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.

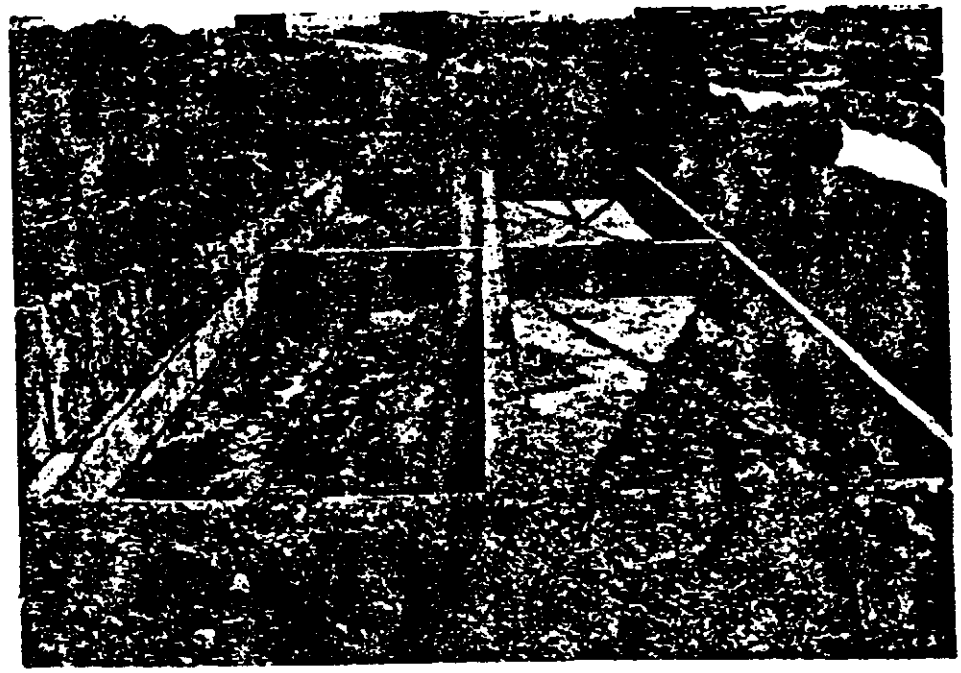
تصفیهٔ فاضلاب توسط سیستم‌های گیاهان آبی یا Wetland با کاشت نی در بستر جریان فاضلاب انجام می‌پذیرد. نیزارهای مصنوعی با جریان به صورت‌های زیرسطحی و سطحی اجرا می‌شوند. در این سیستم فاضلاب هنگام عبور از لایهٔ خاک (بستر ماسه‌ای) و همچنین در مجاورت ریشهٔ نی تصفیه می‌گردد. از مزایای این روش تصفیه، سادگی و آزادی 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

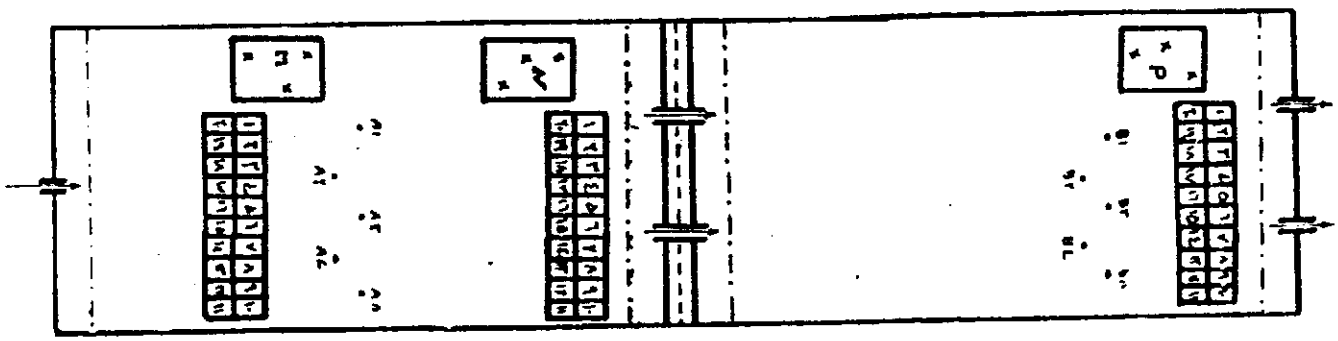
۴- شماره‌گذاری و پلاک‌گذاری مناطق مورد نظر جهت آزمایش به شرح ذیل و طبق کروکی ارائه شده:

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

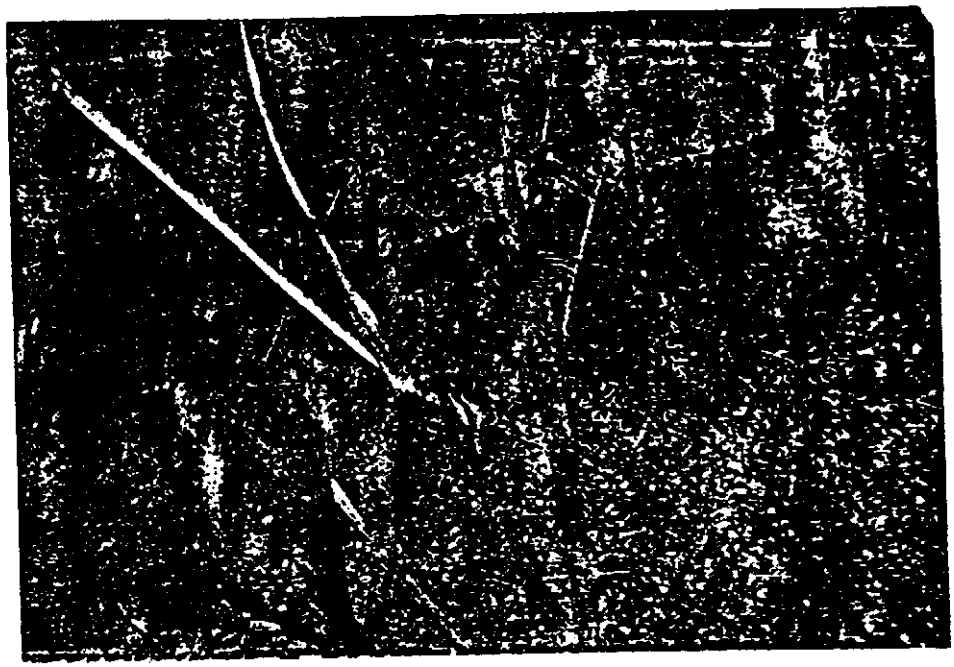
۲- پارامترهای شیمیایی شامل COD، نیتروژن و فسفر

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

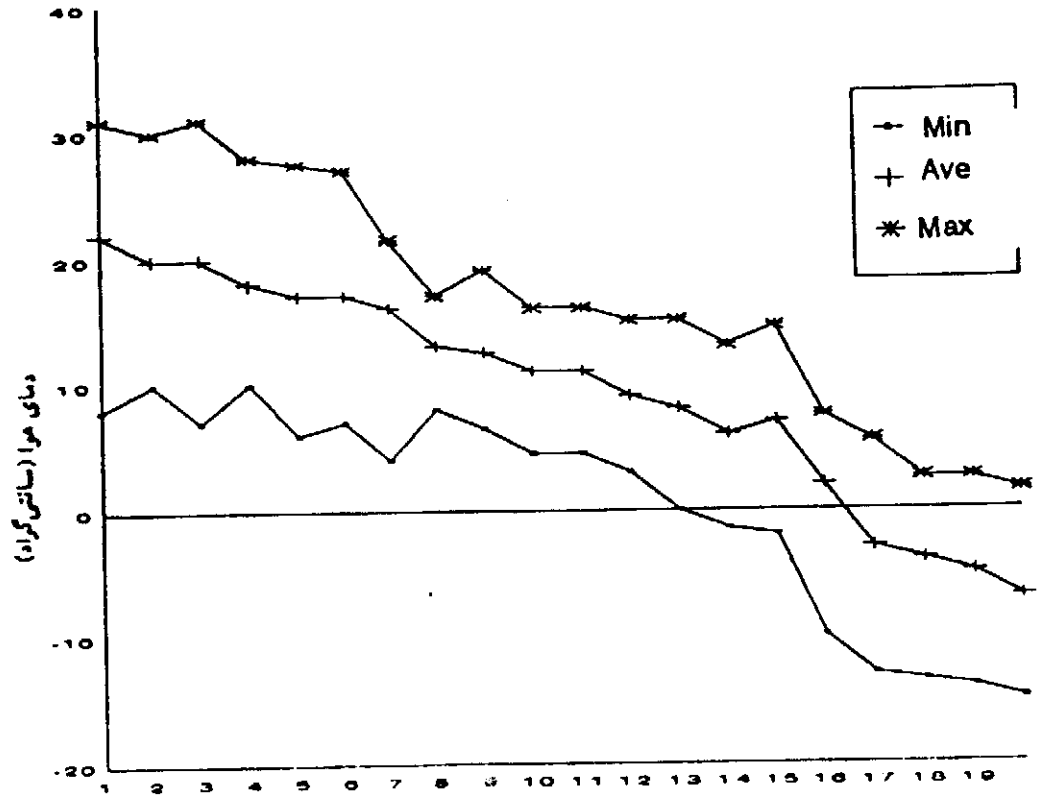
با توجه به تعداد زیاد آزمایشات نتایج مربوط به صورت منحنی‌های فصل سوم و به صورت بحث کلی ارائه گردیده است. در این قسمت صرفاً به گزیده‌هائی از نتایج اشاره می‌گردد. دمای هوا در طول آزمایشات از ۲۲ درجه در تاریخ ۶/۱۶- ۷- درجه سانتیگراد در تاریخ ۱۰/۲۲ و به صورت کاملاً نزولی اندازه‌گیری شده است. دبی فاضلاب بطور 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:

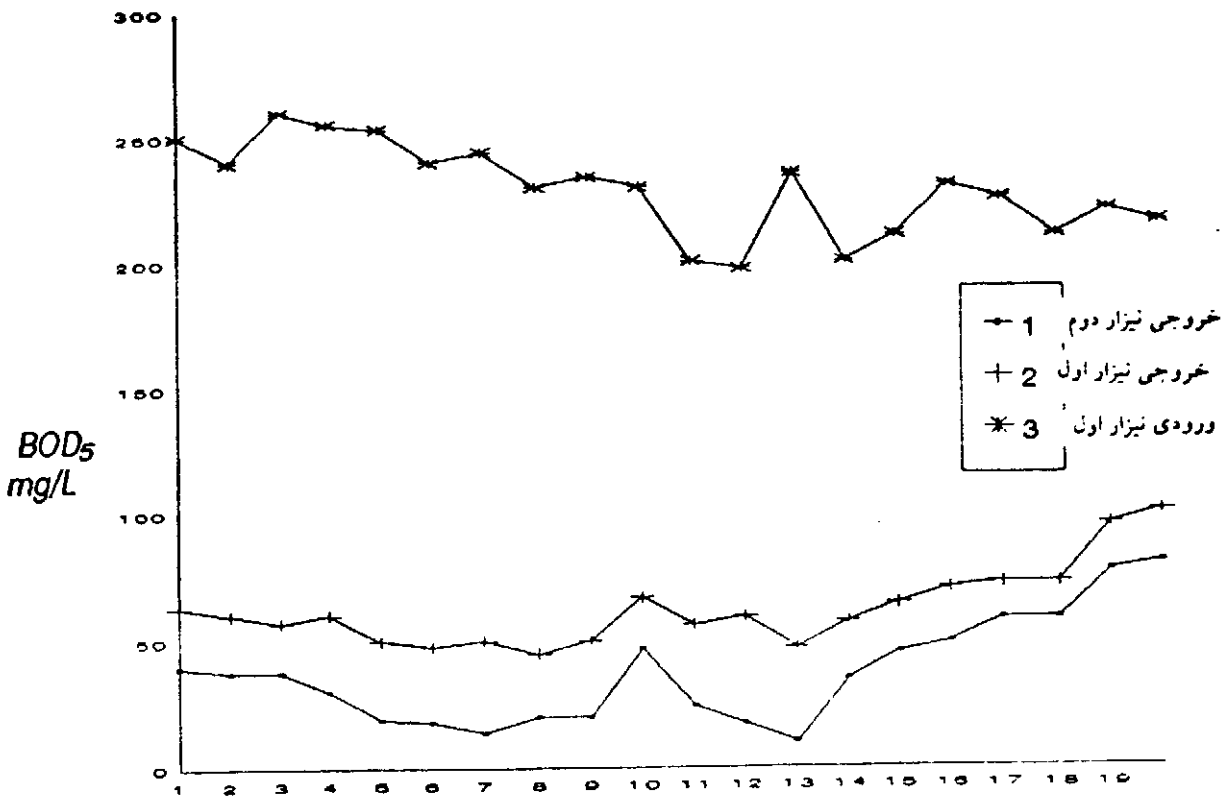
۱- کاهش BOD تا دمای ۸ درجهٔ سانتیگراد بسیار عالی می‌باشد.

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.

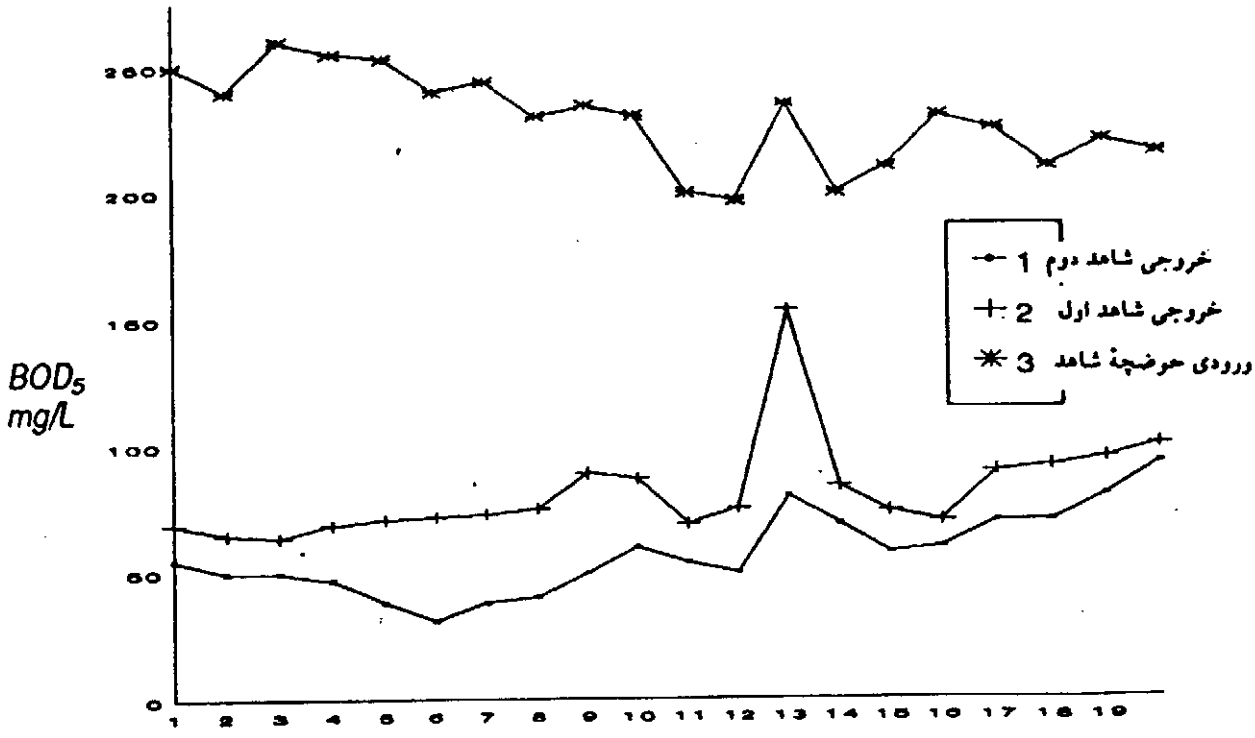
۳- کاهش در حوضچهٔ نیزار در سردترین شرایط نیز بیشتر از حوضچهٔ شاهد است که نشان‌دهندهٔ فعالیت نسبی ریشهٔ نی‌ها در دماهای بسیار پایین در بستر نیزار است.

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.

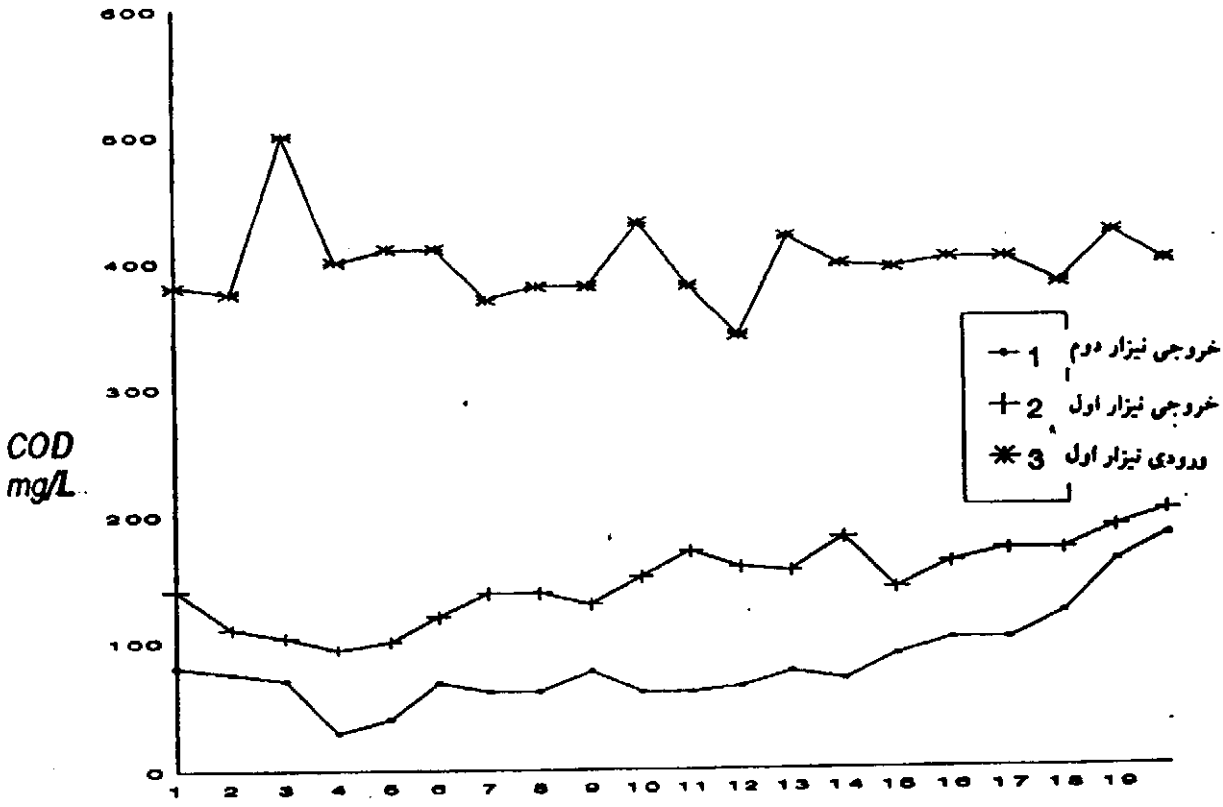
۲- راندمان حذف COD در دمای ۱۱ درجه سانتیگراد شروع به کاهش نموده اما سیر کاهش فوق نتیجهٔ تأثیرات دما از حداقل سه یا چهار درجه قبل از آن است که باعث عدم عملکرد باکتری‌ها و نیزار گردیده است، لذا دمای بالاتر از ۱۱ درجه سانتیگراد به عنوان حداقل دما جهت کاهش COD توصیه می‌گردد.

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

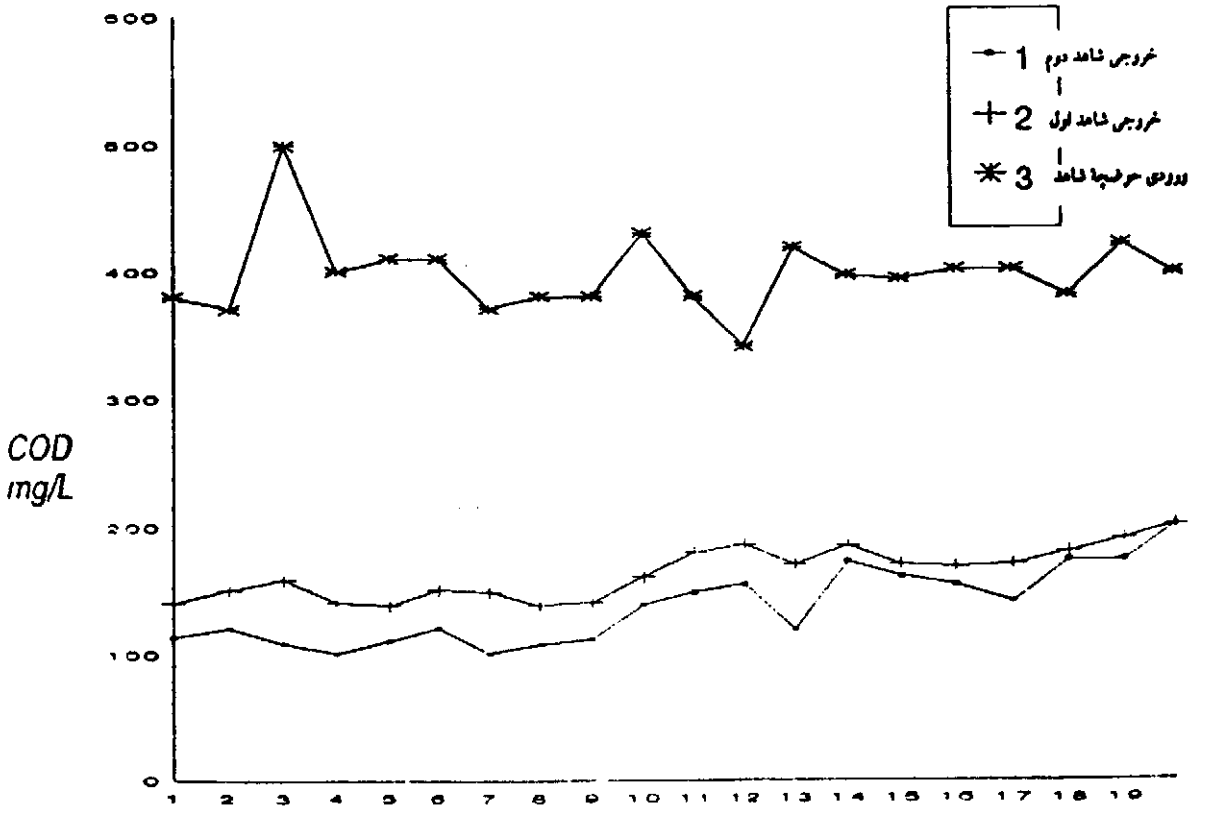
۴- روند تغییرات $\frac{COD}{BOD}$ در ابتدا و انتهای آزمایشاتی که نشان‌دهندهٔ مقایسهٔ هوای گرم و سرد می‌باشد به شرح جدول زیر می‌باشد.

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

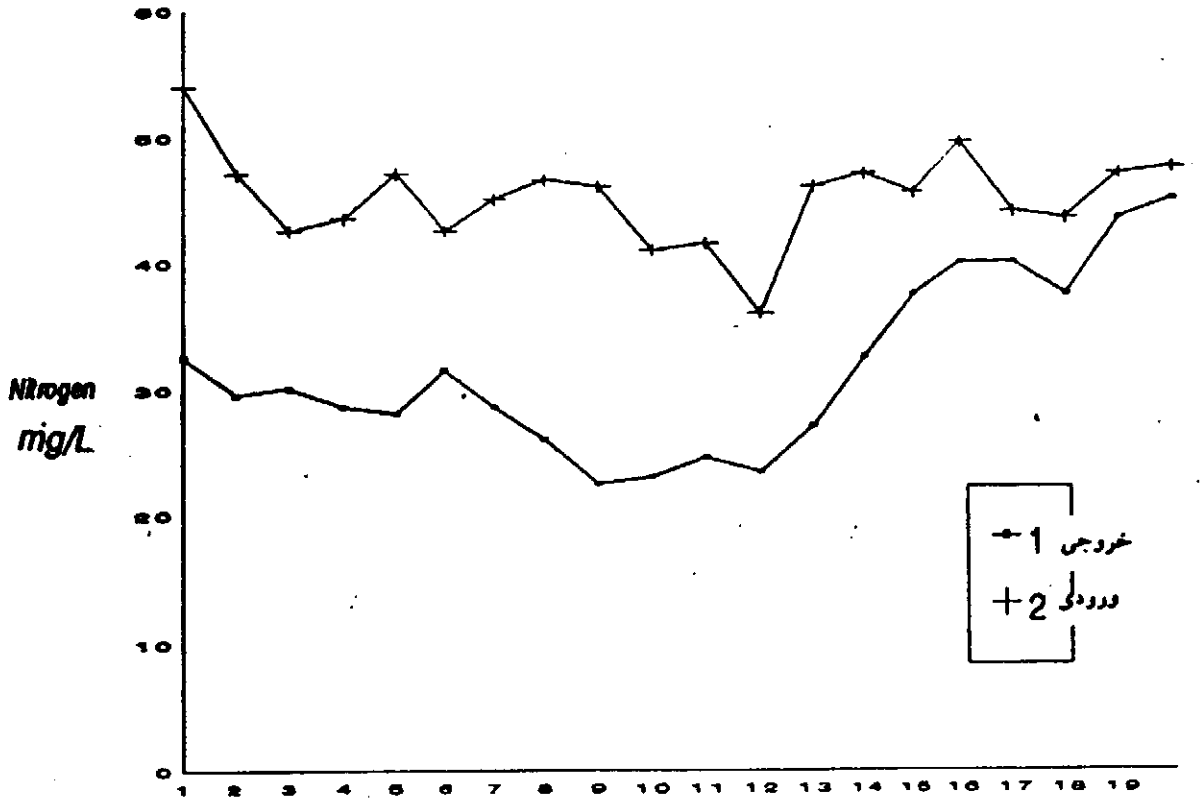
طبق این جدول در هوای گرم $\frac{COD}{BOD}$ در مسیر افزایش می‌یابد که نشان‌دهندهٔ فعالیت باکتری‌ها در حذف BOD است. در حالیکه در دمای سرد هوا و رشد فوق بسیار کم شده است. ضمناً در بستر شاهد افزایش فوق بسیار کم بوده و کاهش دما نیز اثر زیادی بر آن ندارد.



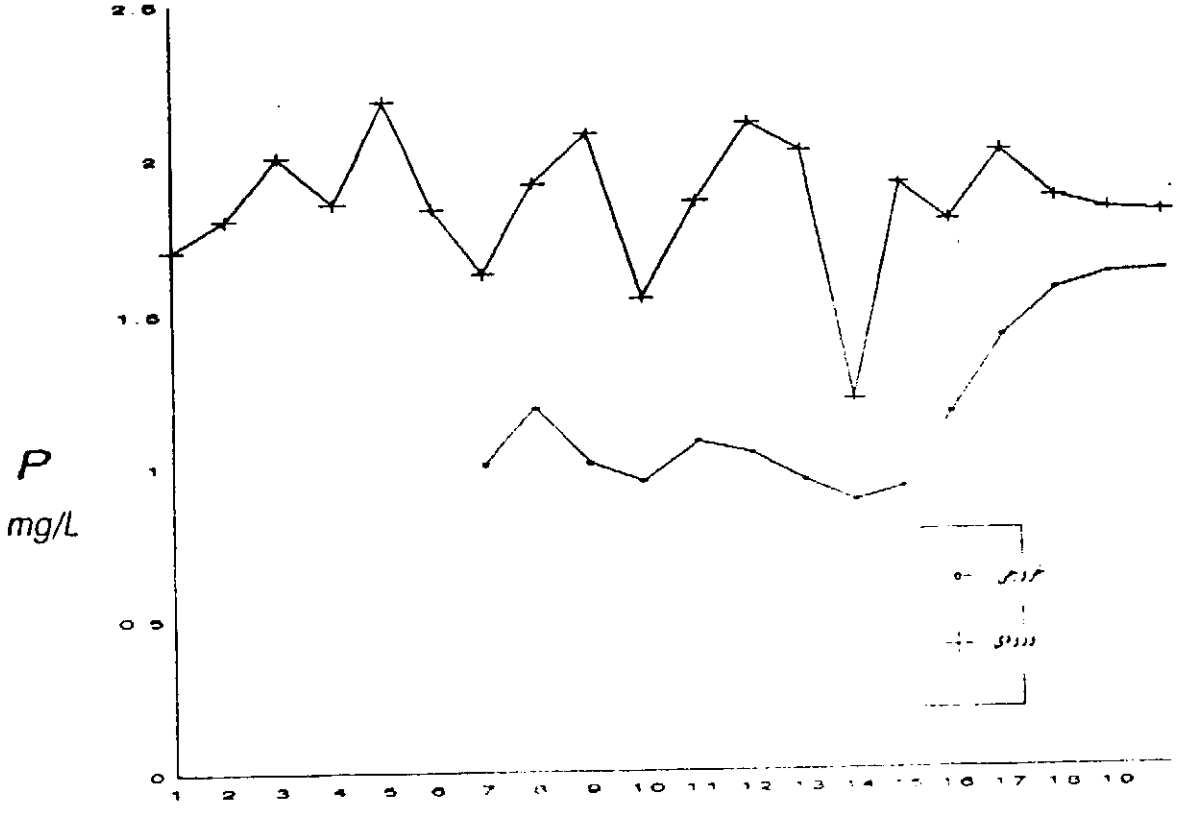
شکل ۷- حذف COD در نیزار با توجه به COD ورودی در حوضچه‌های اول و دوم



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.

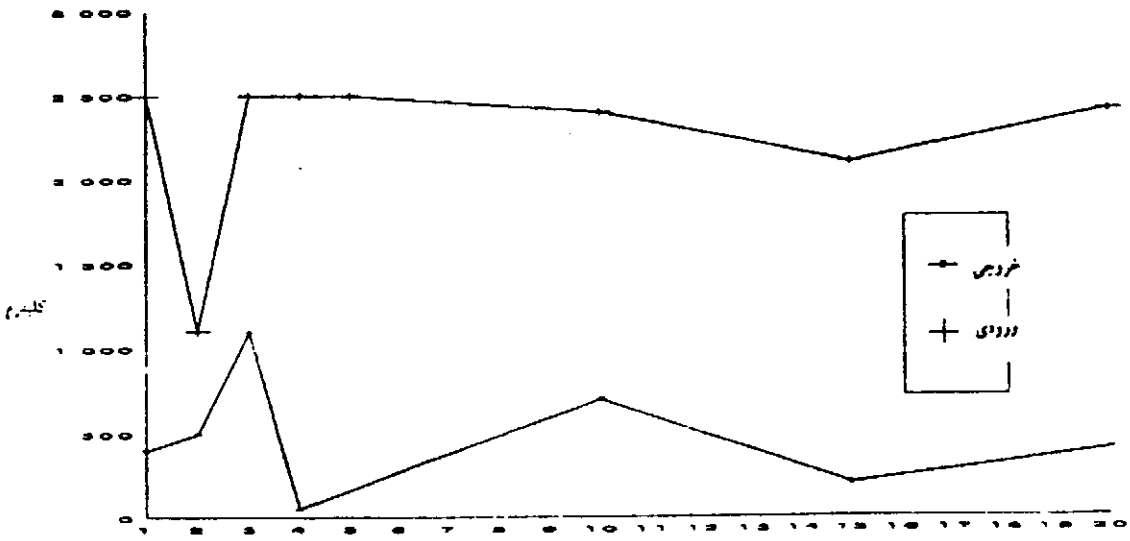
شکل ۱۰- راندمان حذف فسفر را نسبت به دما نشان می‌دهند نتایج شکل فوق عبارت است از:

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.

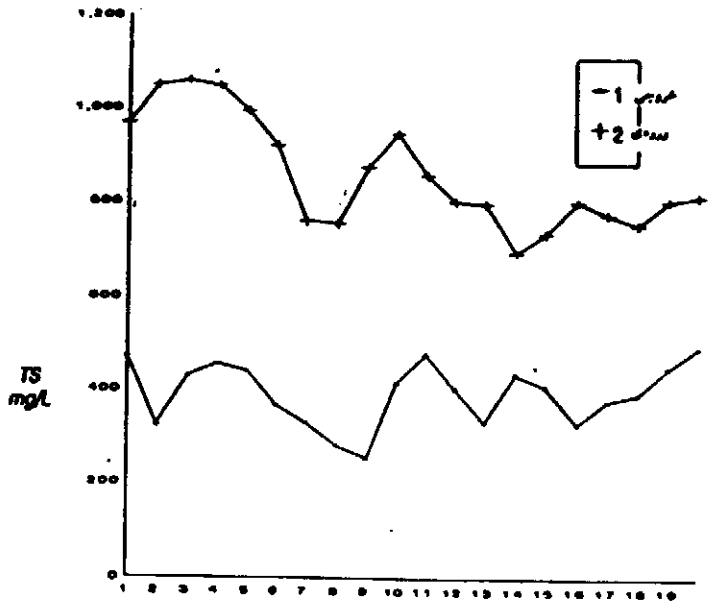
اعداد مربوط به کلیفرم ورودی بسیار متنوع بوده‌اند به سختی و با تردید می‌توان نسبت به روند حذف کلیفرم بحث نمود. بیشترین راندمان حذف در هفته‌های شروع آزمایشات برابر ۹۸٪ و در مابقی اکثراً ثابت و حدود ۸۰ تا ۹۰٪ می‌باشد. نکتهٔ مهم آن است که حذف کلیفرم ارتباط کمی با دما داشته لذا به نظر می‌رسد که حذف کلیفرم 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.

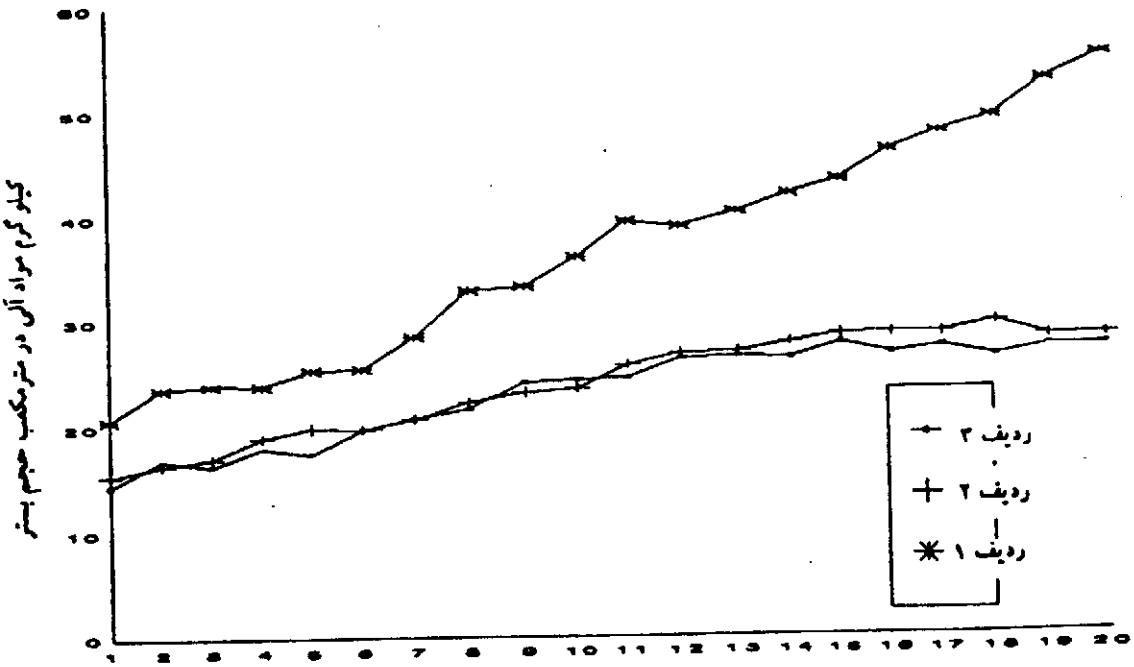
بحث بر روی رشد نی‌ها به شرح ذیل ارائه می‌گردد:

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.

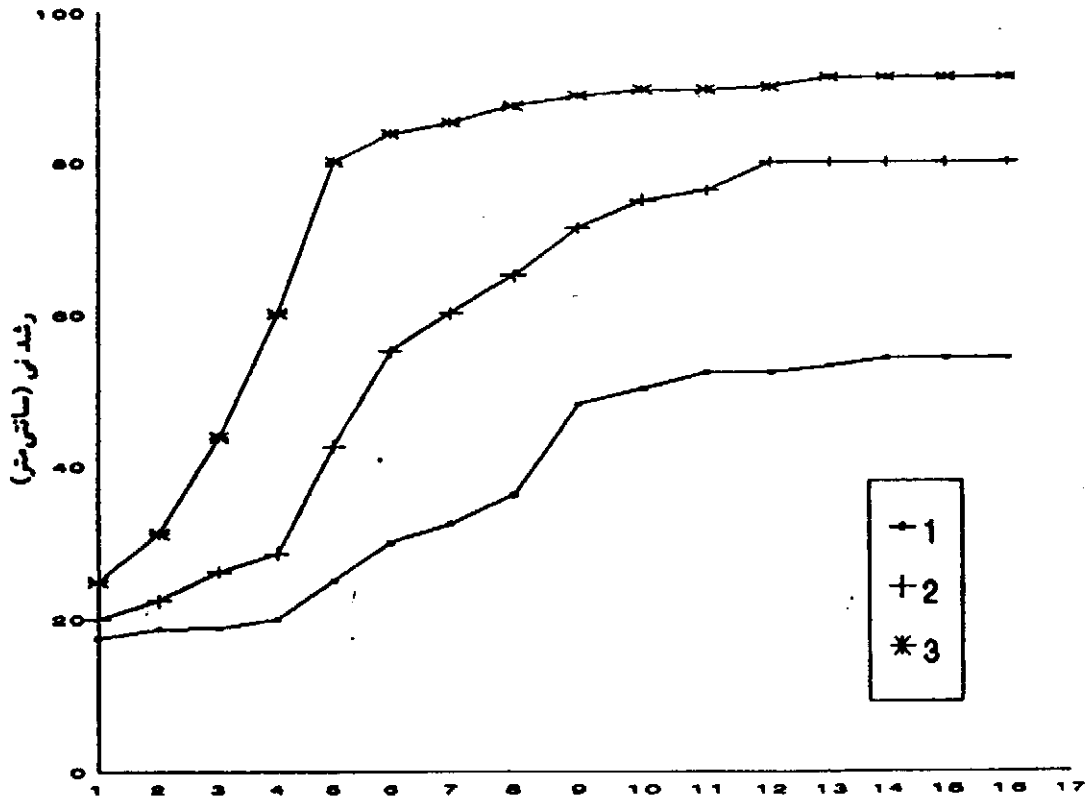
۲- از تاریخ ۹/۱۵ به بعد و همراه با رسیدن دما به زیر صفر در ساعاتی از شبانه‌روز، برگ نی‌ها شروع به خشک شدن تدریجی نموده که نشان‌دهندهٔ زوال و عدم عملکرد کامل در این شرایط است.

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.

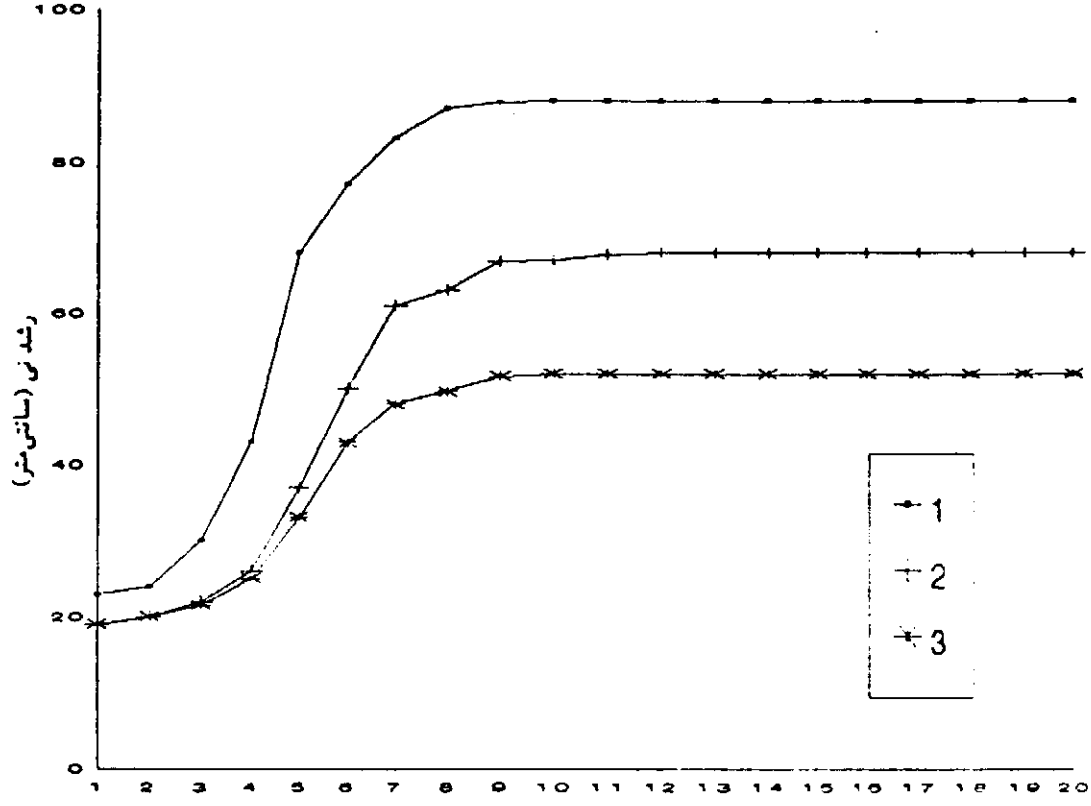
٤- روند رشد در انتها (بلوک P) سریعتر از ابتدا می‌باشد. علت آن را می‌توان غلظت بهتر فاضلاب در انتهای برای رشد نی دانست. ضمناً رشد جوانه‌ها نیز در حوضچهٔ اول بهتر از حوضچهٔ دوم بوده است که علت را می‌توان در گرمتر بودن دمای فاضلاب در حوضچهٔ اول نسبت به حوضچهٔ دوم دانست. ریشه‌ها در انتها به صورت مویی و نازک 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.



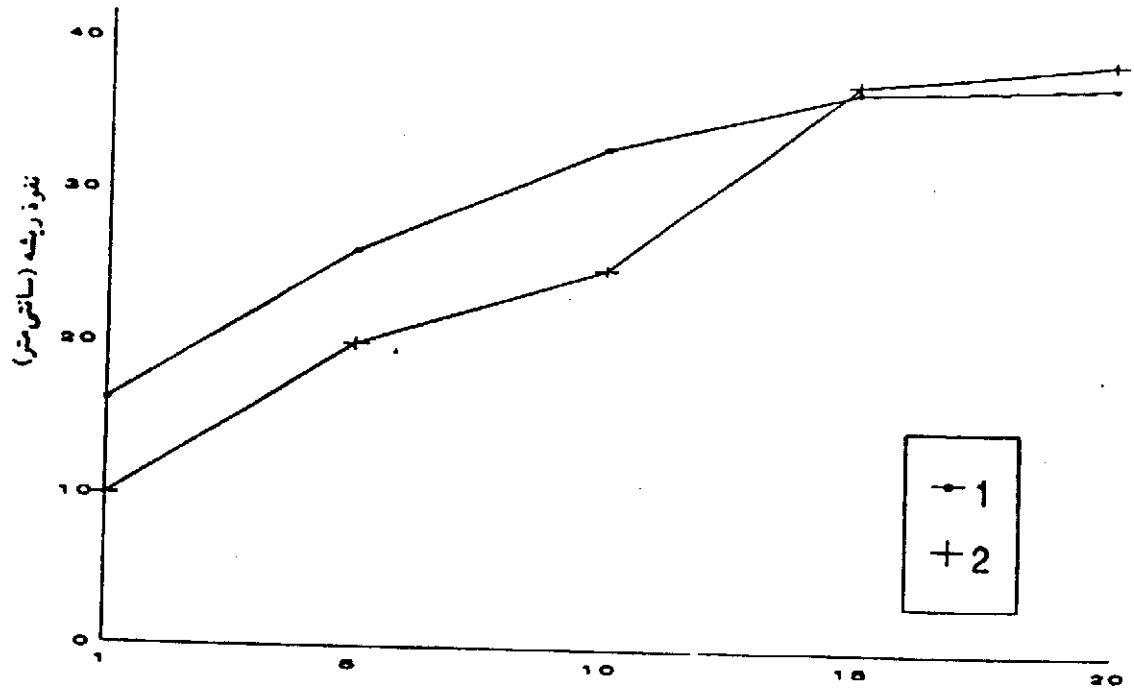
شکل ۱۳- منحنی تغییرات وزن مواد آلی در واحد حجم بستر



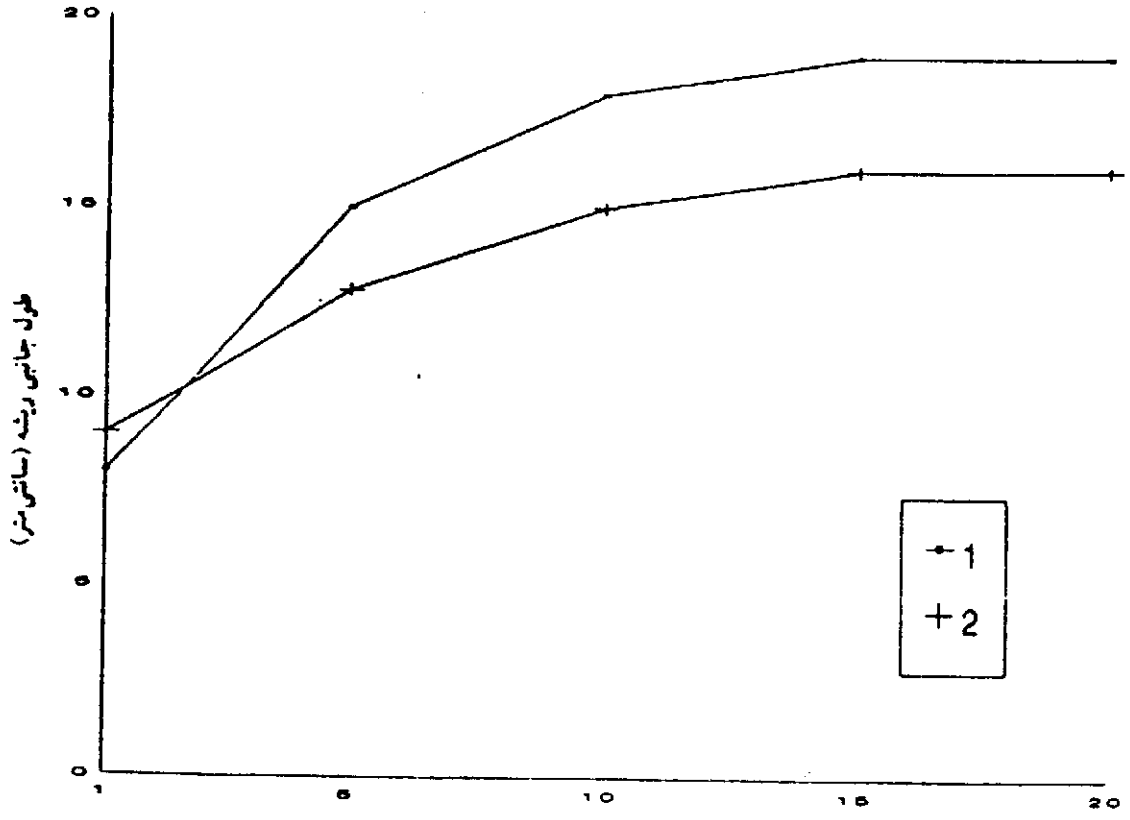
شکل ۱۴- رشد ساقه‌های نی در بلوک M نسبت به زمان



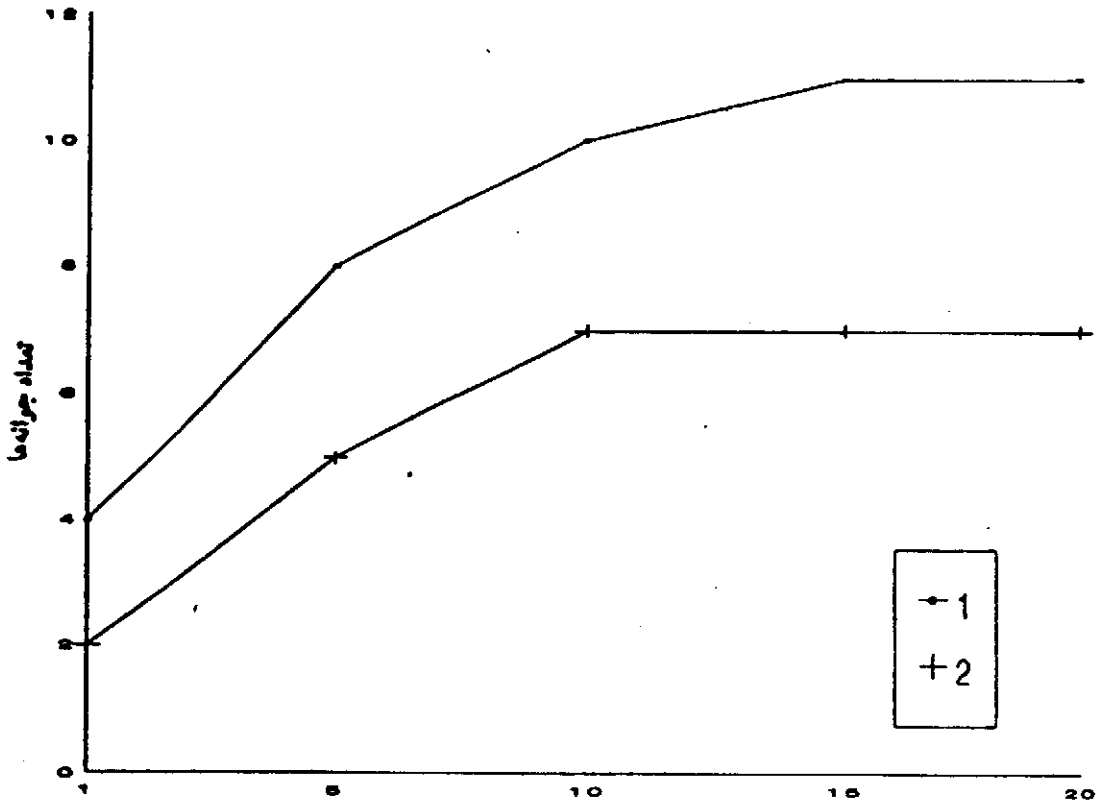
شکل ۱۵- منحنی تغییرات رشد ساقهٔ نی نسبت به زمان در بلوک P



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.