهش می‌دهد. علاوه بر اینها، فیلتراسیون آبیاری قطره‌ای، در بهبود کیفیت آب آبیاری بسیار مؤثر است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که یک صافی با قطر مؤثر ۱۰۴ میلیمتر و با بار ۱۳/۸ $gal/ft^2/day$ می‌تواند ۹۶ درصد از BOD_5 را کاهش دهد (Venhuizen, 1996). همچنین بررسی‌های Piluk (۱۹۹۵) نشان می‌دهد که از میان دانه‌بندی‌های مختلف فیلترها، دامنهٔ بین ۱ تا ۶ میلیمتر با بار ۱۰-۶ $gal/ft^2/day$ می‌تواند بهترین تأثیر را در کاهش باکتری‌های شاخص موجود در پساب فاضلاب داشته باشد. این فیلتر با ضخامت ۲۴ تا ۳۶ اینچ، در کاهش ازت کل (TN) تا حدود ۷۵ درصد مؤثر بوده است. همچنین مؤسسهٔ Geoflow (۲۰۰۰) در شرایط BOD_5 کمتر از ۲۵ mg l فیلتر نواری ۱۰۰ میکرون را توصیه می‌نماید.

بررسی‌های مختلفی در زمینهٔ فاصلهٔ قطره‌چکان‌ها در هنگام استفاده از فاضلاب، انجام شده است که از جمله می‌توان به تحقیق Ruskin (۲۰۰۰) اشاره نمود. وی توصیه می‌کند که در شرایط خاک سنگین با سطح BOD_5 کمتر از ۲۰ mg/l و دبی ۴ $lit/h/ft^2$، یک قطره‌چکان مناسب است.

مواد و روش‌ها

تصفیه‌خانهٔ فاضلاب جنوب اصفهان در ضلع جنوب شرقی شهرستان اصفهان واقع است و فاضلاب جمعیتی بالغ بر ۸۰۰۰۰۰ نفر از شهر اصفهان را تصفیه و بخشی از پساب خروجی را به رودخانهٔ

زاینده‌رود تخلیه و بخش کوچکتری را برای آبیاری باغ‌ها و فضای سبز اطراف مصرف می‌نماید. این تصفیه‌خانه مجهز به روش تصفیه لجن فعال است و فرآیند تصفیه ثانویه در آن بطور کامل انجام می‌شود. به منظور اجرای تحقیق، در مجاورت تصفیه‌خانه مذکور، قطعه زمینی انتخاب گردید، به نحوی که پساب خروجی تصفیه‌خانه قابل دسترس باشد. ایستگاه پمپاژ آبیاری قطره‌ای طراحی و به شبکهٔ خروجی پساب فاضلاب متصل گردید. فیلتراسیون به ترتیب شامل فیلتر شنی و فیلتر توری بوده و فیلتر شنی در دو لایهٔ ریز و متوسط که لایهٔ فوقانی با قطر مؤثر ۰/۵ میلیمتر و به ضخامت ۶۰ سانتیمتر و لایه تحتانی با قطر مؤثر ۱ میلیمتر و به ضخامت ۳۰ سانتیمتر طراحی گردید. فیلتر توری نیز با توری فلزی ۱۰۰ میکرون، بعد از فیلتر شنی نصب گردید. حداکثر بار هیدرولیکی ۲/۵ $m^3/h/m^2$ فرض گردید. برای تزریق پساب به خاک تیمارهای زیر اعمال گردید:

تیمار ۱: آبیاری جوی و پشته با عرض پشتهٔ ۷۵ سانتیمتر با آب معمولی

تیمار ۲: آبیاری قطره‌ای سطحی با پساب فاضلاب

تیمار ۳: آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتیمتر با پساب فاضلاب

تیمار ٤: آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۳۰ سانتیمتر با پساب فاضلاب

تیمار ۵: آبیاری جوی و پشته با عرض پشته ۷۵ سانتیمتر با پساب فاضلاب

پساب فاضلاب از طریق تیمارهای فوق به مزرعه طراحی شده که در آن گیاه گوجه‌فرنگی کشت گردیده بود، تزریق گردید. همچنین فاصله قطره‌چکان‌ها ۳۰ سانتیمتر در روی ردیف در نظر گرفته شد. طرح در یک دورهٔ سه ماهه از خرداد لغایت شهریور ۱۳۸۰ اجرا گردید.

نتایج و بحث

در طی مدت اجرای تحقیق از پساب فاضلاب قبل از فیلتراسیون و همچنین بعد از فیلتراسیون در محل قطره‌چکان‌ها نمونه‌برداری شد. میانگین برخی از پارامترهای اندازه‌گیری شده، در جدول ۱ نشان داده شده است. جدول ۱ نشان می‌دهد که مقادیر BOD_5 و TSS بعد از عبور از فیلتر به کمتر از ۲۵ mg/l رسیده است. همچنین فیلتراسیون حدود ۸۱ درصد از ازت کل و بیش از ۹۰ درصد از شاخص‌های بیولوژیک پساب را کاهش داده است.

جدول (۱)- مقایسهٔ میانگین برخی از پارامترهای کیفی پساب قبل و بعد از فیلتراسیون سیستم آبیاری قطره‌ای و بازده حذف فیلتر

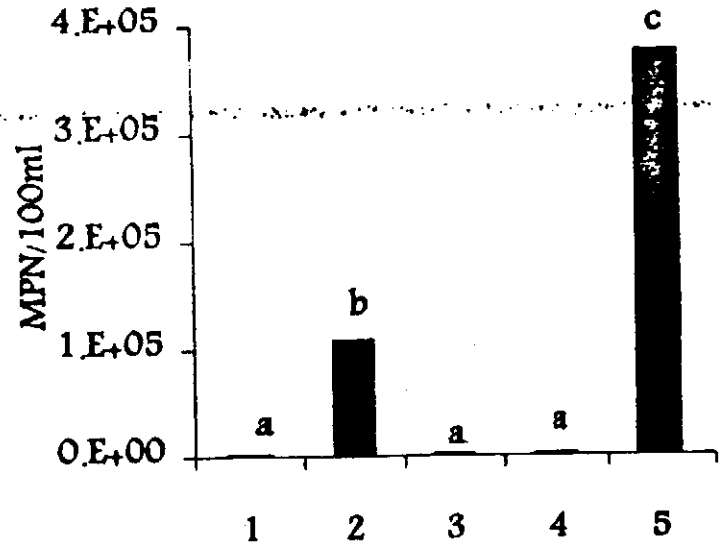
پارامتر	واحد	قبل از صافی	بعد از صافی	بازده حذف برحسب درصد
BOD5	mg/l	۳٤/٤	۱۷/۱۵	۵۰/۱
تعداد کل باکتری‌ها	N/ml	$۸/٦ \times ۱۰^{٦}$	$۹/۳ \times ۱۰^{۱}$	۹۸/۹۲
تعداد کل کلیفرم	MPN/100ml	$٤/٦ \times ۱۰^{٦}$	$۱/۱ \times ۱۰^{۵}$	۹۷/٦۱
کلیفرم مدفوعی	MPN/100ml	$۳/٤ \times ۱۰^{٤}$	$۲/۳ \times ۱۰^{۳}$	۹۳/۲٤
تعداد تخم انگل	N/L	۳/۵	۱/۵	۵۷/۱٤
TN	mg/l	۳۳/۹	٦/٤	۸۱
NO_3	mg/l	۱/۲۸	۰/٦۱	۵۲
NH_4	mg/l	۲۹/۱٦	٤/٦۲	۸٤
TSS	mg/l	٤۳/۷	۲٤/۲۵	٤٤

علاوه بر آن، بلافاصله بعد از آبیاری در چندین نوبت از خاک سطحی نمونه‌برداری شده و مقادیر کل کلیفرم و کلیفرم‌های مدفوعی سطح خاک اندازه‌گیری شد. براساس آزمون دانکن، نتایج حاصل از مقایسهٔ مقادیر این پارامترها در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که تیمار ۵ آلوده‌ترین شرایط را داشته، در حالی که بین تیمارهای ۱، ۳ و ٤ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل‌های ۱ و ۲).

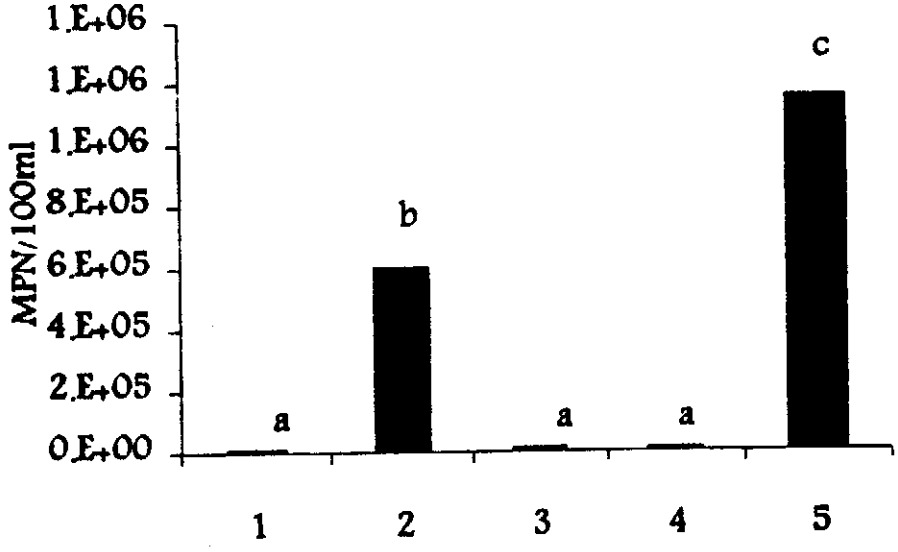
همچنین، پس از پایان اجرای طرح، از محصول گوجه‌فرنگی نمونه‌برداری شد و تعداد تخم انگل و مقادیر کلیفرم‌های مدفوعی اندازه‌گیری گردید. شکل‌های ۳ و ٤ میانگین نتایج این آزمایش را نشان می‌دهد. براساس شکل ۳، بیشتر مقدار تخم انگل در تیمار ۵ مشاهده شد در حالی که تعداد تخم انگل، در تیمارهای ۱، ٤ و ۳ به ترتیب کم شده و بین آنها اختلاف معنی‌داری براساس آزمون دانکن مشاهده نشده است. همچنین همین روند در مورد مقادیر کلیفرم‌های مدفوعی مشاهده می‌شود (شکل ٤).

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

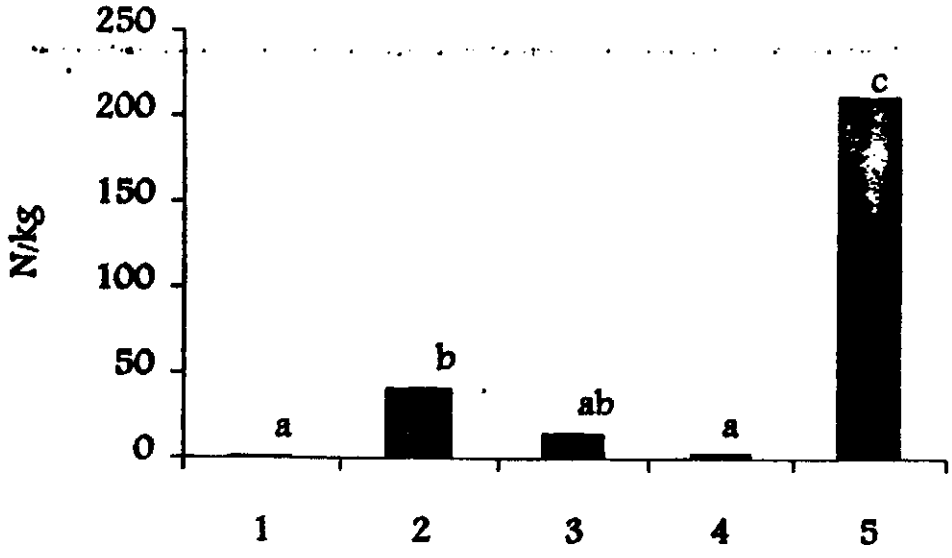
بهترین شیوه دفع پساب فاضلاب پس از انجام مراحل تصفیه، کاربرد آن در کشاورزی است. ولی به لحاظ شرایط خاص پساب فاضلاب تصفیه شدهٔ شهری، به منظور حفظ شرایط زیست محیطی، مدیریت خاص بهره‌برداری از پساب حائز اهمیت زیادی است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که فیلتراسیون روش آبیاری قطره‌ای در بهبود کیفیت پساب مورد استفاده در آبیاری محصولات نقش مؤثری دارد به طوری که در شرایط این تحقیق، بازده حذف شاخص‌های بیولوژیک بیش از ۹۰ درصد بوده و همچنین میزان مواد معلق و BOD_5 به حدود نصف کاهش یافته است.



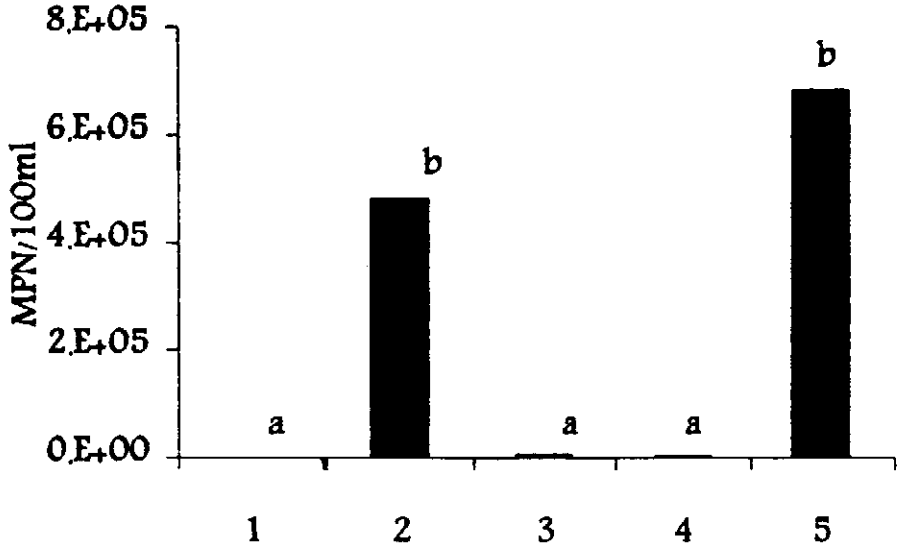
شکل (۱)- مقایسه مقادیر کلیفرم‌های مدفوعی بلافاصله بعد از آبیاری در خاک سطحی تیمارهای مختلف



شکل (۲)- مقایسه مقادیر کل کلیفرم بلافاصله بعد از آبیاری در تیمارهای مختلف



شکل (۳)- مقایسه مقدار تخم انگل در تیمارهای مختلف گوجه‌فرنگی برحسب N/kg



شکل (٤)- مقایسه مقادیر کلیفرم‌های مدفوعی در تیمارهای مختلف گوجه‌فرنگی

همچنین بررسی‌های این تحقیق نشان داد که از میان تیمارهای مختلف، در آبیاری غرقابی با پساب فاضلاب، خاک سطحی و محصول آلوده‌ترین شرایط را داشته در حالی که در شرایط استفاده از روش قطره‌ای زیرسطحی، آلودگی‌های خاک سطحی و محصول اختلاف معنی‌داری با شرایط استفاده از آب معمولی را نشان نمی‌دهند. بر این اساس، استفاده از روش آبیاری قطره‌ای، خصوصاً روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، در شرایط بهره‌برداری مجدد از پساب فاضلاب تصفیه شده شهری توصیه می‌شود.

منابع

1- Geoflow, Inc. 2000. Design, installation and maintenance manual of small systems. Available on internet, (www. Geoflow. Com).

2- Korom. S. F. and R. W. Jeppson. 1994. Nutrient leaching from alfalfa irrigation with municipal wastewater. ASCE. J. Environ. Eng. 120 (5): 1067 – 1081.

3- Lauver. L. 2000. Nitrogen mass balance for municipal wastewater. Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management. 4(1): 36 – 38.

4- Oron. G. Demalach. Y.. Hoffman. Z.. and Y. Manor. 1992. Effect of effluent quality and application method on agricultural productivity and environmental control. Water Sci. Tech. 26 (7/8): 1593 – 1601.

5- Oron. G.. Campos, C.. Gillerman, L. and M. Salgot. 1999. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. Agricultural Water Management. No. 38. pp. 223 – 234.

6- Pescod. M. B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO. Irrigation and Drainage Paper. No. 47. 113 P.

7- Phene. C. J. and R. Ruskin. 1998. Nitrate management of wastewater with subsurface drip irrigation. Geoflow Inc. Available on internet. (www. Geoflow. com).

8- Piluk. R. J. 1995. Small recirculating sand filters for individual homes. Proc. of Seventh National Symposium on Individual and Small Community Sewage. October. 1995. NC State University. Available in internet. (Plymouth. ces. stat. ns. us).

9- Ruskin. R. 2000. Wastewater disposal and wastewater reuse. Available in internet, (www. geocities. com).

10- Tanji. K. K. 1997. Irrigation with marginal quality waters. ASCE. J. of Irrig. and Drain. Eng.. 123 (3): 165 – 169.

11- Venhuizen. D. 1996. Intermitten sand filters. Available in Internet. (www. emro. who. int).

همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی
۲۵ بهمن ماه ۱۳۸۰

راهکارهای استفاده مجدد از پساب‌های کشاورزی

محمد باقری[۱]

۱- چکیده:

راهبری و بکارگیری مکانیزم‌های اجرائی در جهت استفاده مجدد از پساب‌ها با ذخیره‌سازی و تأمین آب کشاورزی درکوتاه‌ترین زمان ممکن با نازلترین هزینه در قالب آب‌های برگشتی (مازاد آب کشاورزی، پساب‌های شهری و روستائی، زهاب‌ها سطحی و زیرزمینی) در مناطق و اراضی فاقد آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی نه چندان مطلوب دردشت‌های شالیزاری و آبی بخش‌های شمالی استان مازندران از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است، با توجه به میزان مصرف آب در واحد سطح به مقدار متوسط ۱۲۵۰۰ متر مکعب در یک دوره آبیاری با لحاظ نمودن ۱۵ درصد راندمان آب‌های برگشتی (پساب‌ها) ارزش والای بهره‌وری از آب‌های برگشتی را بیشتر نمایان می‌نماید، مضافاً اجرای پروژه‌های محدود و منطقه‌ای همانند لایروبی و احداث رزروارهای دشتی (آببندان‌ها)، ترمیم و لایروبی زهکش‌ها، گسترش ایستگاه‌های پمپاژ، اجرای تمهیدات ساده به منظور بهره‌برداری از سفره‌های آب‌های سطحی، حفر و بهره‌برداری از چالاب‌ها، چاه‌های دهانه گشاد و... ، بکارگیری سرمایه‌ها و تسهیلات بخش‌های دولتی و خصوصی (مشارکت مدنی)، واگذاری (اجراء، بهره‌بردرای، حفاظت) به بهره‌برداران در قالب تشکل‌های آبیاری و... مسائل مطروحه و مدنظر مقاله پیوست می‌باشد.

۲- پیشگفتار

ما حصل مطالعات انجام شده در زمینه آب کشاورزی در استان مازندران با شاخص‌های عمده زیر:

۱- دبیر کمیته آبیاری و زهکشی مازندران و گلستان (عضو کمیته ملی)

بیش از ۳۱۰ هزار هکتار اراضی زیر کشت (۲۳۰ هزار هکتار شالی + ۸۰ هزار هکتار سایر محصولات آبی) با قابلیت افزایش سطح زیر کشت آبی تا ٤٦٠ هکتار، ٤/۹ میلیارد متر مکعب منابع آب‌های سطحی، ۱/۷ میلیارد متر مکعب منابع آب‌های زیرزمینی فاقد محدودیت با بهره‌برداری به ترتیب ۱/۵۵۰ و ۱/۱۰۰ آب‌های سطحی و زیرزمینی درسال با لحاظ نمودن مفاد برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی در بخش آب و به منظور دستیابی وتحقق اهداف پیش‌بینی شده در آن، نگرشی به وضعیت اعتبارات عمرانی بخش آب، هزینه های سنگین سازه‌های تولید و عرضه آب، بهره‌بردرای بهینه از مجموعه پتانسیل‌های موجود در شبکه‌های آبیاری و زهکشی، جلب مشارکت بهره‌برداران کشاورز در ساختار اقتصادی، اعمال شیوه‌های کارا در بهره‌وری از منابع آب و خاک، ارزیابی نه چندان موفق مدیریت دولتی در نگهداری و بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اجرای مواد قانونی و تبصره‌های آن در بخش آب و کشاورزی از جمله، دستیابی به توسعه پایدار، برآورد نیازها در بخش آب وکشاورزی و... می‌توان با سرمایه‌گذاری و مدیریت و مشارکت کشاورزان در شبکه‌های آبیاری و زهکشی به نحو چشمگیری از پساب‌های حاصله در بخش‌های شمال دشت‌های مازندران استفاده نمود. تجربیات موجود در مازندران حاکی از موفقیت این شیوه بهردبرداری از منابع آب توسط کشاورزان می‌باشد.

۳- اهداف

هدف از تهیه مقاله مذکور ارائه طریق جهت ذخیره‌سازی، بهره‌برداری، مدیریت بر پساب‌ها (آب‌های برگشتی) از اراضی شالیزاری در قسمت‌های شمالی دشت‌های مازندران است.

رئوس اهداف مورد نظر به شرح زیر می‌باشد:

۳-۱- ذخیره‌سازی و بهره‌برداری پساب‌ها (شامل مازاد آب کشاورزی اراضی بالادست، پساب‌های روستائی .شهری، زهاب‌ها) برای اراضی شالیزاری فاقد حقابه و منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی در بخش‌هائی از دشت‌های شمالی و حواشی دریای خزر

۳-۲- صرفه‌جوئی در هزینه‌های احداث سدهای مخزنی، انحرافی، کانال‌های آبرسانی

۳-۳- واگذاری و مدیریت شبکه‌های آبیاری (سنتی) از نظر بهره‌برداری، نگهداری، حفاظت و سرمایه‌گذاری در آنها به بهره برداران کشاورزی

۳-٤- حذف بخشی از تعهدات مالی دولت از طریق مشارکت کشاورزان در تأمین، تولید، عرضه آب

۳-۵- افزایش راندمان آبیاری در شبکه‌های آبیاری سنتی، تلفیقی، مدرن از طریق استفاده مجدد از آب و بهبود، تضمین نسبی آب کشاورزی در اراضی پائین بند و فاقد منابع

۳-۶- تأمین و تولید مقدار متنابهی مواد پروتئین آبزی، در آببندان‌های شمالی دشت به دلیل ذخیره پساب‌ها، حفظ محیط زیست و اکوسیستم، شکار پرندگان در منابع آببندان‌هائی که از طریق آب‌های برگشتی تأمین آب می‌شوند.

۴- آب‌های برگشتی (پساب‌ها)

بررسی‌ها و مطالعات نشان می‌دهد که ۱۵۰ هزار هکتار اراضی شالیزاری در بخش‌های بالائی و میانی دشت‌های مازندران زیر پوشش حوزه‌های آبریز نکارود، تجن، تالار، سیاهرود، بابلرود، هراز، چالوس، چشمه کیله و ده‌ها آبراهه موجود در فصول زراعی دارای پساب با کیفیت خوب می‌باشند. اما به دلیل عدم ذخیره‌سازی و بهره‌برداری مطلوب از طریق ۱۲۵ رشته زهکش به طول بیش از ۴۳۵ کیلومتر به استثناء بخش بسیار محدودی از آن به ویژه در سال‌های تر و متوسط مابقی به دریا و مانداب‌های انتهائی دشت‌ها تخلیه می‌گردد، کل پساب‌ها از حوزه‌های مورد نظر بالغ بر ۶۰۰ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد.

۵- عوامل مؤثر در تولید آب‌های برگشتی (پساب‌ها)

بارندگی‌های فصول زراعی در اراضی شالیزاری، وضعیت توپوگرافی و مرفولوژیکی دشت‌های شالیزاری مازندران ،سطح ایستابی، نوع و بافت خاک، ظرفیت مزرعه‌ای به دلیل نفوذپذیری محدود، ضخامت لایه‌های نفوذپذیر، استحصال از مجموعه منابع آب در اراضی بالا و میان‌بند، هدایت پیش از نیاز آب به اراضی بالادست، محدودیت و عدم وجود شبکه انهار در اراضی پائین‌بند و میان‌بند، افزایش اراضی شالیزاری در بخش‌های بالائی دشت در دو دهه گذشته، انتخاب واریته‌های دیررس و افزایش دوره آبیاری از ۸۰ روز به ۱۲۰ روز، تغییرات تکنیک در کشاورزی با کاربری ماشین‌آلات سنگین و فشرده شدن اراضی، بهره‌برداری و استحصال منابع آب‌های زیرزمینی در اراضی بالا و میان‌بند و...

۶- کیفیت و نقش پساب‌ها (آب‌های برگشتی) بر راندمان آبیاری

نامنتظم بودن ریزش‌های جوی سالانه با نیاز شلتوک در دوره زراعی، عدم مهار آب‌های سطحی، نبود شبکه‌های آبیاری در اراضی پائین‌بند، ضعف آبخوان‌ها از نظر کمی‌و کیفی در اراضی شمالی دشت‌ها، گسترش رو به تزاید اراضی شالیزاری در حواشی دریا و بخش‌های شمالی دشت‌ها، انحصاری و غیر قابل رقابت بودن ارزش برنج با سایر محصولات زراعی و باغی در منطقه و... عمده‌ترین فاکتورهای کمبود آب

و ناچاراً عوامل الزام‌آور در استفاده از آب‌های برگشتی محسوب می‌شوند. نتایج آزمایشات انجام شده بر روی نمونه‌های پساب‌ها در دوره آبیاری از نقاط تخلیه نشان می‌دهد :

۶-۱- بیش از ۹۰ درصد از مجموعه آب‌های برگشتی (نمونه‌ها) دارای هدایت الکتریکی (EC) ۱۵۰۰ تا ۴۵۰ میکرومهوس بر سانتیمتر با اسیدیته (PH) بین ۸-۷ بوده است، بنابراین هیچگونه محدودیتی برای کشت شلتوک‌نخواهند داشت.

۶-۲- ۳۰۰۰۰ هکتار از اراضی شالیزاری در بخش شمالی دشت مازندران فاقد حقابه و یا با کمبود حقابه مواجه هستند که نیاز به تأمین آب از طریق پساب‌ها دارند.

۶-۳- محاسبات و برآوردها نشان می‌دهد آب‌های برگشتی حتی در شرایط موجود با حجم حداقل ۳۹۰ میلیون متر مکعب قادرند راندمان آبیاری را به میزان حدقل ۱۵ درصد افزایش دهند زیرا :

۶-۳-۱- کل اراضی زیر پوشش آب‌های برگشتی بالغ بر ۳۰۰۰۰ هکتار می‌گردد.

۶-۳-۲- یکی از عمده‌ترین منابع تأمین‌کننده آب آب‌های زیرزمینی (سفره‌های سطحی و نیمه عمیق در میان‌بند و پائین‌بند از طریق آب‌های برگشتی و مازاد بر مصرف آب اراضی بالابند و پساب‌های تأمین می‌گردد.

۶-۳-۳- تأمین بخش عمده‌ای از آب ۴۰۰ واحد آبیندان به مساحت بالغ بر ۸۰۰۰ هکتار در اراضی شمالی دشت از طریق آب‌های برگشتی تأمین آب می‌گردند.

۶-۳-۴- تعداد موتور پمپ‌هائی که از طریق پساب‌ها موجب تأمین آب کشاورزی می‌شود بالغ بر ۵۰۰۰ دستگاه می‌باشد.

۷- نتیجه‌گیری طرح بهره‌برداری از پساب‌ها (آب‌های برگشتی)

به منظور بهره‌بردرای از مجموعه آب‌های برگشتی (پساب‌ها) پروژه‌های زیر قابل اجراست:

۷-۱- لایروبی رزروارهای دشتی - آبیندان‌ها

آبیندان‌ها به عنوان قدیم‌ترین، عمده‌ترین، مؤثرترین منابع ذخیره، تأمین و تنظیم و تضمین آب کشاورزی در مناطق شمالی دشت‌های شالیزاری مازندران محسوب می‌گردند، آبیندان‌ها استخرهائی هستند مصنوعی که دراراضی شالیزاری احداث شده از انباشت پساب‌ها اراضی بالادست تأمین می‌شوند، آبگیری در تمام فواصل سال انجام می‌گردد. به ازاء یک یا چند روستا در بخش شمالی دشت یک آبیندان وجود دارد و جزء لاینفک اراضی حقابه‌بران روستاهاست، بهره‌برداری، نگهداری، حفاظت آبیندان‌ها بدون

حق تغییر در سطح و حجم به عهده کشاورزان حقابه‌بر می‌باشد. وسعت آنها از چند تا چند صد هکتار متغیر است. حجم آببندان‌ها در شرائط حاضر در بخش شمالی دشت‌ها بالغ بر ۲۰۰ میلیون متر مکعب است که در صورت لایروبی بستر، دیواره‌سازی، شیب‌بندی، احداث آببندان‌ها جدید بر بخش‌های شمالی دشت و هدایت آب‌های برگشتی اراضی بالادست با آن می‌توان حجم آنرا تا ٤۰۰ میلیون متر مکعب افزایش داد.

۷-۲- احداث رزروارهای جدید

بخش عمده‌ای از اراضی شمالی دشت مازندران که اصولاً می‌توان اراضی قابل توسعه اطلاق گردد. به دلیل کمبود آب‌های سطحی و لب شور بودن منابع آب‌های زیرزمینی به صورت غیر قابل کشت، دیم، باغات کم بازده، آیش و...با راندمان بسیار کم، کشت و بهره‌برداری می‌گردند، در صورت احداث آببندان‌های جدید و هدایت آب‌های برگشتی اراضی در فصول زراعی و انتقال آب از طریق پمپاژ آب‌های سطحی رودخانه‌های بلافصل می‌توان حجم قابل برداشت آب کشاورزی را تا ٦۰۰ میلیون متر مکعب در سال افزایش داد.

۷-۳- مرمت و لایروبی زهکش‌ها

زهکش‌ها آبراهه‌هائی هستند طبیعی یا مصنوعی که در امتداد جنوب به شمال در کلیه مناطق دشتی (میان‌بند و پائین‌بند) پراکنده‌اند، زهکش‌ها عامل هدایت و تخلیه کلیه رواناب‌ها، زهاب‌ها، آب مازاد کشاورزی و... (پساب‌ها) در سطح ۱۵۰ هکتار از اراضی را به عهده دارند به منظور بهره‌برداری و تسهیل جریان در زهکش‌ها و هدایت آب‌های برگشتی اراضی جنوبی دشت به شمالی در طول ۲۰۰ کیلومتر نیاز به لایروبی کف و بستر، ترمیم دیواره‌های جانبی، رفع تجاوز از حریم و بستر، امتداد زهکش‌ها در نقاط مختلف و... می‌باشد که در هر منطقه به صورت پروژه‌های محلی و منطقه‌ای با مشارکت کشاورزان قابل اجرا است.

۷-۴- احداث بندهای موقت بر روی زهکش‌ها:

یکی از پروژه‌های قابل اجراء جهت انتقال آب‌های برگشتی (پساب‌ها) احداث بندهای انحرافی ثابت یا موقت با دریچه‌های قابل کنترل و هدایت آب‌ها به صورت ثقلی به اراضی کشاورزی است شیوه مذکور ظرف چند سال گذشت در بعضی از نقاط شمالی دشت مازندران به مرحله اجراء درآمده و نتیجه بسیار مطلوبی داشته است.

۷-۵- ایستگاه پمپاژ بر روی زهکش‌ها

با احداث ایستگاه‌های پمپاژ بر روی آبیندان‌ها، برگه‌ها، زهکش‌ها، می‌توان از آب‌های برگشتی حداکثر بهره‌بردرای را انتظار داشت.

۷-۶- حفر و تجهیز و بهره‌برداری از چاه‌های دهانه گشاد – چالاب‌ها

با حفر چاه‌های دهانه گشاد سطحی به قطر ۲ تا ۵ متر به عمق حداکثر ۱۰ متر در بخش‌های شمالی دشت و در نقاطی که امکان احداث آبیندان نیست می‌توان آب‌های برگشتی را جمع‌آوری و پمپاژ نمود.

۷-۷- سیستم آبیاری:

سیستم آبیاری در اراضی شالیزاری مازندران به دلیل فاریاب بودن شلتوک غرقابی (استغراقی) است. که با توجه به وضعیت منطقه شیوه دیگری نمی‌توان اعمال نمود بالطبع در چنین حالتی تولید پساب‌ها غیر قابل اجتناب خواهد بود.

۷-۸- مدیریت بهره‌برداری

با توجه به اهداف پیش‌بینی شده به منظور تقلیل هر چه بیشتر تعهدات دولت و مشارکت مردم در امر تولید و بهره‌برداری و نگهداری از مجموعه تاسیسات آبی، کاهش بارمالی دستگاه‌های اجرائی، هدایت سرمایه بهره‌برداران کشاورزی در بخش زیربنائی آب و.. واگذاری مدیریت بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری به آنها ضروریست اما به دلیل نبود تشکل‌های صنفی و تعاونی کارآزموده در بین کشاورزان در شرایط حاضر اجرای برنامه زیر پیشنهاد می‌گردد.

الف - تسهیلات دولتی:

اعلام شرایط تسهیلات (مالی، فنی، خدماتی، کارشناسی، ترویجی) در زمینه تأمین آب و شبکه‌های آبیاری و زهکشی از مواد و تبصره‌های قانونی بودجه به منظور جلب مشارکت بهره‌برداران از طریق رسانه‌های گروهی (رادیو، تلویزیون، روزنامه‌ها) و ارگان‌های ذیربط از جمله سازمان‌های آب، جهاد کشاورزی، فرمانداری‌ها، بخشداری‌ها، انجمن‌های متشکل روستائی و...

ب - پذیرش پروژه‌های پیشنهادی:

پذیرش درخواست‌های کشاورزان در قالب پروژه‌های مقدماتی از طریق سازمان‌ها، مسئول، بررسی هر یک از آنها، تنظیم درخواست‌ها در قالب پروژه‌های قابل اجرا با مشخصات کامل، اسامی درخواست کننده،

و... و ارائه آنها به کمیته آب شهرستان جهت تصویب ارسال مجموعه مدارک به بانکها یا ادارات ذیربط واگذارکننده تسهیلات جهت اخذ تعهدات لازم (تضمین و برگشت سرمایه‌ها و...) از متقاضیان و بالاخره اجرای پروژه از طرف خود کشاورزان با نظارت و کنترل سازمان‌های ذیربط

ج - سرمایه گذاری

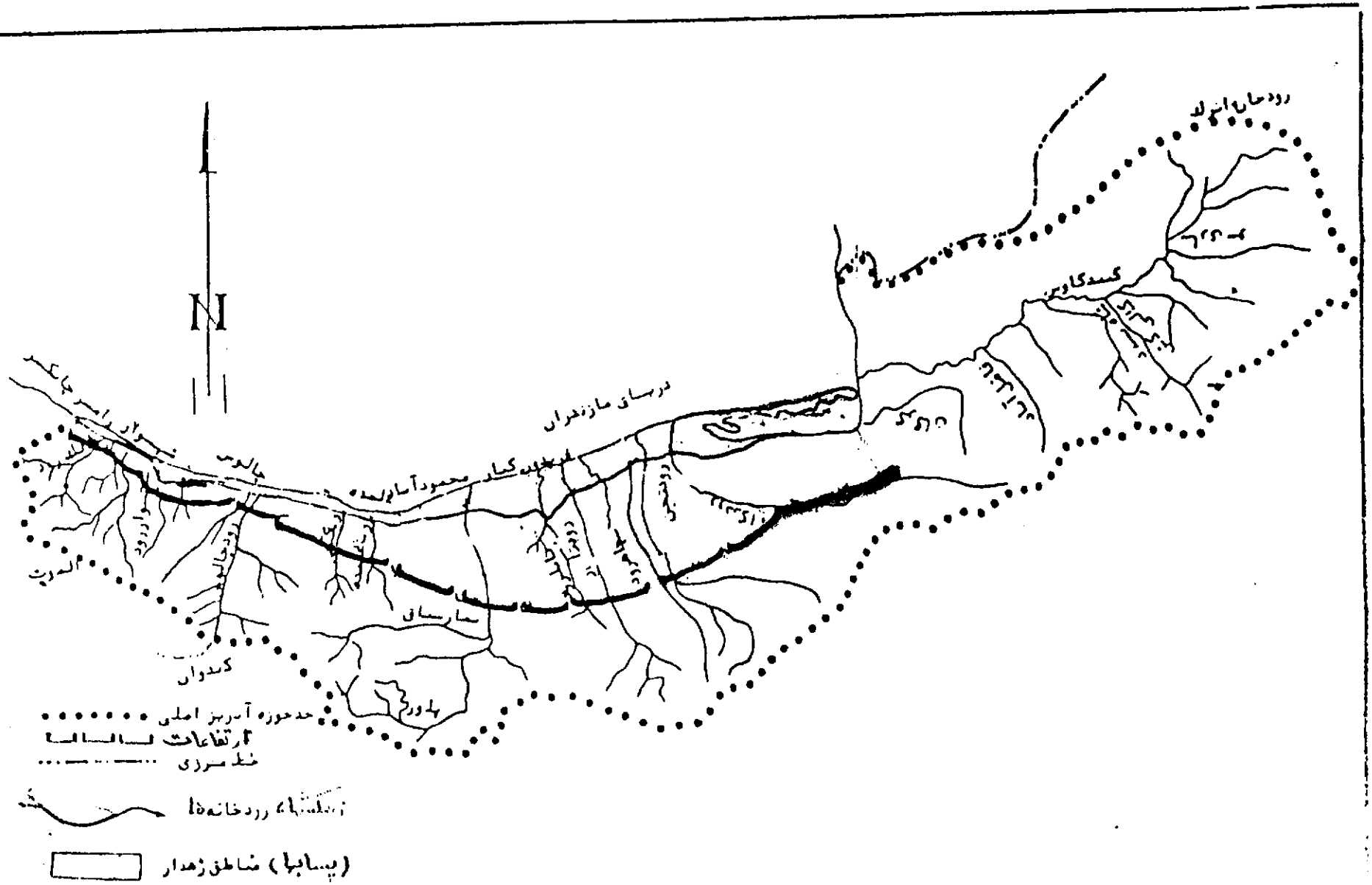
بخشی از هزینه‌های اجرائی پروژه‌های پیشنهادی الزاماً باید توسط متقاضیان با توجه به شرایطی که منابع واگذارکننده تسهیلات اعلام می‌نمایند تعهد و پرداخت شود.

د - تشکل‌های آبیاری

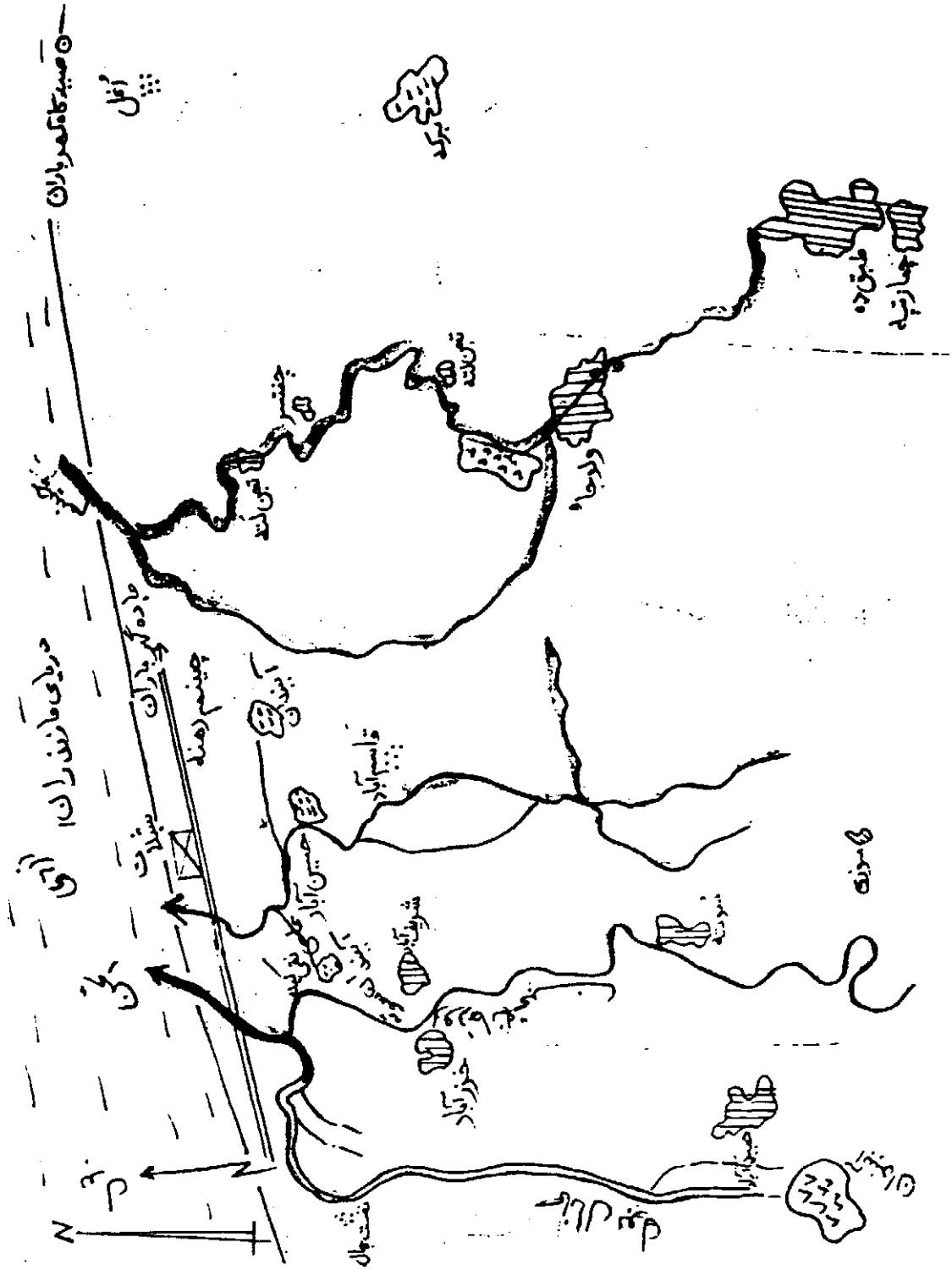
تدوین ضوابط و معیارها در جهت تدوین قوانین و مقررات انجمن‌های صنفی در زمینه‌های آبیاری- کشاورزی در هر روستا و یا منابع آبی مشترک (حقابه‌بران) از انهار، کانال‌ها، زهکش‌ها

فهرست منابع

نام نشریه	تهیه و انتشار	کنترل
- نهر زراعی حوزه‌های آبریز و دشت‌های مازندران	شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، گلستان و تماب	محمد باقری
- گزارشات شناسائی آبیندان‌های مازندران	شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، گلستان	" "
- زهکش‌های رویاز مازندران	شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، گلستان	" "
- تحلیلی بر زهکش‌های خروجی مازندران	شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، گلستان	" "
- آب و آبیاری در مازندران (وضعیت موجود)	شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، گلستان	" "

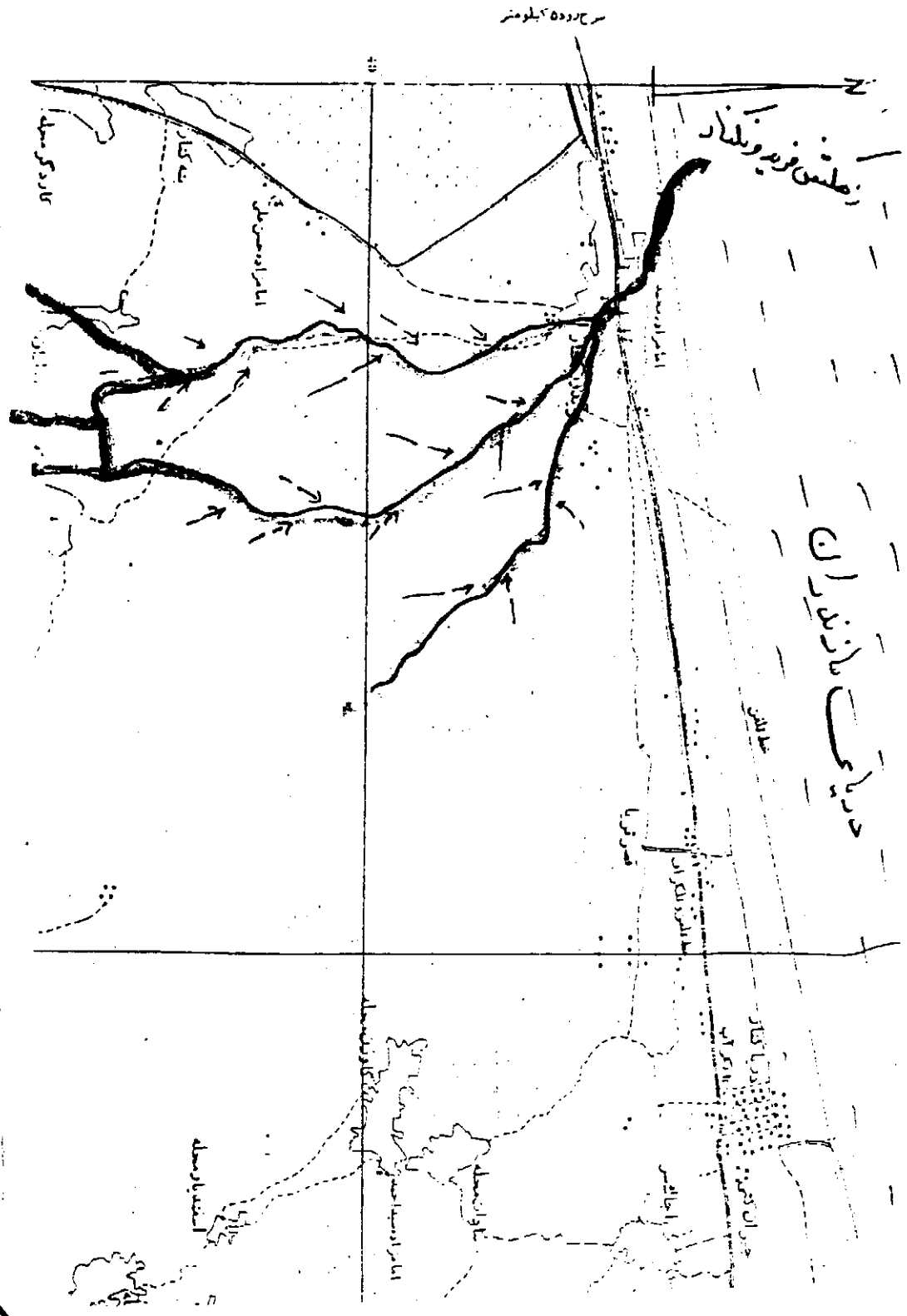

N
رودخانه‌ها و رودخانه‌ها
(پسابها) مناطق زهدار

(زهکشهای مازندران)

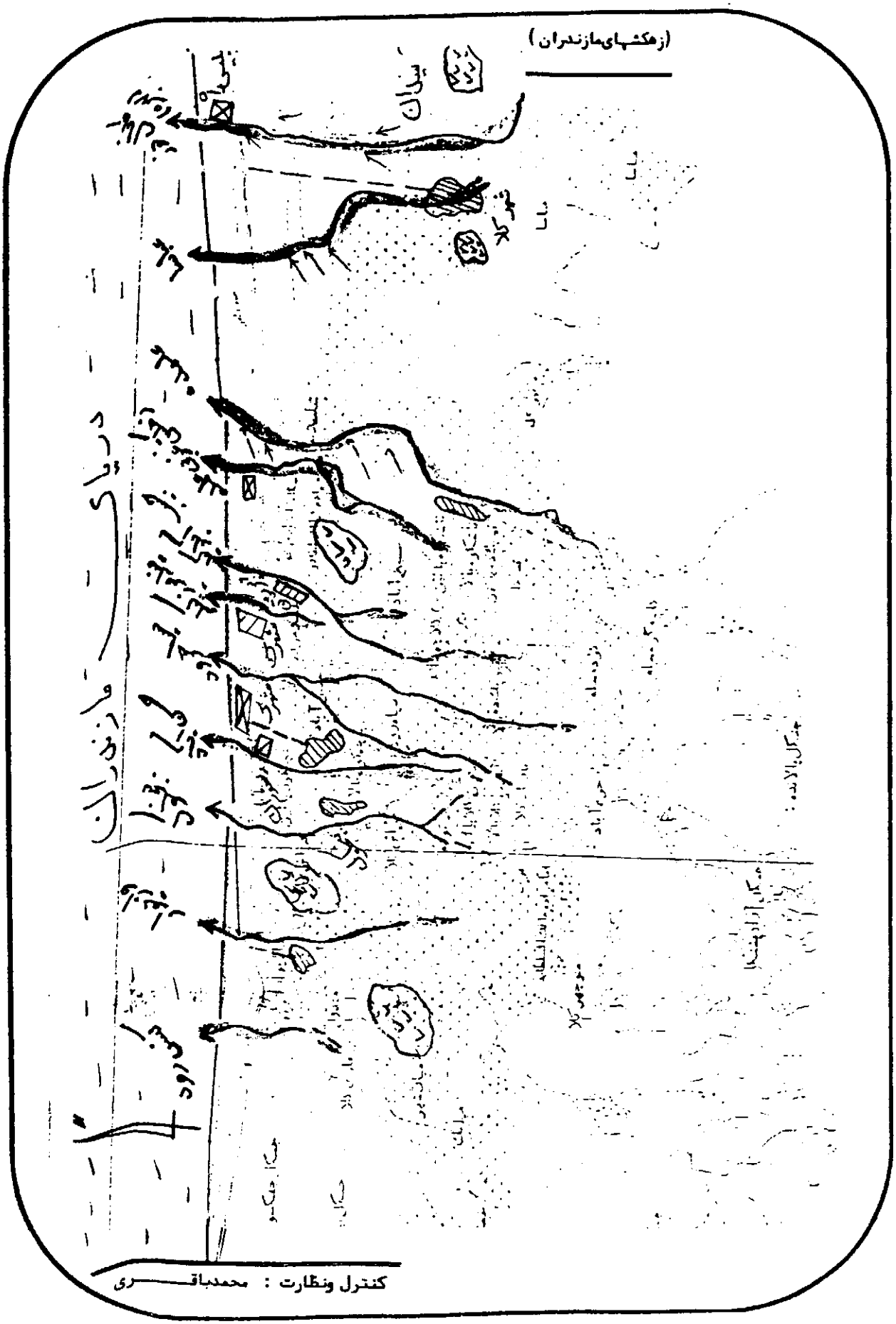


کنترل ونظارت : محمدباقری

(زهکشهای مازندران)



کنترل ونظارت : محمدباقری


(زهکشهای مازندران)
کنترل ونظارت : محمدباقری

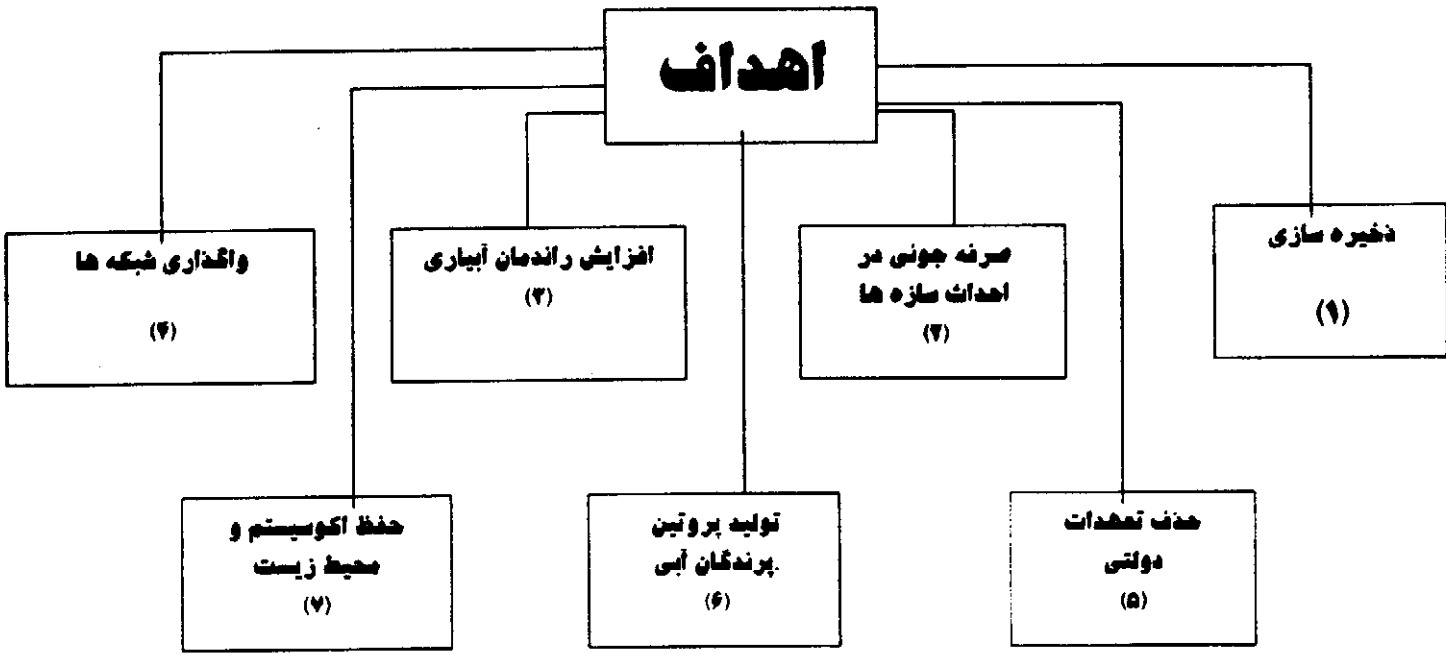
تابلو ۱

(وضعیت منابع آب و خاک)

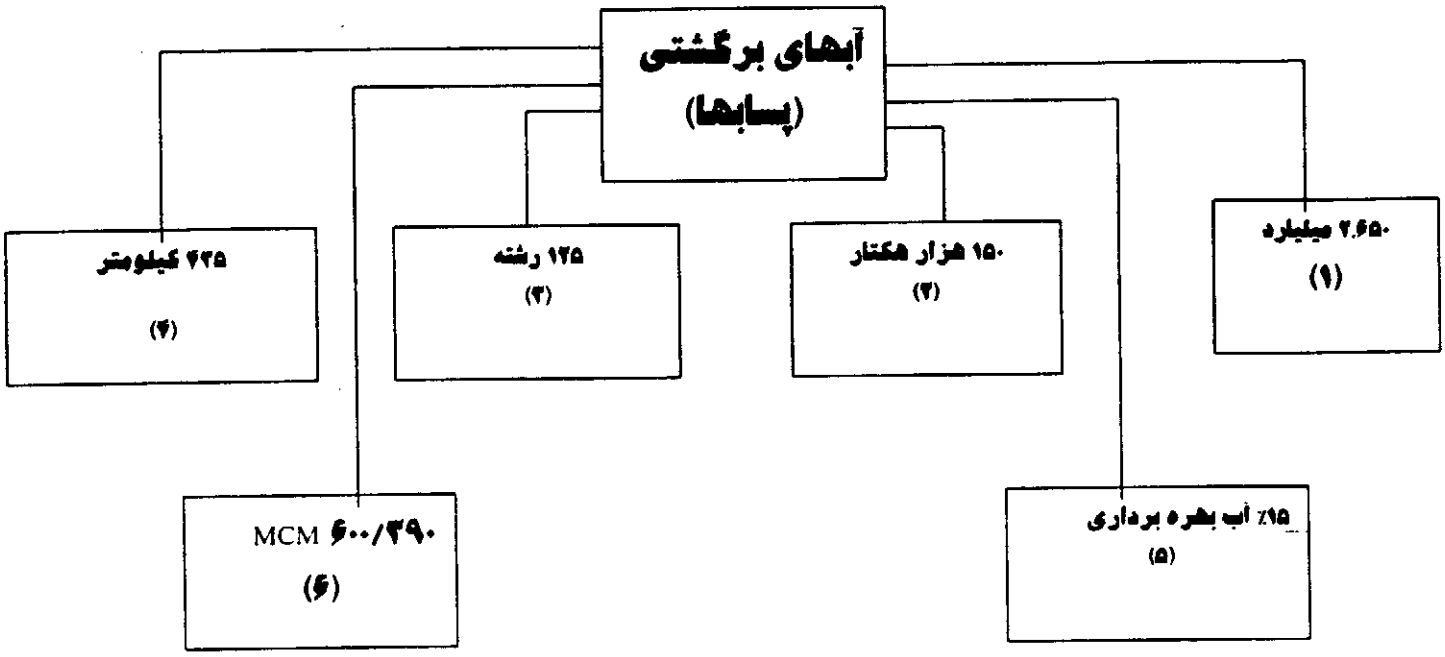
واحدها : میلیون مترمکعب / هزار هکتار

منابع آب و خاک			بهره برداری از منابع آب			قابلیت توسعه منابع آب			پتانسیل خاک	
سطحی	زیرزمینی	جمع	سطحی	زیرزمینی	جمع	سطحی	زیرزمینی	جمع	اراضی موجود آبیدان	قابلیت توسعه اراضی آبی
۴۹۰۰	۱۱۰۰	۶۰۰۰	۱۵۵۰	۱۱۰۰	۲۶۵۰	۲۹۰۰	۳۵۰	۳۲۵۰	۳۱۰	۴۶۰ کل
%۸۲	%۱۸	%۱۰۰	%۵۸	%۴۲	%۱۰۰ کل %۴۰ پتانسیل	%۸۹	%۱۱	%۱۰۰	۲۳۰ + ۸۰ شلتوک سایر	۱۵۰ افزایش

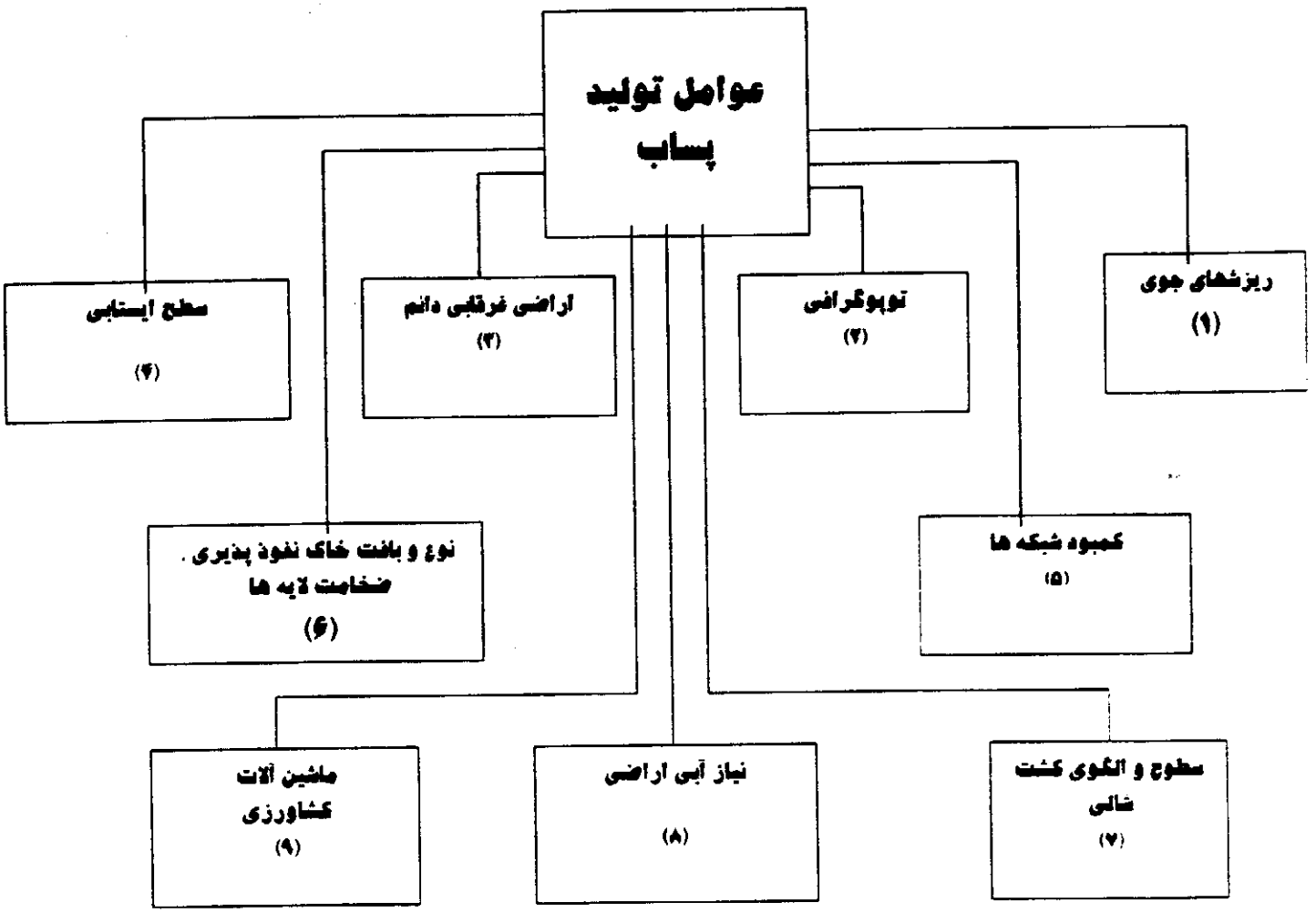
تابلو ۲


اهداف
ذخیره سازی
(۱)
صرفه جوئی در
احداث سازه ها
(۲)
افزایش راندمان آبیاری
(۳)
واگذاری شبکه ها
(۴)
هدف تعهدات
دولتی
(۵)
تولید پروتین
پرندگان آبی
(۶)
حفظ اکوسیستم و
محیط زیست
(۷)

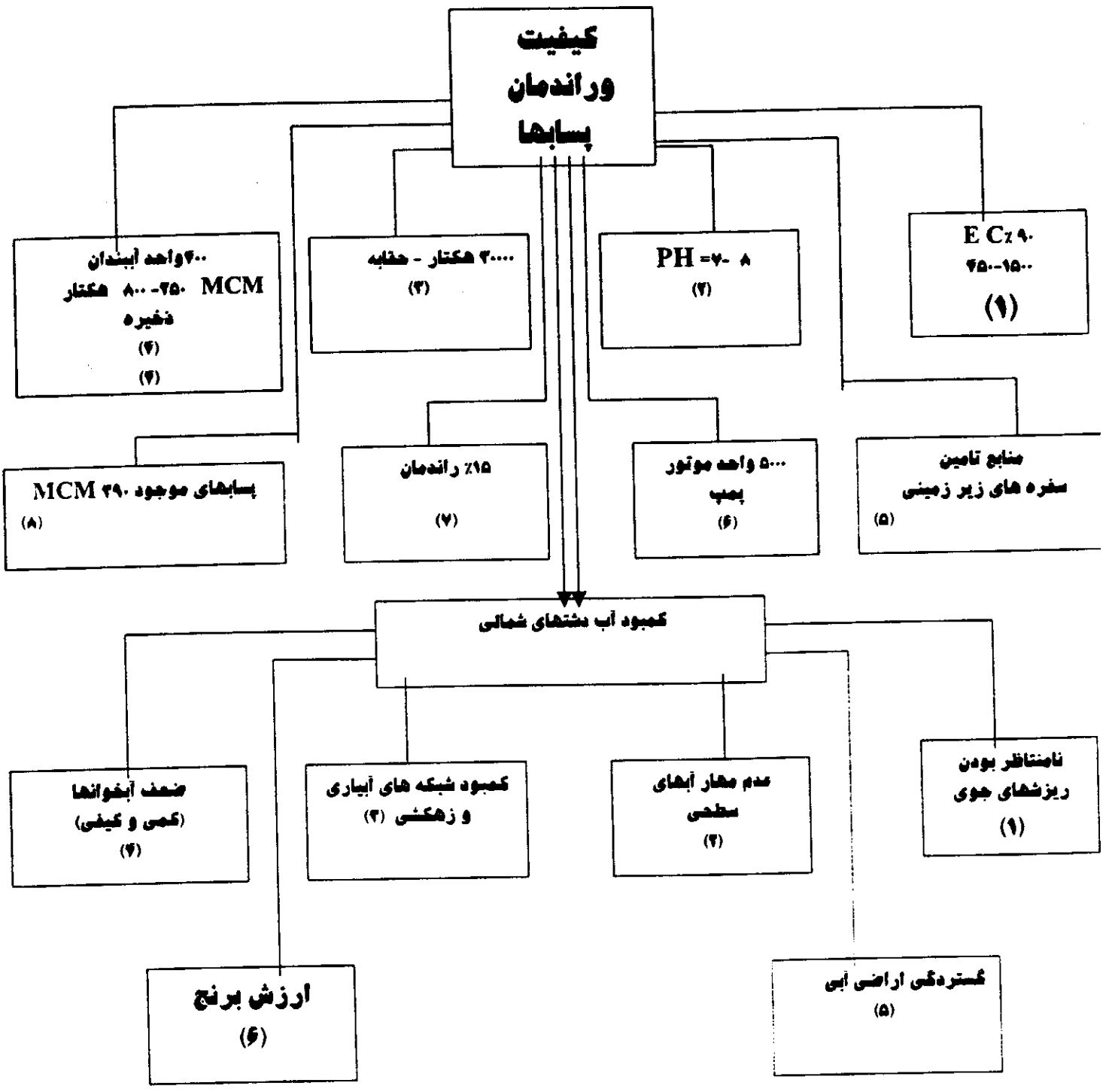
تابلو ۳


آبهای برگشتی
(پسابها)
۴۲۵ کیلومتر
(۴)
۱۲۵ رشته
(۳)
۱۵۰ هزار هکتار
(۲)
۲،۶۵۰ میلیارد
(۱)
MCM ۶۰۰/۳۹۰
(۶)
z۱۵ آب بهره برداری
(۵)

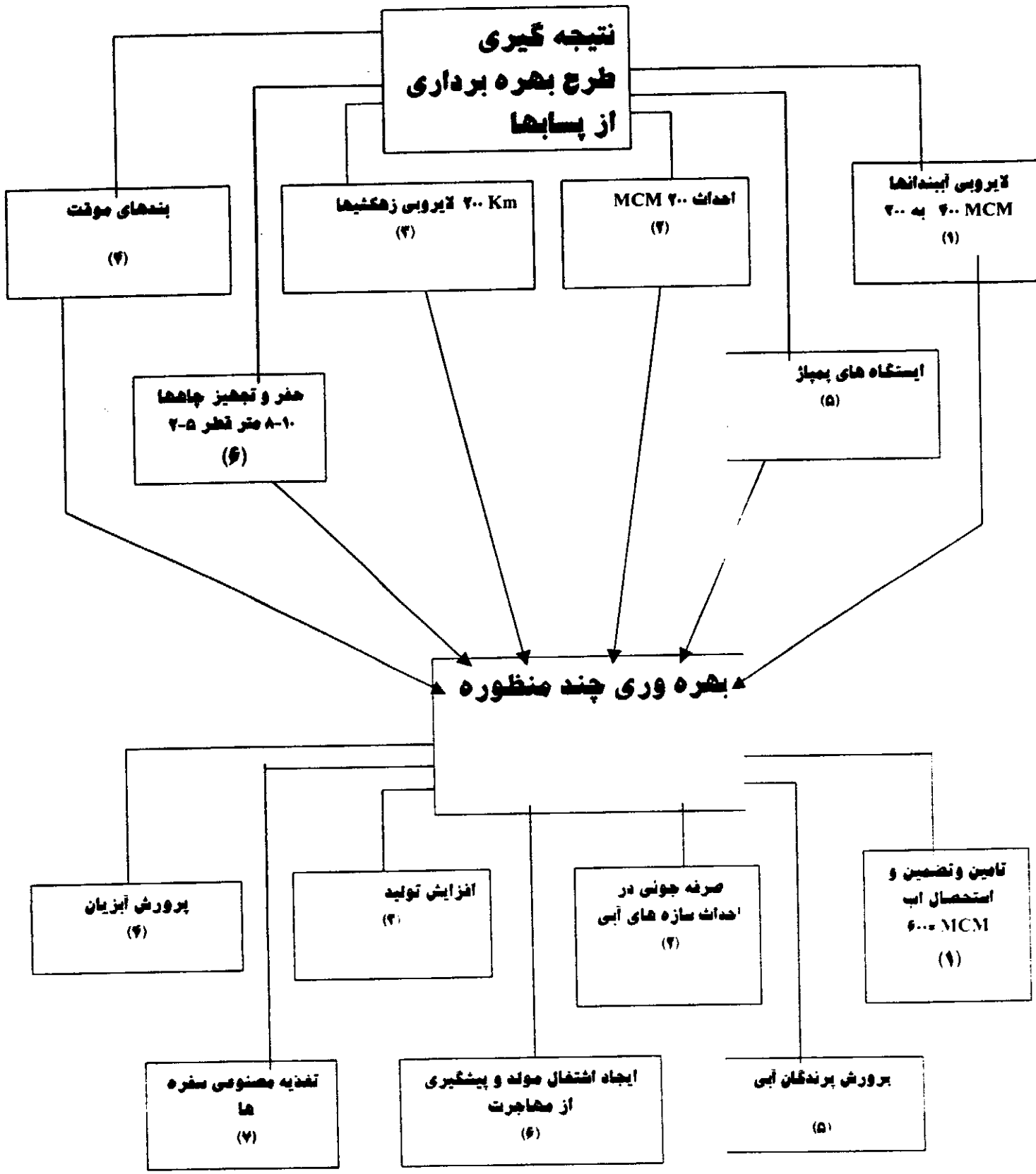
تابلو۴


عوامل تولید پساب
ریزشهای جوی (۱)
توپوگرافی (۲)
اراضی غرقابی دائم (۳)
سطح ایستابی (۴)
کمبود شبکه ها (۵)
نوع و بافت خاک نفوذ پذیری . ضخامت لایه ها (۶)
سطوح و الگوی کشت شالی (۷)
نیاز آبی اراضی (۸)
ماشین آلات کشاورزی (۹)

تابلو۵


کیفیت
وراندمان
پسابها
۴۰۰واحد آبندان
MCM ۲۵۰-۸۰۰ هکتار
ذخیره
(۴)
(۴)
۳۰۰۰۰ هکتار - حقابه
(۳)
PH =۷- ۸
(۲)
E Cz ۹۰
۴۵۰-۱۵۰۰
(۱)
پسابهای موجود ۲۹۰ MCM
(۸)
۱۵٪ راندمان
(۷)
۵۰۰۰ واحد موتور
پمپ
(۶)
منابع تامین
سفره های زیر زمینی
(۵)
کمبود آب دشتهای شمالی
ضعف آبخوانها
(کمی و کیفی)
(۴)
کمبود شبکه های آبیاری
و زهکشی (۳)
عدم مهار آبهای
سطحی
(۲)
نامتناظر بودن
ریزشهای جوی
(۱)
ارزش برنج
(۶)
گستردگی اراضی آبی
(۵)

تابلو ۶


نتیجه گیری
طرح بهره برداری
از پسابها
لایروبی آبندانها
۶۰۰ MCM به ۲۰۰
(۱)
احداث ۲۰۰ MCM
(۲)
۲۰۰ Km لایروبی زهکشیها
(۳)
بندهای موقت
(۴)
ایستگاه های پمپاژ
(۵)
حفر و تجهیز چاهها
۱۰-۸ متر قطر ۵-۲
(۶)
بهره وری چند منظوره
تامین وتضمین و
استحصال اب
۶۰۰ MCM
(۱)
صرفه جوئی در
احداث سازه های آبی
(۲)
افزایش تولید
(۳)
پرورش آبزیان
(۴)
پرورش پرندگان آبی
(۵)
ایجاد اشتغال مولد و پیشگیری
از مهاجرت
(۶)
تغذیه مصنوعی سفره
ها
(۷)