تجربیات به دست آمده از آبیاری یک مزرعه آزمایشی با فاضلاب تصفیه شده

دکتر جلال‌الدین شایگان[1]

چکیده

از فاضلاب تصفیه شده شهری برای آبیاری یک مزرعه آزمایشی برای کشت‌های مختلف از جمله ذرت، یونجه، سیب‌زمینی و گندم استفاده شد و نتایج آن با کشت‌های مشابه در دو زمین شاهد که با آب چاه آبیاری می‌شد مقایسه گردید. به یکی از زمین‌های شاهد هیچگونه کودی اضافه نمی‌شد در حالی که به زمین شاهد دیگر معادل کودی که از طریق آبیاری با فاضلاب به زمین اصلی می‌رسید کود شیمیایی اضافه می‌گردید. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که میزان برداشت محصول از زمین‌های آبیاری شده با فاضلاب بین ۲۰ تا ۴۰ درصد از زمین‌های شاهد بیشتر است. به علاوه مقدار حاصلخیزی در زمین‌های آبیاری شده با فاضلاب در یک دوره سه ساله افزایش می‌یابد. با انجام موازنه نیتروژن و فسفر، تجمع این مواد در خاک مربوط به کشت فاضلابی مشاهده شده است که مبین ایجاد مشکل در کاربرد طولانی مدت آبیاری با فاضلاب می‌باشد. پیشنهاد می‌شود به منظور جلوگیری از اثرات نامطلوب دراز مدت چه از نظر اثر نامطلوب بر روی خاک و گیاه و چه از نظر عوارض بهداشتی احتمالی بر روی کارکنان این گونه مزارع و نیز مصرف محصولات کشاورزی تولید شده توسط دام و انسان، پایش دائم شاخص‌های مهم در برنامه کار قرار گیرد.

کلمات کلیدی

دفع زمینی، استفاده مجدد از فاضلاب، آبیاری با فاضلاب تصفیه شده

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف

مقدمه

استفاده از فاضلاب در آبیاری زمین‌های کشاورزی از سابقه طولانی در کشورهای مختلف برخوردار است (۱). هم اکنون نیز در نقاطی از جهان و از جمله ایران فاضلاب‌های خام شهری و صنعتی چه به صورت مستقیم و چه به صورت غیرمستقیم در مزارع مورد استفاده قرار می‌گیرند(۲). کمبود آب بعلاوه وجود مواد غذایی مؤثر بر رشد گیاه از جمله نیتروژن و فسفر را می‌توان عامل اصلی برای این کاربرد دانست. شیوع بیماری‌های انگلی و عفونی و گسترش علم پزشکی باعث شد کشورهای پیشرفته به تدریج با ساخت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، استفاده از فاضلاب در آبیاری مزارع را منسوخ نمایند، اگر چه هنوز در کشور ما، استفاده از فاضلاب‌های شهری و صنعتی برای آبیاری انواع مختلف محصولات کشاورزی امری رایج و در مواردی اجتناب‌ناپذیر است.

سخت‌تر شدن استانداردهای تخلیه فاضلاب‌های تصفیه شده به منابع آبی از یک طرف و انگیزه استفاده مجدد از فاضلاب و مواد موجود در آن باعث شد پژوهش‌های گسترده‌ای از اواخر دهه ۶۰ میلادی در زمینه استفاده از زمین و گیاه در تصفیه تکمیلی فاضلاب‌های شهری و صنعتی بار دیگر مطرح شود. در این دور تحقیقات، عوامل مهم در کشاورزی بیشتر تحت‌الشعاع محدودیت‌ها و عوامل مؤثر بر تصفیه فاضلاب و همچنین در نظر گرفتن مسائل بهداشتی قرار گرفت.

به تدریج مطالعات سیستماتیک نشان داد (۳ و ۵) که مجموعه زمین و گیاه می‌تواند به عنوان یک سیستم تصفیه بسیار مؤثر اما ارزان در حذف آلاینده‌های باقی‌مانده در فاضلاب تصفیه شده به کار گرفته شود. ضدعفونی فاضلاب در موارد ضروری و پیش نگری‌های لازم می‌تواند اثرات غیربهداشتی ناشی از کاربرد بی‌رویه فاضلاب را به حداقل برساند (۴). مقاله حاضر نتایج بکارگیری فاضلاب تصفیه شده در تصفیه‌خانه جنوب اصفهان را در یک مزرعه آزمایشی به منظور بررسی توانایی زمین و گیاه‌های مختلف در حذف فسفر، نیتروژن و پتاسیم موجود در فاضلاب تصفیه شده نشان می‌دهد.

نتایج به دست آمده

بخشی از فاضلاب تصفیه شده تصفیه خانه فاضلاب جنوبی اصفهان برای آبیاری یک مزرعه آزمایشی در مجاور آن بکار گرفته شد. در این مزرعه عمدتاً چهار نوع کشت (یونجه، سیب‌زمینی، ذرت و گندم) انجام می‌شد و بمنظور مقایسه نتایج، در کنار هر کشت آبیاری شده با فاضلاب دو کشت شاهد نیز حتی‌الامکان با وضعیت مساوی و با شرایط ارائه شده در جدول ۱

صورت می‌گرفت.

جدول ۱: نحوه کشت و آبیاری مزرعه آزمایشی

عنوان کشت	نحوه کشت و آبیاری
کشت فاضلابی	آبیاری با فاضلاب تصفیه شده
کشت شاهد ۱	آبیاری با آب چاه و افزودن کود شیمیایی (N,P,K) معادل مقدار موجود در مجموعه فاضلاب استفاده شده برای آبیاری کشت فاضلابی
کشت شاهد ۲	آبیاری با آب چاه بدون افزودن هیچگونه کود شیمیایی

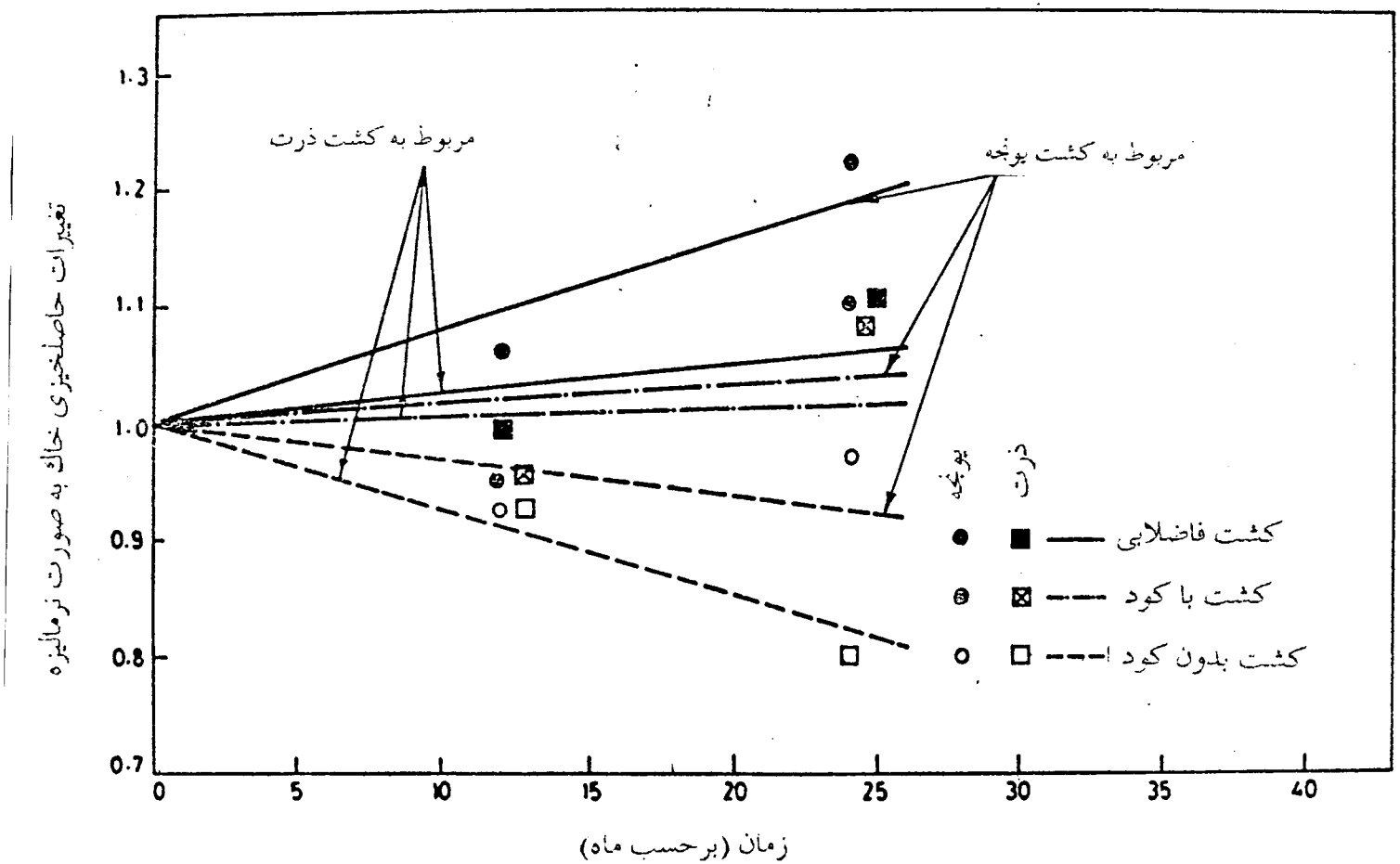
حاصلخیزی قطعات آزمایشی و کشت‌های شاهد برای محصولات مختلف در جدول ۲ ارائه شده‌است. در این جدول ملاحظه می‌شود مقدار محصول تولید شده در واحد سطح برای ذرت بیش از کشت‌های دیگر است. این مسئله نشان می‌دهد که توانایی ذرت برای استخراج مواد مغذی از خاک بیشتر از سایر کشت‌هاست.

جدول ۲: متوسط حاصلخیزی بر حسب وزن خشک محصول بر واحد سطح در روز، طی دوره کشت $(gr/m^2.d)$

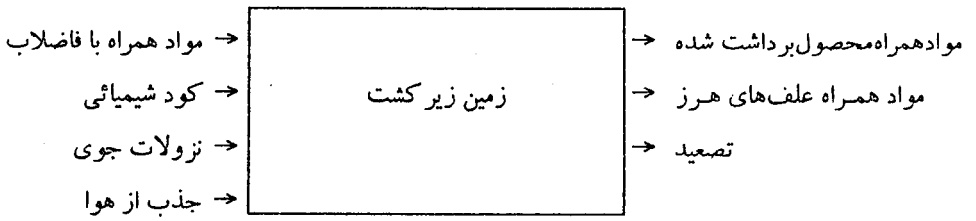
نوع کشت	آبیاری با فاضلاب تصفیه شده (کشت فاضلابی)	آبیاری با آب چاه افزودن کود (کشت شاهد ۱)	آبیاری با آب چاه (کشت شاهد ۲)
یونجه	۱۳/۱	۱۰/۵	۹/۶
ذرت	۱۵/۲	۱۲/۲	۱۰/۹
سیب‌زمینی	۱۱	۸/۲	۷/۱
گندم	۷/۹	۶/۶	۴/۰

افزایش مقدار حاصلخیزی با زمان برای زمین کشت فاضلابی بخوبی مشهود است. این روند برای زمین شاهد ۲ کاهشی و برای زمین شاهد ۱ تقریباً بدون تغییر ملاحظه می‌شود.
حاصلخیزی خاک برای یک دوره سه ساله در شکل ۱ نشان داده شده‌است. در این روند افزایش با در نظر گرفتن زمین زیرکشت بعنوان یک سیستم و همچنین مجموعه ورودی‌ها و خروجی‌ها، می‌توان موازنه جرم را برای مواد مغذی در مورد آن بکار گرفت و رابطه زیر را برقرار ساخت:

خروجی - ورودی = میزان افزایش یا کاهش در مواد مغذی موجود در خاک



شکل ۱: تغییرات حاصل‌خیزی برای کشت‌های یونجه و ذرت برای یک دوره سه ساله. مقدار محصول با توجه به مقدار تولید در سال اول نرمالیزه شده است به طوری که مقادیر کمتر از ۱ نشان‌دهنده روند کاهشی محصول برداشت شده و مقادیر بالاتر از ۱ نشان‌دهنده روند افزایشی محصول برداشت شده در واحد سطح است.



شکل ۲: اشکال مختلف ورود و خروج مواد مغذی در زمین زیرکشت

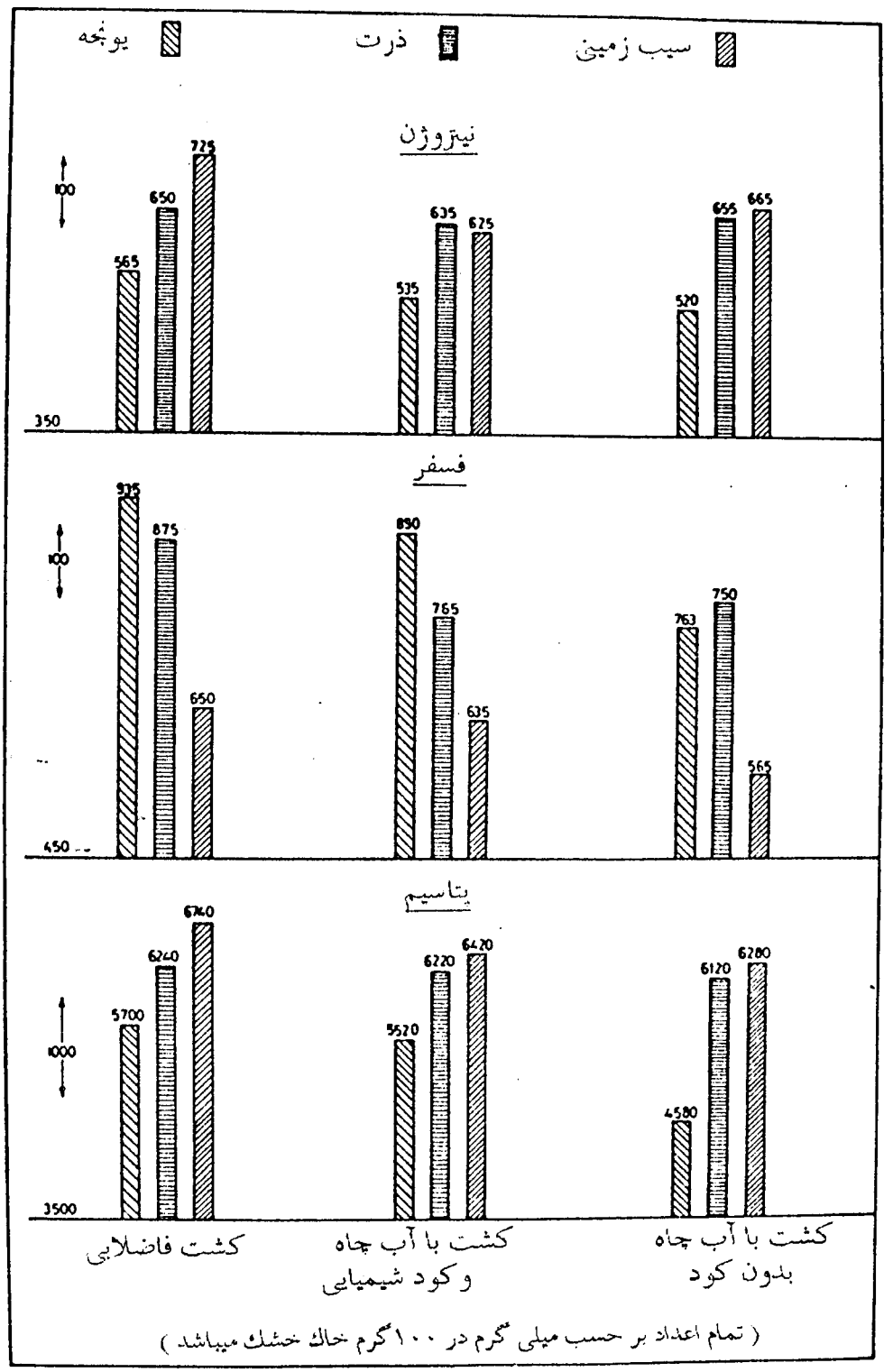
اجزای مختلف ورودی‌ها به سیستم و خروجی از سیستم در شکل ۲ نشان داده شده است. تمامی این عوامل قابل اندازه‌گیری یا محاسبه است. مقادیر مواد مغذی قبل و بعد از کشت از روی آزمایش خاک به دست آمده است. بدین ترتیب با انجام بیلان مواد برای نیتروژن، فسفر و پتاسیم متوسط راندمان حذف بر حسب درصدی از مواد مغذی داده شده به خاک محاسبه و در جدول ۳ نشان داده شده است. راندمان‌های زیر ۱۰۰ درصد نشان‌دهنده افزایش تدریجی این مواد در خاک است.

جدول ۳: متوسط راندمان حذف مواد مغذی در یک دوره سه ساله بر حسب درصد از کل مواد مغذی داده شده به خاک از طریق آبیاری با فاضلاب

نوع محصول	نیتروژن (٪)	فسفر (٪)	پتاسیم (٪)
یونجه	۱۵۲	۶۵/۵	۱۹۵
ذرت	۹۱/۸	۷۱/۳	۹۷/۴
سیب زمینی	۸۷/۶	۹۸/۹	۹۵/۲
گندم*	۳۴/۷	۳۲/۴	۱۰/۲

*بر اساس حذف توسط دانه گندم

اندازه‌گیری‌های مقدار رطوبت خاک قبل و بلافاصله بعد از آبیاری هفتگی نشان داد که مقدار رطوبت قبل و بعد از آبیاری بعد از عمق ۹۵ سانتی‌متری از سطح خاک تغییری نمی‌کند لذا می‌توان پذیرفت که تغییرات در مقدار مواد مغذی به علت افزایش کود و یا جذب ریشه در همین عمق صورت می‌پذیرد. این تغییرات پس از یک دوره سه ساله برای شرایط مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. از آنجا که شرایط اولیه زمین برای کشت‌های مختلف یکسان بوده است می‌توان باور داشت که تغییرات ایجاد شده به دلیل توانائی‌های نوع کشت در جذب مواد مختلف از خاک بوجود آمده است.



شکل ۳- متوسط مواد مغذی در عمق ۱۰۰- ۰ سانتی‌متری خاک برای کشت‌های یونجه، ذرت و سیب‌زمینی بعداز یک دوره سه ساله.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

از مجموعه آزمایش‌های انجام شده در استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری زمین‌های مزروعی می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

۱-در فصل رشد (ماه‌های معتدل و گرم) مجموعهٔ زمین و گیاه می‌تواند به عنوان "یک فیلتر زنده" برای حذف مواد معلق، *BOD*، نیتروژن، فسفر و پتاسیم باقی مانده در فاضلاب تصفیه شده عمل نماید.

۲-در ماه‌های سرد، خاک می‌تواند بعنوان محل ذخیره‌ای برای مواد مغذی موجود در فاضلاب عمل نماید که با شروع فصل بهار مواد ذخیره شده به گیاه منتقل شده، رشد بیشتر گیاه را باعث می‌شود.

۳-به نظر می‌رسد افزایش تدریجی مواد مغذی که از طریق آبیاری هفتگی با فاضلاب به خاک داده می‌شود باعث رشد بیشتر گیاه در مقایسه با افزودن این مواد به صورت کود شیمیایی (که معمولاً در یک یا دو نوبت در دوره کشت انجام می‌گیرد) می‌شود. ترکیب شیمیایی مواد مغذی در فاضلاب تصفیه شده هم می‌تواند در این رشد بیشتر، مؤثر باشد.

۴-استفاده از فاضلاب خام برای آبیاری زمین‌های کشاورزی پذیرفته نیست. علاوه بر اثرات نامطلوب بر خاک (از جمله کاهش تدریجی نفوذپذیری، خطرات بهداشتی عمده‌ای را در بر خواهد داشت. بعلاوه، میزان ضدعفونی فاضلاب تصفیه شده بستگی کامل به نوع محصول (خوراکی قابل استفاده به صورت خام از قبیل انواع صیفی‌جات تا محصول صنعتی غیرخوراکی نظیر پنبه و چوب) داشته و ضروری است استانداردهای لازم در این مورد کاملاً رعایت شود.

۵-افزایش تدریجی بعضی مواد مغذی در خاک اگرچه در سال‌های اولیه باعث برداشت محصول بیشتری می‌شود اما امکان مسمومیت خاک با رسیدن غلظت به حد بحرانی وجود دارد. از این رو مدیریت سیستم در انتخاب نوع کشت و تنظیم غلظت مواد مغذی در فاضلاب با اختلاط آن با آب معمولی از اهمیت خاصی برخوردار است.

۶-اگرچه اثرات کوتاه مدت استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری زمین‌های کشاورزی می‌تواند بسیار امیدوار کننده باشد اما اثرات دراز مدت آن بر روی خاک و اثرات تجمعی بعضی فلزات سنگین - که در این تحقیق مورد توجه نبوده است - که معمولاً در فاضلاب شهری یافت می‌شود، ممکن است بر روی مصرف‌کنندگان نهایی خطرات جدی و زیان بخشی را بوجود آورد.

فهرست منابع

1) *Rhett, J.T. (1978) "Achieving water quality through effective recycling of wastewater", Proceedings of the international symposium on Land Treatment of Wastewater, USA.*

2) *Shayegan, J.and Sanai, M. (1980) "Land disposal of wastewater from a beet sugar factory and its effects on soil", Environmental Pollution (Series B) 1, 61- 70*

3) *Sanai, M. and shayegan, J. (1979), Water pollution abatement through reuse of municipal wastewater in agricultural systems", Proceedings of the international symposium on Land Treatment of Wastewater, USA.*

4) *Uiga, A.(1978) "Relative heath factors comprising activated sludse systems to land application systems", Proceedings of the international symposium on Land Treatment of Wastewater, USA.*

5) *Sanai, M and shayegan, J. (1978) "Land disposal of secondary-treated wastewater effluents" Proceeding of the Int. Sym. in Land Treatment of Wastewater, USA.*

6) *Sanai, M and Shayegan, J. (1980) "Field experments on application of treated municipal wastewater to vegetated lands" Water Pollution Control, 79 (1), 126 - 136*

7) *Shayegan, J. and Mirzadeh, A. (1979) "Industrial wastewater treatment by agricultural land inregation" Bulletin of Iranian Petroleum Inst. No. 74*

8) *Sanai, M. and Shyegam, J. (1977) "Wastewater reuse in agriculture", Proceedings of third Iranian Congress of Chem. Eng., Iran.*

9) *Sanai, M. and Shayegan, J. (1977) "The use of secondary treated wastewater for energy efficient crop production" ,proceedings of International Conference on Energy Use Management , Arizona, USA, 481-485*

۱۰) ثنائی، محسن و شایگان، جلال (۱۳۵۸) "کاهش آلودگی زاینده‌رود از طریق جلوگیری از ورود فاضلاب‌های شهری به آن "، نشریه انجمن نفت، شماره ۷۴ و ۷۵

۱۱) شایگان، جلال (۱۳۵۹) "مشکل فاضلاب در ایران و راه حل دفع زمینی"، مجموعه مقالات سمینار آب کشور، وزارت نیرو.