استاندارد ملی ایران
۱-۲۱۸۷۶
تجدیدنظر اول
۱۴۰۱

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iran National Standards Organization

INSO
21876-1
1st Revision
2023

Modification of
ISO 16075-1:
2020

استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری- قسمت ۱: مبانی پروژه استفاده از پساب برای آبیاری- راهنما

Treated wastewater use for irrigation projects – Part 1: The basis of a reuse project for irrigation– Guidelines

ICS: 13.060.01;13.060.30

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@inso.gov.ir

وب‌گاه: http://www.inso.gov.ir

Iran National Standards Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@inso.gov.ir

Website: http://www.inso.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد ، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفهٔ تعیین، تدوین، به‌روزرسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته پروژه و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی پروژه، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که براساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را براساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری- قسمت ۱: مبانی پروژه استفاده از پساب برای آبیاری- راهنما»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
جعفرزاده حقیقی فرد، نعمت‌الله (دکتری بهداشت محیط)	عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات فناوری های زیست محیطی - دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز
دبیر:	
شیرالی، لیلا (کارشناسی ارشد شیمی معدنی)	کارشناس هماهنگی امور تدوین اداره کل استاندارد استان خوزستان
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
استاد، هانی (کارشناسی ارشد مهندسی عمران آب سازه‌های هیدرولیکی)	کارشناس شرکت آبفای استان خوزستان
اسدآبادی، الهام (کارشناسی ارشد مدیریت محیط‌زیست)	کارشناس دفتر مدیریت کیفیت منابع آب معاونت مطالعات پایه سازمان آب و برق خوزستان
انتظاری، صابر (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- محیط زیست)	کارشناس بهره‌برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
بابائی، نادیا (دکتری مهندسی عمران- مهندسی و مدیریت منابع آب)	کارشناس گروه آب‌های سطحی دفتر حفاظت و مدیریت زیست‌محیطی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست کشور
برغمدی، مرتضی (کارشناسی مهندسی بهداشت محیط)	کارشناس مسئول پایش آب شرکت آب و فاضلاب استان خراسان رضوی
تکدستان، افشین (دکتری مهندسی محیط زیست)	ریاست مرکز تحقیقات فناوری‌های زیست محیطی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز
جاسم‌پور، لیلا (کارشناسی ارشد زمین‌شناسی)	کارشناس سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی استان خوزستان
جامعی، نازنین (کارشناسی ارشد علوم محیط‌زیست)	رئیس گروه ارزیابی طرح‌های توسعه و ساماندهی منابع آب سازمان آب و برق استان خوزستان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
جوادی، مریم (کارشناسی ارشد شیمی آلی)	سرپرست و مدیر فنی ایزو ۱۷۰۲۵ شرکت فجر انرژی خلیج فارس
جهانی بهنمیری، اصغر (دکتری مهندسی محیط زیست)	رئیس کمیته فنی متناظر INSO/TC 282 و مدیر گروه محیط زیست و آب‌های غیرمتعارف شرکت مدیریت منابع آب ایران
حسن‌زاده، ناهید (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب)	کارشناس گروه بهداشت آب و فاضلاب وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
حسین‌زاده، وحید (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)	کارشناس مسئول بهره‌برداری شرکت آب و فاضلاب کشور
خاشعی، مرجان (دکتری آلودگی محیط زیست)	کارشناس مسئول آزمایشگاه محیط زیست اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان
خاکپور، مائده (کارشناسی ارشد محیط زیست)	سرپرست محیط زیست شرکت گروه ملی صنعتی فولاد ایران
خاور، سیده لیلا (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب)	رئیس گروه بررسی زیست محیطی فاضلاب ها دفتر حفاظت و مدیریت زیست محیطی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست کشور
دهکردی، شکوه (کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست)	کارشناس مطالعات کیفیت و آلودگی منابع آب معاونت مطالعات جامع منابع آب دفتر مدیریت کیفیت منابع آب سازمان آب و برق خوزستان
رئیسی، غلامرضا (کارشناسی ارشد محیط زیست- آب و فاضلاب)	سرپرست مرکز پایش و نظارت بر کیفیت آب و فاضلاب شرکت آب و فاضلاب اهواز
رحمانی ایوریق، بهنام (کارشناسی ارشد زمین‌شناسی زیست‌محیطی)	کارشناس گروه خاک دفتر حفاظت و مدیریت زیست محیطی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست کشور
سواری، سعیده (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- آلودگی هوا)	کارشناس معاونت مطالعات جامع منابع آب دفتر مدیریت کیفیت منابع آب سازمان آب و برق خوزستان
سعادت، سجاد (دکتری محیط زیست- ارزیابی و آمایش سرزمین)	معاون فنی و پردازش سازمان مدیریت پسماند شهرداری اهواز
شیجونی فومنی، ندا (کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)	دبیر کمیته فنی متناظر INSO/TC 147 و کارشناس پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
شارخی رضایی، شکوفه (دکتری علوم و مهندسی صنایع غذایی- شیمی مواد غذایی)	دبیر کمیته فنی متناظر INSO/TC 282 و کارشناس پژوهشگاه استاندارد
شقاقی، غلامرضا (کارشناسی ارشد مهندسی عمران- محیط زیست)	رئیس گروه آب و فاضلاب مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
شاهین‌زاده، نوشین (دکتری مهندسی کشاورزی- شیمی و حاصلخیزی خاک)	کارشناس معاونت مطالعات جامع منابع آب دفتر مدیریت کیفیت منابع آب سازمان آب و برق خوزستان
صادقی، لیلا (کارشناسی ارشد محیط زیست- ارزیابی و آمایش سرزمین)	کارشناس دفتر مدیریت کیفیت منابع آب معاونت مطالعات پایه سازمان آب و برق خوزستان
طیبی، نجمه (کارشناسی ارشد شیمی حاصلخیزی خاک)	کارشناس مکانیک خاک دفتر امور خاک کشاورزی معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی
عباس اصل حیزانی، آسیه (کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)	مسئول فنی شرکت پارس لیان اروند شعبه خرمشهر
عباس اصل حیزانی، زینب (دکتری مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب)	کارشناس آزمایشگاه شرکت آزما زیست کیمیای اروند
فدعمی، سمیه (کارشناسی ارشد شیمی معدنی)	رییس گروه کنترل کیفیت فاضلاب شرکت آب و فاضلاب استان خوزستان
قبادی نژاد، سپیده (کارشناسی ارشد شیمی معدنی)	سرپرست برنامه‌ریزی انرژی و تأسیسات شرکت گروه ملی صنعتی فولاد
کجباف والا، غلامرضا (کارشناسی ارشد گیاه پزشکی)	بازنشسته مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان
کریمی نژاد، ژاله (دکتری منابع طبیعی و محیط زیست- آلودگی محیط‌زیست)	رئیس گروه توسعه پایدار و امور فناوری سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان
کیانپور، حسین (کارشناسی مهندسی صنایع شیمیایی)	رئیس اداره تصفیه آب و پساب شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
گوشه، محی‌الدین (دکتری خاک‌شناسی- شیمی و حاصلخیزی خاک)	رئیس بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان
لویمی، لیلا (کارشناسی ارشد محیط زیست)	سرپرست تصفیه پساب صنعتی شرکت کشت و صنعت دعبل خزاعی
مهرمولائی، فاطمه (کارشناسی ارشد شیمی آلی)	رئیس اداره امور هماهنگی تدوین استاندارد اداره کل استاندارد استان خوزستان
مرادی، شهرام (دکتری مهندسی علوم آب- مهندسی منابع آب)	مدیر مرکز پایش و نظارت بر کیفیت آب و فاضلاب شرکت آبفای استان خوزستان
میرزاوند، جهانبخش (دکتری علوم خاک)	مدیر کل دفتر امور خاک کشاورزی معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی
یاقوت نژاد، بتول (کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- آب و فاضلاب)	مدیر دفتر کیفیت منابع آب سازمان آب و برق خوزستان
یوسفی، مریم (دکتری مهندسی کشاورزی- آبیاری و زهکشی)	نماینده دفتر توسعه نظام‌های فنی، بهره‌برداری و دیسپاچینگ برقابی شرکت مدیریت منابع آب ایران

ویراستار:	
مهرمولائی، فاطمه (کارشناسی ارشد شیمی آلی)	رئیس اداره امور هماهنگی تدوین استاندارد اداره کل استاندارد استان خوزستان

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ط
مقدمه ی
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۲
۳ اصطلاحات، تعاریف و کوته‌نوشت‌ها ۲
۳-۱ اصطلاحات و تعاریف ۲
۳-۲ کوته‌نوشت‌ها ۱۳
۴ بهبود کیفیت و استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده ۱۴
۴-۱ کلیات ۱۴
۴-۲ بهبود کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری ۱۴
۴-۳ به‌کارگیری اقدامات زراعی و آبیاری مناسب ۱۴
۵ عوامل موثر در پروژه‌های آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده: کیفیت آب، اقلیم و خاک ۱۵
۵-۱ کلیات ۱۵
۵-۲ کیفیت آب ۱۵
۵-۳ اقلیم ۱۹
۵-۴ خاک ۲۰
۶ اثرات متفاوت بر سلامت عمومی، خاک، محصولات و منابع آب ۲۳
۶-۱ اثرات بر سلامت عمومی ۲۳
۶-۲ اثرات بر خاک و محصولات ۲۳
۶-۳ اثرات بر منابع آب ۳۱
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) مثال‌هایی از راهکارهای بهبود کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده ۳۵
پیوست ب (آگاهی‌دهنده) مثال‌هایی از معیارهای اقلیمی و خاک ۳۶
پیوست پ (آگاهی‌دهنده) مثال‌هایی از حداکثر سطوح مواد مغذی و عوامل شوری در فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری ۳۷
پیوست ت (آگاهی‌دهنده) مثالی از گروه‌های حساسیت آب زیرزمینی ۴۱
پیوست ث (آگاهی‌دهنده) تغییرات اِعمال‌شده در این استاندارد نسبت به استاندارد منبع ۴۳
کتاب‌نامه ۴۴

پیش‌گفتار

استاندارد « استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری- قسمت ۱: مبانی پروژه استفاده از پساب برای آبیاری- راهنما » که نخستین‌بار در سال ۱۳۹۵ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین المللی/ منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به‌روش اشاره شده در مورد پ، بند۷، استاندارد ملی شماره ۵ برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در یک‌صد و هفتاد و سومین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد آب و آبفا مورخ ۱۴۰۱/۱۲/۱۵ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران درصورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط موردتوجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱-۲۱۸۷۶: سال ۱۳۹۵ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به‌روش «ترجمه تغییریافته» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی همراه با اعمال تغییرات با توجه به مقتضیات کشور است:

ISO 16075- 1: 2020, Guidelines for treated wastewater use or irrigation projects – Part 1: The basis of a reuse project for irrigation

مقدمه

تلاش‌های فزاینده برای کنترلِ کمبود و آلودگی آب در بسیاری از کشورها، فاضلاب شهری و صنعتی تصفیه‌شده (پساب) را به گزینه‌ای مناسب برای تقویت منابع تأمین آب موجود، تبدیل کرده است، به‌ویژه وقتی که با جایگزین‌هایی مانند نمک‌زدایی یا توسعه منابع آبی جدید با استفاده از سدها و مخازن مقایسه می‌شود. استفاده از پساب، باعث می‌شود با تولید «آب جدید» از فاضلاب شهری و کاهش تخلیه فاضلاب به محیط‌زیست، بسته شدن سیکل چرخه آب در نقطه‌ای نزدیک‌تر به شهرها را ممکن می سازد.

فاضلاب تصفیه‌شده (TWW)[1]، (که به آن آب بازیافتی یا آب بازچرخانی نیز گفته می‌شود) می‌تواند برای مقاصد مختلف غیرقابل شرب استفاده شود. کاربردهای غالب برای استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده شامل آبیاری کشاورزی، آبیاری مناظر طبیعی، استفاده پساب در مصارف صنعتی و تغذیه آب زیرزمینی است. کاربردهای جدیدتر و به سرعت در حال رشد برای مصارف مختلف شهری، مصارف تفریحی و محیط‌زیستی و استفاده مستقیم و غیرمستقیم پساب برای شرب است.

یک مفهوم جدید و مهم در استفاده از پساب، رویکرد «متناسب با هدف» است، که مستلزم تولید آب با کیفیت بازیافتی است که نیازهای کاربران نهایی موردنظر را برآورده می‌کند. در شرایطی که آب بازیافتی برای آبیاری استفاده شود، کیفیت آب بازیافتی ایجاب می‌کند که گیاه متناظر و سازگار با آن انتخاب گردد. بنابراین حسب نوع کاربری استفاده از پساب، درجه موردنیاز تصفیه فاضلاب و از طرفی، اطمینان‌پذیری فرایندها و بهره‌برداری تعیین می‌گردند.

آبیاری کشاورزی به احتمال زیاد بزرگ‌ترین مصرف‌کننده پساب با فواید و سهم شناخته‌شده در امنیت غذایی بوده، هست و خواهد ماند. مشخصه بارز بازچرخانی آب شهری، به‌ویژه آبیاری مناظر طبیعی، توسعه سریع بوده و نقش مهمی برای پایداری شهرها در آینده، از جمله کاهش ردپای[2] انرژی، رفاه انسان و احیای محیط‌زیست، خواهد داشت.

مناسب بودن استفاده از پساب برای یک نوع کاربری خاص، به تناسب و انطباق بین حجم پساب دردسترس، میزان آب موردنیاز آبیاری در طول سال و همچنین به کیفیت آب و الزامات خاص نحوه استفاده از آن بستگی دارد. استفاده از پساب برای آبیاری بسته به کیفیت آب، روش کاربرد پساب برای آبیاری، مشخصات خاک، شرایط اقلیمی و اقدامات زراعی می‌تواند ریسک‌هایی را برای سلامت و محیط‌زیست به‌همراه داشته باشد. در نتیجه، سلامت عمومی و اثرات نامطلوب زراعی و محیط‌زیستی بالقوه به‌عنوان موارد اولویت‌دار در توسعه موفقیت‌آمیز پروژه‌های استفاده از پساب برای آبیاری در نظر گرفته می‌شوند. برای جلوگیری از چنین اثرات نامطلوب بالقوه‌ای، توسعه و به‌کارگیری مجموعه راهنما و دستورالعمل برای استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده ضروری است.

1- Treated WasteWater
2- Footprint

عوامل اصلی کیفیت آب که مطلوبیت فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری را تعیین می‌کنند شامل میزان عوامل بیماری‌زا[1]، شوری، سدیمی‌بودن، سمیّت یونی خاص، غلظت فلزات سنگین، سایر عناصر شیمیایی و مواد مغذی هستند. مقامات صلاحیت‌دار سلامت محلی مسئول ایجاد مقادیر آستانه کیفیت آب، بسته به مصارف مجاز هستند و همچنین مسئول تعریف اقدامات برای اطمینان از سلامت و حفاظت محیط‌زیستی با در نظر گرفتن ویژگی‌های محلی هستند.

از نقطه‌نظر زراعی، محدودیت اصلی در استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری، از کیفیت آن ناشی می‌شود. فاضلاب تصفیه‌شده، برخلاف آبی که برای مصارف خانگی و صنعتی تامین می‌شود، حاوی غلظت‌های بالاتری از مواد معدنی معلق و محلول (کل نمک‌های محلول، سدیم، کلرید، بور، فلزات سنگین) است که می‌تواند به خاک و محصولات آبیاری‌شده آسیب برساند. نمک‌های محلول به‌وسیله فناوری‌های متداول تصفیه فاضلاب حذف نمی‌شوند و مدیریت مناسب، اقدامات زراعی و آبیاری برای جلوگیری یا به‌حداقل‌رساندن اثرات منفی بالقوه مدنظر هستند.

حضور مواد مغذی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به دلیل صرفه‌جویی احتمالی در کودها می‌تواند به یک مزیت تبدیل شود. بااین‌حال، مقدار مواد مغذی تأمین‌شده به‌وسیله فاضلاب تصفیه‌شده در طول دوره آبیاری لزوماً با نیازهای محصول هماهنگ نیست و قابلیت دسترسی مواد مغذی به حالت‌های شیمیایی بستگی دارد.

این استاندارد، راهنمایی‌های لازم درخصوص بهره‌برداری، پایش و نگهداری مطلوب پروژه‌های استفاده از پساب در آبیاری نامحدود و محدود محصولات کشاورزی، باغ‌ها و فضای سبز را که از فاضلاب تصفیه‌شده استفاده می‌کنند، از جنبه های بهداشتی، آب‌شناختی[2] و محیط زیستی ارائه می‌نماید. بهتر است کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده برای عرضه منعکس‌کننده مصارف احتمالی با توجه به حساسیت محصول (از نظر سلامت و کشاورزی)، منابع آب (حساسیت آب‌شناختی منطقه پروژه)، خاک و شرایط اقلیمی باشد.

این استاندارد به عوامل دست‌اندرکار در پروژه‌های استفاده از پساب برای آبیاری صرف‌نظر از اندازه، مکان و پیچیدگی اشاره دارد و برای مصارف موردنظر از فاضلاب تصفیه‌شده در یک پروژه مشخص قابل‌اجرا است، حتی اگر چنین مصارفی در نتیجه تغییرات در خود پروژه یا در قوانین قابل‌اجرا در طول عمر پروژه، تغییر کنند.

عوامل کلیدی در تضمین سلامت، محیط‌زیست و ایمنی پروژه‌های استفاده از پساب در آبیاری به شرح زیر می‌باشند:

- پایش کافی بر کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده برای اطمینان از عملکردهای سامانه همان طور که برنامه‌ریزی و طراحی‌شده است؛
- دستورالعمل‌های طراحی و نگهداشت سامانه‌های آبیاری برای اطمینان از بهره‌برداری مناسب آن‌ها در بلندمدت؛

1- Pathogen
2- Hydrological

- سازگاری بین کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده، روش توزیع، خاک و محصولات موردنظر برای اطمینان از استفاده مناسب از خاک و رشد محصول سالم؛
- سازگاری بین کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده و استفاده از آن برای جلوگیری یا به‌حداقل‌رساندن آلودگی احتمالی منابع آب زیرزمینی یا سطحی.

طرح‌ریزی این استاندارد، برای جلوگیری از ایجاد استانداردها یا راهنمای خاص سازگار با هر یک از مناطق، کشورها یا سازمان ها نبوده است. درصورت انتشار چنین استانداردهایی، توصیه می‌شود برای اطمینان از یکنواختی در بین کل جامعه استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده، به این استاندارد مراجعه کنید.

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۲۱۸۷۶ است. سایر قسمت‌های این استاندارد عبارت است از:

- قسمت ۲: توسعه پروژه- راهنما
- قسمت ۳: اجزا پروژه پساب برای آبیاری- راهنما
- Part 4: Monitoring
- Part 5: Treated wastewater disinfection and equivalent treatments

استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری- قسمت ۱: مبانی پروژه
استفاده از پساب برای آبیاری- راهنما

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه راهنمایی‌های توسعه و اجرای پروژه‌های استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده (TWW) در آبیاری، با در نظر گرفتن پارامترهای اقلیمی و خاک است.

این استاندارد، شامل ارائه راهنمایی برای تمام عناصر پروژه استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری محدود و نامحدود موارد ذیل و مشتمل بر طراحی، مواد، ساخت و عملکرد می‌باشد:

- آبیاری محصولات کشاورزی؛
- آبیاری باغ‌های خصوصی و عمومی و مناظر طبیعی شامل پارک‌ها، زمین‌های ورزشی، زمین‌های گلف، گورستان‌ها و غیره.

این استانداردها برای کمک به کاربران فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری مفید است. همچنین این استانداردها، گستره‌های وسیع و معمول کیفیت آب را به جای گستره‌های استثنایی یا منحصر به‌فرد در بر می‌گیرد و مورداستفاده متخصصان، مانند شرکت‌های آبیاری (طراحان و بهره‌برداران)، مشاوران یا کارشناسان ترویج کشاورزی، شرکت‌های آب (طراحان و بهره‌برداران)، تاسیسات آب و مراجع ذی‌صلاح قانونی محلی است. برای استفاده از این استاندارد توسط کاربران، ممکن است نیاز به مشخصه‌های بیشتری باشد.

هیچ‌کدام از قسمت‌های این استاندارد برای صدور گواهی‌نامه یا مجوز کاربرد ندارد.

این استاندارد، پارامترهای کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده به‌شرح زیر را پیشنهاد می‌کند:

- پارامترهای زراعی: مواد مغذی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و عوامل شوری (میزان نمک کل، کلرید، بور و غلظت سدیم) و غلظت فلزات سنگین؛
- حضور عوامل بیماری‌زا.

هر کدام از این پارامترها می‌توانند اثرات احتمالی بر محصولات، خاک و سلامت عمومی داشته باشند. در این استاندارد امکان جلوگیری از اضافه‌شدن آلاینده‌ها در طول تولید فاضلاب و قابلیت حذف آن‌ها در طول دوره تصفیه را مورد بحث قرار می‌دهد.

این استاندارد در ارتباط با فاضلاب‌های تصفیه‌شده دارای آلاینده‌های نوظهور (مانند بقایای محصولات دارویی و مراقبت شخصی) کاربرد ندارد.

به‌منظور جلوگیری از انتقال بیماری توسط عوامل بیماری‌زا در آب، بهتر است پروژه استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری مطابق با کیفیت بهداشتی فاضلاب تصفیه‌شده طراحی شود.

به‌منظور ایجاد وحدت رویه بین ارگان‌ها و سازمان‌های دست‌اندرکار در پروژه استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده، به‌کارگیری این استانداردها توصیه می‌شود.

در این استاندارد، مبانی بهداشتی، آب‌شناختی و محیط‌زیستی و زراعی بخش‌های طراحی، بهره‌برداری، پایش و نگهداری سامانه آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده ارائه شده است.

یادآوری ۱- هنگام استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری، رعایت قانون حفاظت از خاک، حدود مجاز آلودگی خاک و آلاینده های ورودی به آن برای کاربردهای مختلف خاک که توسط مرجع ذی‌صلاح قانونی تعیین شده، ضروری است [۴] و [۵].

یادآوری ۲- به‌منظور لحاظ نمودن کلیه جوانب مرتبط با موضوع استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در مصارف مختلف، استانداردهای خروجی فاضلاب در راستای حفاظت از منابع آب و خاک ملاک عمل قرار گیرد [۶].

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مرجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸، استفاده از پساب- واژه‌نامه

۳ اصطلاحات، تعاریف و کوته‌نوشت‌ها

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه‌شده در استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود[۱]:

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

۳-۱-۱

گندزدایی تکمیلی

additional disinfection

۱- اصطلاحات و تعاریف به‌کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وب‌گاه‌های www.iso.org/obp و www.electropedia.org/ قابل دسترس است.

گندزدایی فاضلاب تصفیه‌شده که در پروژه استفاده از پساب به‌منظور بالا بردن کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده قبل از آبیاری علاوه‌بر گندزدایی قبلی در تصفیه‌خانه فاضلاب (WWTP)[1] و/ یا یک مخزن (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۲۶)، در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری ۱- برای تعریف «گندزدایی» به اصطلاح و تعریف ۳-۲۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

یادآوری ۲- برای تعریف «استفاده از پساب» به اصطلاح و تعریف ۳-۸۴ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

۳-۱-۲

آب‌پاش پیکانی

boom sprinkler

ماشین آب‌پاشی متحرک (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۱۷) که ترکیبی از دو لوله متقارن (بازوها) با نازل‌های آب‌پاش (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷) توزیع‌شده در یکی از لوله‌ها است و با فعالیت آب‌پاشی به‌وسیله یک آب‌پاش تفنگی قرار گرفته در انتهای هر دو لوله، کامل می‌شود.

یادآوری- نازل‌ها از طریق یک اثر واکنشی (شبیه یک شریان‌بند[2] هیدرولیکی) کار می‌کنند که در یک سرعت دلخواه بازو، به صورت دورانی گردش می‌کنند.

۳-۱-۳

رده A: فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت خیلی بالا

category A: very high quality TWW

فاضلاب خام (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۲۵) که تحت تصفیه بیولوژیکی و فیزیکی، فیلتراسیون و گندزدایی قرار گرفته و میانگین کیفیت آن مطابق با موارد زیر است:

- BOD: ≤ ۵ mg/l؛ (حداکثر ۱۰ mg/l)؛
- TSS: ≤ ۵ mg/l؛ (حداکثر ۱۰ mg/l)؛
- کدورت: ≤ ۳ NTU؛ (حداکثر ۶ NTU)؛
- ۱۰ ≤ : (۹۵ ٪) کلیفرم‌های گرماپای[3] وقتی که ۱۰۰ ml/ تعداد (حداکثر ۱۰۰ ml/ تعداد ۱۰۰).

یادآوری ۱- برای تعریف «فیلتراسیون» به اصطلاح و تعریف ۳-۲۷ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷ : سال ۱۳۹۸، مراجعه کنید.

یادآوری ۲- برای تعریف «گندزدایی» به اصطلاح و تعریف ۳-۲۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸، مراجعه کنید.

1- Wastewater Treatment Plant
2- Tourniquet
3- Termo-tolerant coliforms

یادآوری ۳- برای اطلاعات بیشتر در مورد کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده به جدول 1 استاندارد ISO 16075-2 مراجعه کنید.

۴-۱-۳

رده B: فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت بالا

category B: high quality TWW

فاضلاب خام (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۲۵) که تحت تصفیه بیولوژیکی و فیزیکی، فیلتراسیون و گندزدایی قرار گرفته و میانگین کیفیت آن مطابق با موارد زیر است:

– BOD: ≤ ۱۰ mg/l (حداکثر ۲۰ mg/l)؛

– TSS: ≤ ۱۰ mg/l (حداکثر ۲۵ mg/l)؛

– ۲۰۰ ≤ (۹۵ ٪) کلیفرم‌های گرماپای وقتی که ۱۰۰ ml/ تعداد (حداکثر ۱۰۰ ml/ تعداد ۱۰۰۰).

یادآوری ۱- برای تعریف «فیلتراسیون» به اصطلاح و تعریف ۳-۲۷ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

یادآوری ۲- برای تعریف «گندزدایی» به اصطلاح و تعریف ۳-۲۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

یادآوری ۳- برای اطلاعات بیشتر در مورد کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده به جدول 1 استاندارد ISO 16075-2 مراجعه کنید.

۵-۱-۳

رده C: فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت خوب

category C: good quality TWW

فاضلاب خام (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۲۵) که تحت تصفیه بیولوژیکی و فیزیکی قرار گرفته و میانگین کیفیت آن مطابق با موارد زیر است:

– BOD: ≤ ۲۰ mg/l (حداکثر ۳۵ mg/l)؛

– TSS: ≤ ۳۰ mg/l (حداکثر ۵۰ mg/l)؛

– ۱۰۰۰ ≤ (۹۵ ٪) کلیفرم‌های گرماپای وقتی که ۱۰۰ ml/ تعداد (حداکثر ۱۰۰ ml/ تعداد ۱۰۰۰۰)؛

– ۱ ≤ نماتدهای روده‌ای[1] تخم/ l.

یادآوری- برای اطلاعات بیشتر در مورد کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده به جدول 1 استاندارد ISO 16075-2 مراجعه کنید.

1- Intestinal nematodes

۶-۱-۳

رده D: فاضلاب تصفیه‌شده با کیفیت متوسط

category D: medium quality TWW

فاضلاب خام (مطابق با زیربند ۳-۱-۲۵) که تحت تصفیه بیولوژیکی و فیزیکی قرار گرفته و میانگین کیفیت آن مطابق با موارد زیر می‌باشد:

– BOD: ≤ ۶۰ mg/l ؛ (حداکثر ۱۰۰ mg/l)؛

– TSS: ≤ ۹۰ mg/l؛ (حداکثر ۱۴۰ mg/l)؛

– نماتدهای روده‌ای: ≤ ۱ تخم/ l؛ (حداکثر ۵ تخم/ l).

یادآوری- برای اطلاعات بیشتر در مورد کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده به جدول 1 استاندارد ISO 16075-2 مراجعه کنید.

۷-۱-۳

رده E: فاضلاب تصفیه‌شده گسترده

category E: extensively TWW

منظور از تصفیه‌شده گسترده، فاضلاب خامی است که (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۲۵)که تحت فرایند تصفیه بیولوژیکی طبیعی با زمان ماند[1] طولانی (حداقل ده روز تا پانزده روز) قرار گرفته و میانگین کیفیت آن مطابق با موارد زیر است:

– BOD: ≤ ۲۰mg/l؛ (حداکثر ۳۵ mg/l)؛

– نماتدهای روده‌ای: ≤ ۱ تخم/ l؛ (حداکثر ۵ تخم/ l).

یادآوری- برای اطلاعات بیشتر در مورد کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده به جدول 1 استاندارد ISO 16075-2 مراجعه کنید.

۸-۱-۳

ماشین آبیاری سنتر پیوت (عقربه‌ای) با حرکت جانبی

center-pivot and moving lateral irrigation machine

ماشین آبیاری خودکار تشکیل‌شده از تعدادی برج خودکششی نگهدارنده خط لوله‌ای که حول یک نقطه محوری می‌چرخد و از طریق آن آب تامین‌شده در نقطه محوری به‌صورت شعاعی به بیرون منتقل می‌شود تا از طریق آب‌پاش‌ها، (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷) یا پاشنده‌های[2] مستقر در امتداد خط لوله پخش شود.

1- Retention time
2- Sprayers

۳-۱-۹

پخش‌کننده (روزنه)

لوله پخش‌کننده
قطره‌چکان

emitter
emitting pipe
dripper

وسیله‌ای که برای آبیاری جانبی و برای تخلیه آب به صورت قطره‌ای یا جریان مداوم با نرخ جریـان بیشتر از ۱۵ l/h به هنگام شستشو در نظر گرفته شده است.

۳-۱-۱۰

پارامتر محیط زیستی

environmental parameter

ویژگی قابل سنجش از جنبه محیط‌زیستی است.

یادآوری- برای تعریف «جنبه محیط‌زیستی» به اصطلاح و تعریف ۳-۲۴ استاندارد ملـی ایـران شـماره ۲۲۷۵۷: سـال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

۳-۱-۱۱

سامانه آبیاری با جریان ثقلی

gravity flow irrigation system

سامانه آبیاری، جایی که آب به‌طور مستقیم به سطح خاک (مطابق با اصطلاح و تعریـف ۳-۱-۳۲) می‌رسد و تحت فشار نیست.

یادآوری- برای تعریف «سامانه آبیاری» به اصطلاح و تعریف ۳-۴۳ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سـال ۱۳۹۸ مراجعـه کنید.

۳-۱-۱۲

پخش‌کننده (روزنه) داخل خط

in-line emitter

روزنه (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۹) تعبیه‌شده برای نصب بین دو شاخه لوله جانبی آبیاری است.

۳-۱-۱۳

آب‌پاش تفنگی

irrigation gun

وسیله تخلیه بزرگ شامل آب‌پاش نیم‌دایره یا آب‌پاش (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷) تمام دایره‌ای است.

۳-۱-۱۴

پاشنده آبیاری

irrigation sprayer

وسیله‌ای که آب را به شکل فواره‌های ریز یا بـــــه شکل پروانه‌ای[1]، بدون حرکت چرخشی اجزای آن تخلیه می‌کند.

۳-۱-۱۵

سامانه خُردآبیاری

micro-irrigation system

سامانه‌ای که قابلیت رساندن آب به گیاهان به‌صورت قطره‌ای، جریان‌های ریز یا پاشش کوچک را دارد.

یادآوری- آبیاری قطره‌ای سطحی، زیرسطحی و آبیاری خُرد مه‌پاش (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۱۶) انواع اصلی این سامانه هستند.

۳-۱-۱۶

سامانه آبیاری خُرد مه‌پاش

micro-spray irrigation system

سامانه‌ای که منابع نقطه‌ای آب در آن مشابه آب‌پاش‌های (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷) مینیاتوری[2]، (خُردآب‌پاش‌ها) که در طول لوله‌های جانبی قرار گرفته و با نرخ جریان بین ۳۰ l/h تا ۱۵۰ l/h در ارتفاع فشاری[3] ۱۵ m تا ۲۵ m محدوده‌ای بین ۲ m تا ۶ m را خیس می‌کند.

۳-۱-۱۷

ماشین آب‌پاشی متحرک

mobile sprinkling machine

1- Fan
2- Miniature
3- Pressure head

یک دستگاه آب‌پاشی که به‌طور خودکار از میان سطح خاک (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۲) در حین استفاده از آب، حرکت می‌کند.

۳-۱-۱۸

پخش‌کننده (روزنه) بر خط

on-line emitter

روزنه (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۹) تعبیه‌شده روی جداره یک لوله جانبی آبیاری، که به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم، به‌وسیله بست‌ها روی لوله جانبی نصب می‌شود.

۳-۱-۱۹

سامانه لوله روزنه‌دار

perforated pipe system

لوله پخش‌کننده (روزنه)، (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۹)، لوله پیوسته، شیلنگ یا لوله مشتمل بر یک شیلنگ تاشو با سوراخ‌های ریز که تخلیه آب به صورت قطرات یا جریان پیوسته با نرخ‌های حداکثر تا ۱۵ l/h برای هر واحد روزنه صورت می‌گیرد.

۳-۱-۲۰

سامانه ثابت

permanent system

در سامانه آبیاری ثابت (آب‌پاش‌ها (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷))، تمامی اجزای سامانه آبیاری در موقعیت‌های خود ثابت بوده و مجموعه آب‌پاش‌ها روی لوله‌های جانبی آبیاری کاملاً ثابت یا نیمه‌ثابت قرار می‌گیرد.

مثال: سامانه آبیاری مجموعه ثابت قابل‌حمل، سامانه آبیاری دفن‌شده.

۳-۱-۲۱

سامانه قابل‌حمل

portable system

سامانه‌ای که تمام یا قسمتی از اجزای تشکیل‌دهنده، قابل جابجاشدن هستند.

۳-۱-۲۲

سامانه آبیاری تحت فشار

pressurized irrigation system

سامانه شبکه لوله‌ای تحت فشار است.

۳-۱-۲۳

فرایند

process

دسته‌ای از فعالیت‌های مرتبط یا متعامل که ورودی‌ها را به خروجی‌ها تبدیل می‌کند.

یادآوری۱- به‌طور معمول ورودی‌های یک فرایند، خروجی‌های سایر فرایندها هستند.

یادآوری۲- به‌طور معمول فرایندها در یک سازمان در شرایط کنترل‌شده، برنامه‌ریزی و اجرا می شوند تا ارزش افـزوده داشـته باشند.

۳-۱-۲۴

فراورده

محصول

product

هر نوع کالا یا خدمات است.

یادآوری- این شامل کالاها یا خدمات به‌هم پیوسته و/یا به‌هم وابسته می‌شود.

۳-۱-۲۵

فاضلاب خام

raw wastewater

فاضلابی که هیچ‌گونه عمل تصفیه‌ای روی آن انجام نشده است.

یادآوری- برای تعریف «فاضلاب» به اصطلاح و تعریف ۳-۸۰ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

۳-۱-۲۶

مخزن

reservoir

سامانه‌ای که برای ذخیره موقت فاضلاب تصفیه‌شده بدون استفاده، بسته به تعادل بین نیـاز آبیاری و تخلیـه تصفیه‌خانه در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری- انواع مختلف مخازنی که می‌توانند برای ذخیره موقت فاضلاب تصفیه‌شده بـدون اسـتفاده بـه‌کـار رونـد، به‌شرح زیر است:

الف- مخازن باز، عموماً برای ذخیره‌سازی (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۹) کوتاه‌مدت با زمان ماند هیدرولیکی یک روز تا دو هفته؛

ب- مخازن بسته برای ذخیره‌سازی کوتاه‌مدت با زمان ماند هیدرولیکی نصف روز تا یک هفته، برای محدودکردن رشد مجدد باکتری‌ها و آلودگی معمول خارجی؛

پ- مخازن سطحی برای ذخیره بلندمدت یا فصلی فاضلاب تصفیه‌شده به‌منظور تجمع آب در طی دوره‌هایی از زمان است که میزان تخلیه تصفیه‌خانه بیشتر از میزان نیاز آبیاری است. لذا زمانی که نیاز بیشتر از میزان تخلیه تصفیه‌خانه باشد، آب ذخیره‌شده برای نیازهای آبیاری مورداستفاده قرار می‌گیرد. زمان ماند هیدرولیکی مطابق با فصول و نیازهای خاص تغییر می‌کند.

ت- مخازن زیرزمینی (آبخوان) با هدف ذخیره بلندمدت و بازیافت آب، که به‌طور معمول با تصفیه خاک (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۲) آبخوان همراه است (از طریق حوضچه‌های[1] نفوذ). همچنین زمان ماند نیز متغیر است که متأثر از میزان تخلیه فاضلاب تصفیه‌شده و میزان نیاز آبیاری است. این ذخیره‌سازی آبخوان هیچ تناسبی با تغذیه آبخوان دارای کاربری آب قابل شرب ندارد.

۳-۱-۲۷

آب‌پاش دوّار

rotating sprinkler

وسیله‌ای که به‌واسطه حرکت دورانی حول محور عمودی، آب را روی یک سطح دایره‌ای یا قسمتی از یک سطح دایره‌ای، توزیع می‌کند.

۳-۱-۲۸

سامانه با حرکت خودکار

self-moved system

دستگاهی که لوله جانبی آن در طول مرکز یک سری چرخ‌ها قرار گرفته شده و به‌عنوان یک جزء کامل حرکت داده می‌شود.

یادآوری- آب‌پاش‌های دوّار (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۲۷) روی لوله جانبی قرار داده می‌شوند (همچنین آب‌پاش غلتان نامیده می‌شوند).

1- Basins

۲۹-۱-۳

آب‌پاش تفنگی متحرک (کششی) و خودکار

self-propelled gun traveller

آب‌پاش (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷) تفنگی که روی یک چرخ یا یک یدک‌کش[1] متصل به انتهای یک لوله یا شیلنگ انعطاف‌پذیر قرار دارد.

۳۰-۱-۳

سامانه نیمه ثابت

semi-permanent system

سامانه‌ای مشابه سامانه نیمه قابل‌حمل است (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۱) اما در این روش لوله‌های جانبی کاملاً قابل‌حمل و ایستگاه پمپاژ ، لوله‌های اصلی و نیمه‌اصلی کاملاً ثابت هستند.

۳۱-۱-۳

سامانه نیمه‌قابل حمل

semi-portable system

سامانه‌ای مشابه سامانه قابل‌حمل (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۲۱) است به استثنای این که منبع آب و ایستگاه پمپاژ ثابت هستند.

۳۲-۱-۳

خاک

soil

لایه‌ای از مواد سخت‌نشده که شامل ذرات مواد هوازده، مواد ارگانیک زنده یا مرده، فضای هوا و محلول خاک (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۳) است.

۳۳-۱-۳

محلول خاک

soil solution

فاز مایع خاک (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۲) و املاح آن است.

1- Sled

۳-۱-۳۴

سامانه مجموعه ثابت

solid-set system

شبکه ثابت موقت که در آن لوله‌های جانبی در طول فصل آبیاری در مزرعه قرار می‌گیرند.

۳-۱-۳۵

سامانه‌های آب‌پاش ثابت

stationary sprinkler systems

شبکه‌ای از آب‌پاش (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷) ثابت است.

۳-۱-۳۶

پاشش

spray

رهاشدن آب از یک آب‌پاش، (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷) است.

۳-۱-۳۷

آب‌پاش

sprinkler

وسیله توزیع آب دارای تنوع در اندازه‌ها و انواع است، برای مثال: آب‌پاش ضربه‌ای، نازل ثابت، پاشنده و آب‌پاش تفنگی (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۱۳) است.

۳-۱-۳۸

سامانه آبیاری بارانی

sprinkler irrigation system

سامانه آبیاری تشکیل‌شده از آب‌پاش‌ها (مطابق با اصطلاح و تعریف ۳-۱-۳۷) است.

یادآوری- برای تعریف «سامانه آبیاری» به اصطلاح و تعریف ۳-۴۳ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

۳-۱-۳۹

ذخیره‌سازی

storage

نگهداری موقت فاضلاب تصفیه‌شده بدون استفاده برای کوتاه‌مدت یا بلندمدت، قبل از رهاسازی برای استفاده در سامانه‌های آبیاری است.

یادآوری- برای تعریف «سامانه آبیاری» به اصطلاح و تعریف ۳-۴۳ استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۵۷: سال ۱۳۹۸ مراجعه کنید.

۳-۱-۴۰

ماشین آبیاری ارابه‌ای

travelling irrigation machine

ماشین آبیاری طراحی‌شده برای آبیاری متوالی یک مزرعه، نوار به نوار در حالی که در سراسر مزرعه حرکت می‌کند.

۳-۲ کوته‌نوشت‌ها

کوته‌نوشت	عنوان انگلیسی	عنوان فارسی
BOD	Biochemical Oxygen Demand	اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی
COD	Chemical Oxygen Demand	اکسیژن‌خواهی شیمیایی
EC	Electrical Conductivity	هدایت الکتریکی
ESP	Exchangeable Sodium Percentage	درصد سدیم تبادلی
FDS	Fixed Dissolved Solids (mg/l)	جامدات محلول ثابت (میلی‌گرم بر لیتر)
LF	Leaching Fraction	کسر آبشویی
LR	Leaching Requirement	الزامات آبشویی
NPW	Non-potable Water	آب غیرقابل شرب
NTU	Nephelometric Turbidity Units	واحدهای کدورت نفلومتری
PET	Potential Evapotranspiration Estimated by the Penman-method	تبخیر و تعرق بالقوه تخمین‌زده شده توسط روش پنمن
SAR	Sodium Adsorption Ratio	نسبت جذب سدیم
TDS	Total Dissolved Solids	کل مواد جامد محلول
TWW	Treated WasteWater	فاضلاب تصفیه‌شده
UV	UltraViolet	فرابنفش
WW	WasteWater	فاضلاب
WWTP	Wastewater Treatment Plant	تصفیه‌خانه فاضلاب
TSS	Total Suspended Solids	کل مواد جامد معلق

۴ بهبود کیفیت و استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده

۴-۱ کلیات

کیفیت شیمیایی فاضلاب وابسته به کیفیت شیمیایی آب اولیه[1] است. آب اولیه مورداستفاده در خانه، در اداره، تجارت و صنعت از منابع مختلف (آب زیرزمینی، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و نمک‌زدایی آب دریا یا آب لب‌شور) دریافت می‌شود. مواد شیمیایی محلول در آب، که معمولاً به آب اولیه در هنگام استفاده اضافه می‌شوند، با تصفیه متعارف فاضلاب حذف نمی‌شوند.

برای جلوگیری از اثرات مضر نمک‌های محلول فاضلاب تصفیه‌شده روی کیفیت محصولات آبیاری‌شده و خاک، راهبردهای متفاوت فهرست‌شده در زیربندهای ۴-۲ و ۴-۳ را می‌توان به‌کار برد (به پیوست **الف** و جدول الف-۱ مراجعه شود).

۴-۲ بهبود کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری

کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند با استفاده از روش‌های زیر بهبود یابد:

الف- تأمین آب با کیفیت بالاتر (غلظت پایین نمک) یا آب نمک‌زدایی‌شده برای مصارف شهری؛

ب- کاهش افزودنی‌های نمک با کنترل منابع پراکنده از قبیل نفوذ آب شور به داخل فاضلابروها، مواد افزودنی خانگی شوینده‌های رختشویی یا نمک‌های ظرفشویی و/یا با کنترل منابع نقطه‌ای نظیر کارخانه‌های صنعتی با مصرف آب بالا و انتشاردهنده میزان زیادی نمک از فرایندهای تولیدی.

۴-۳ به‌کارگیری اقدامات زراعی و آبیاری مناسب

اقدامات زراعی و آبیاری مناسب می‌تواند با موارد زیر اعمال شود:

الف- انتخاب محصول و مدیریت؛

ب- آبشویی و زهکشی؛

پ- مدیریت ساختار خاک؛

ت- تنظیم کاربرد کود یا اصلاح آن؛

ث- تنظیم زمان استفاده از آب و انتخاب روش آبیاری مناسب.

در جایی که منبع آب اولیه، آب نمک زدایی شده باشد، بهتر است که اگر فرایندهای خاص حذف عنصر بور در طی نمک‌زدایی به کار نرفته باشد، به غلظت عنصر بور در آب نمک‌زدایی‌شده توجه شود. بهتر است اضافه‌کردن کلسیم و منیزیم در مراحل بعدی تصفیه مدنظر قرار گیرد. در هر مورد، بهتر است محصولات آبیاری‌شده، گونه‌های سازگار با مقدار و غلظت نمک‌های محلول در فاضلاب تصفیه‌شده باشند.

1- Background water

۵ عوامل موثر در پروژه‌های آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده: کیفیت آب، اقلیم و خاک

۵-۱ کلیات

برای استفاده مفید از فاضلاب تصفیه‌شده برای اهداف آبیاری، بهتر است به ریسک‌های سلامت عمومی از جمله ایمنی و رفاه کارگران و همچنین تأثیر بر محصولات آبیاری‌شده و خاک توجه جدی کرد. این موضوع نیازمند بررسی دقیق زیرساخت‌های موردنیاز از جمله شامل برنامه‌ریزی برای تاسیسات، مکان‌یابی پروژه، جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب، استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده، انتقال فاضلاب تصفیه‌شده به محل‌های ذخیره و انتقال به محل استفاده نهایی و همچنین بعد از استفاده است.

به‌منظور اجرای موفق دستورالعمل‌های بین‌المللی استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده، توجه به سلامت عمومی و اثرات محیط‌زیستی بالقوه به‌عنوان موارد اولویت‌دار، بهتر است در نظر گرفته شوند. برای جلوگیری از اثرات منفی بر سلامت عمومی و همچنین محیط پذیرنده و منابع آب، بهتر است هنگام انجام پروژه آبیاری فاضلاب تصفیه‌شده از دستورالعمل‌های بین‌المللی استفاده شود.

وجود مواد مغذی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) در فاضلاب تصفیه‌شده، به دلیل صرفه‌جویی احتمالی در کودها می‌تواند یک مزیت باشد.

۵-۲ کیفیت آب

۵-۲-۱ ترکیبات فاضلاب

کیفیت شیمیایی فاضلاب، ناشی از ترکیب شیمیایی آب اولیه (آب تأمین‌شده برای مصارف خانگی گوناگون، صنعتی و کشاورزی) به‌علاوه ترکیبات اضافه شده به هنگام استفاده از آب در خانه یا صنعت می‌باشد. علاوه‌بر خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب، مواد مختلفی به آب در زمان استفاده اضافه می‌شود که تعیین‌کننده ترکیب فاضلاب است. ترکیبات اصلی شیمیایی فاضلاب به مواد آلی و مواد معدنی طبقه‌بندی می‌شوند.

مواد آلی می‌توانند شامل هورمون‌ها، مواد دارویی، محصولات مراقبت شخصی، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، روغن‌ها، سوخت‌ها، روان‌کننده‌ها، سورفکتانت‌ها از جمله آفت‌کش‌ها، میکروپلاستیک‌ها، مواد هوموسی[1] و سایر مواد شیمیایی مربوط به مصارف خانگی و کشاورزی باشند.

مواد معدنی می‌توانند حاوی کلرید، سدیم، بور، نیتروژن، فسفر (همچنین برخی از ترکیبات نیتروژن و فسفر جزء مواد آلی محسوب می‌شوند)، پتاسیم، گوگرد و سایر عناصر شیمیایی شامل فلزات سنگین (مانند روی، منگنز، مس، جیوه، نقره، کروم، نیکل، سرب و کادمیوم) و فلوئور باشند.

فاضلاب حاوی موجودات زنده مختلف است که سر منشأ آن محصولات زائد دفع‌شده به سامانه فاضلاب است.

1- Humic substances

برای ارزیابی ترکیبات فاضلاب، مشخصه‌های فاضلاب‌های صنعتی متصل بـه فاضـلابروها را در نظـر بگیریـد، یعنی مشخصه‌های خاص فرایندهای صنعتی را برای یافتن ترکیبات خاصی در فاضـلاب‌هـای آن‌هـا در نظـر بگیرید که ممکن است بر کیفیت آب برای اهداف استفاده از پساب تأثیر منفی بگذارد.

۵-۲-۲ مواد مغذی

۵-۲-۲-۱ کلیات

فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند حاوی مواد مغذی از جمله عناصر شیمیایی در غلظت‌های بالاتر از حد معمول موجود در آب شیرین باشد. فاضلاب تصفیه‌شده دربردارنده عناصر پرمصرف[1] (عناصر قابل مصرف توسط گیاه در مقادیر زیاد برحسب kg/hectar)، غالباً نیتروژن و فسفر اســـــت. به‌طور معمول میزان پتاسیم موجود در فاضلاب تصفیه‌شده در غلظت‌هایی کمتر از نیازهای زراعی است.

مواد مغذی موجود در فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری محصولات، به‌طور معمول به‌عنوان یک منبع جایگزین برای کودهای شیمیایی هستند که کاربر می‌تواند از آن استفاده کند. با این‌حال در ادامه توصیه می‌شـود بـه سه سوال اصلی در خصوص کـــارایی جایگزینی کودهای مرسوم گیـــاه با مواد شیمیایی موجود در فاضلاب تصفیه‌شده توجه شود (یعنی ارزش کوددهی فاضلاب تصفیه‌شده).

– مقدار: آیا میزان مواد مغذی موجود در فاضلاب تصفیه‌شده، نیازهای گیاه را تأمین می‌کند؟

– دسترســـی: آیا جذب مواد مغذی فاضلاب تصفیه‌شده توسط گیاهان به همان روش معمول جذب کودهای مرسوم صورت می‌گیرد؟

– زمان‌بندی: آیا نرخ عرضه مواد مغذی در طول فصل با منحنی نیاز محصول همزمان می‌شود؟

مقادیر نیتروژن و فسفر و پتاسیم به‌کار رفته در فاضلاب تصفیه‌شده، نتیجه افزایش غلظت آن‌ها در آب توسط حجم آب آبیاری‌شده به محصـول اسـت. از جایی که مقـدار آب آبیاری با توجه به شرایط اقلیمـی و الزامـات محصول تعیین مـی‌شـود، ازایـن‌رو میزان مواد مغذی لازم برای محصولات و نواحی خاص، به‌طور مستقیم به غلظت مواد مغذی فاضلاب تصفیه‌شده ارتباط خواهد داشت.

۵-۲-۲-۲ نیتروژن

نیتروژن موجود در فاضلاب تصفیه‌شده، به نیتروژن موجود در خاک اضافه شده و وارد چرخه نیتروژن خاک، می‌شود. فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند حاوی نیتروژن آلی، آمونیوم (NH_4^+) و نیترات (NO_3^-) باشد. در خاک، نیتروژن آلی و آمونیوم با فرایند نیترات‌زایی (شوره‌زایی)[2] به نیتـرات تبـدیل مـی‌شـود. از ایـن طریـق، اغلب نیتروژن فاضلاب تصفیه‌شده برای گیاهان قابل دسترس است و می‌تواند جایگزین نیتروژن موجود در کودهای تجاری شود. فقط یک قسمت (براساس شرایط اقلیمی و خاک، محصولات و حالـت‌هـای نیتروژن) از نیتروژن

1- Macro elements
2- Nitrification

عرضه‌شده در خاک از طریق کودهای تجاری، باقی‌مانده‌های آلی یا فاضلاب تصفیه شده، توسط گیاهان جذب می‌شود. نیترات (NO_3^-) می‌تواند به واسطه نفوذ به خصوص در خاک‌های ماسه‌ای از بین برود. در طی آبیاری در شرایط pH بالا و در خاک‌های آهکی (با میزان بالای $CaCO_3$)، ممکن است مقداری از آمونیوم (موجود در ترکیب فاضلاب تصفیه‌شده) روی سطح خاک به آمونیاک (گاز NH_3) تبدیل و در اتمسفر تبخیر شود.

آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده ممکن است منجر به تامین نیتروژن در نوع و تناوبی شود که منطبق با الزامات‌کشت نباشد. هنگام استفاده از آب شیرین، از کودهای رویاننده[1] در غلظت‌های متغیر در طی دوره کشت استفاده می‌شود؛ بااین‌حال، در مراحل پایانی رشد یا رسیدن محصولات، مرسوم است که کوددهی نیتروژن به طور کامل متوقف شود. در جایی که فاضلاب تصفیه‌شده به‌کار می‌رود، کاربر نمی‌تواند مقدار نیتروژن مصرفی در هر دوره رشد را کنترل کند؛ چرا که این مقدار با غلظت نیتروژن موجود در فاضلاب تصفیه‌شده (بسته به منبع فاضلاب تصفیه‌شده و سطح تصفیه) و میزان[2] آبیاری اعمال‌شده تعیین می‌شود.

از سوی دیگر، افزایش غلظت نیتروژن می‌تواند اثرات زیان‌آور شوری روی بازدهی محصول را کاهش دهد.

برخی از حالت‌های نیتروژن قابلیت حل‌شدن بالایی در آب دارند و می‌توانند به آب‌های زیرزمینی برسند یا با جریان رواناب سطحی آبشویی شوند، بنابراین منابع آب را تحت‌تأثیر قرار داده و به کیفیت آب سطحی آسیب می‌رسانند.

۵-۲-۲-۳ فسفر

مقدار فسفر موجود در فاضلاب تصفیه‌شده به‌طور معمول بیشتر از مقدار نیاز اغلب محصولات کشاورزی است. در شرایط pH بالا، حرکت فسفر در خاک محدودشده و به‌واسطه سازوکارهای[3] مختلف مطابق با خواص خاک (مثل pH خاک)، تمایل به تجمع در لایه‌های بالایی خاک دارد. در مورد فسفر، تنظیم زمان کاربرد آن در این خاک‌ها، از اهمیت کمتری برخوردار است. بااین‌حال در خاک‌های اسیدی (pH پایین‌تر از ۷) حرکت فسفر افزایش می‌یابد و در بعضی موارد زمان کاربرد فسفر می‌تواند مطابق با زمان‌بندی کاربرد نیتروژن باشد.

۵-۲-۲-۴ پتاسیم

حرکت پتاسیم در خاک محدود بوده و کمتر از حرکت فسفر است. افزایش غلظت پتاسیم می‌تواند اثرات زیان‌آور شوری را بر بازدهی محصول به میزان کمتری از نیتروژن، کاهش دهد.

۵-۲-۳ شوری

فاضلاب تصفیه‌شده حاوی غلظت‌های بالاتری از مواد معدنی محلول نسبت به آب اولیه نظیر کل نمک‌های محلول، سدیم، کلرید و بور است که می‌توانند آسیب احتمالی به خاک و محصول را به دنبال داشته باشند.

پارامترهای اصلی کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده به لحاظ شوری موارد زیر هستند:

1- Grower fertilizes
2- Dose
3- Mechanisms

- میزان نمک‌های کل به دلیل اثر اسمزی؛
- غلظت کلریدها، بور و سدیم به دلیل سمیّت ویژه آن برای گیاهان؛ و
- نسبت جذب سدیم (SAR)[1] به دلیل مسائل نفوذپذیری خاک.

۵-۲-۴ سایر عناصر

مثال‌هایی از سایر عناصر شیمیایی موجود در محیط‌های صنعتی و شهری در غلظت‌های پایین اگرچه برای آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده مرتبط هستند، شامل فلوئورید، سیلیسیم، وانادیم، کروم، منگنز، آهن، کبالت، نیکل، مس، روی، سلنیوم، مولیبدن، استرانسیوم، ید، بور و کادمیوم می‌باشند. این گروه از عناصر دربرگیرنده فلزاتی هستند که وزن مخصوص آن‌ها نسبتاً بالا است؛ مانند آهن، کروم، جیوه، مولیبدن، سرب، استرانسیوم، مس، روی، منگنز، نیکل، کادمیوم و کبالت. رفتار این عناصر نسبت به سایر عناصر متفاوت است

اگرچه تصفیه‌خانه‌های فاضلاب (WWTPs) برای تصفیه این فلزات طراحی نشده‌اند، اما به‌طور موثر از فاز مایع حذف و به فاز جامد (لجن) انتقال می‌یابند. این عناصر جذب مواد آلی و معدنی شده یا به‌واسطه pH بالا، سختی و خاصیت قلیایی آب، رسوبات با حلالیت پایین ایجاد خواهند کرد.

۵-۲-۵ ریزاندامگان[2]

منابع فاضلاب ناشی از فعالیت‌های انسانی یا کشاورزی در پروژه استفاده از پساب، دربرگیرنده ریزاندامگانی (باکتری‌ها، ویروس‌ها، کرم‌های روده‌ای و پروتوزوآ)[3] می‌باشند که برخی از آن‌ها عوامل بیماری‌زا هستند. تصفیه‌خانه‌های فاضلاب غلظت ریزاندامگان را کاهش می‌دهند اما ممکن است آن‌ها را به‌طور کامل از بین نبرند. غلظت باقی‌مانده ریزاندامگان بستگی به سطح تصفیه فاضلاب دارد.

پایش غلظت تمام ریزاندامگان در فاضلاب تصفیه‌شده در عمل غیرممکن است. بااین‌حال، بهتر است که غلظت شاخص‌های میکروبی پایش شود. در این استاندارد، شاخص‌های پیشنهادی کلیفرم‌های گرماپای شامل کلیفرم‌های مدفوعی و *اشریشیاکلی* (*E. coli*) به عنوان شاخص‌های مرسوم در هر کشور هستند.

موانع که پس از آن مورداستفاده قرار خواهد گرفت، راهکار موثری برای تضمین سلامت و ایمنی هستند.

در طراحی هر پروژه استفاده از پساب، بهتر است از حفاظت جمعیت تحت پوشش مانند کارگران و مصرف‌کنندگان در معرض آب، میوه‌ها و انواع سبزی، اطمینان حاصل شود. این استاندارد روش ترکیبی از شاخص‌های میکروبیولوژیکی و مفهوم موانع (مطابق با استاندارد ISO 16075-2) و شیوه‌نامه‌های پایش (مطابق با استاندارد ISO 16075-4) را بیان می‌کند.

1- Sodium Adsorption Ratio
2- Microorganisms
3- Protozoa

۵-۳ اقلیم

فاضلاب تصفیه‌شده یک منبع آب مهم برای کشاورزان و سایر کاربران در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک است [16]. در برخی از موارد، فاضلاب تصفیه‌شده ممکن است تنها منبع آب در دسترس کشاورزی باشد. این استانداردها بر اساس دانش علمی به‌دست‌آمده از اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک [16] و [17]، تهیه شده‌اند. بااین‌حال، رفتار مواد (مواد مغذی، فلزات سنگین، میکروب‌ها و مواد شیمیایی) در خاک‌هایی که آبیاری فاضلاب تصفیه‌شده در آن‌ها صورت می‌گیرد، به شدت تحت تأثیر شرایط خاک، محصولات، بارندگی و تبخیر است که به‌طور گسترده‌ای در پاسخ به اقلیم متفاوت هستند. علاوه‌براین، همچنین شرایط اقلیمی بر شرایط بهداشتی تأثیر می‌گذارد. به‌همین دلیل، بهتر است تا پارامترهای مرتبط با آبیاری و چگونگی کنترل آن‌ها با توجه به شرایط اقلیمی ارزیابی شود.

همان‌طور که در جدول ب-۱ نشان داده‌شده، طبقه‌بندی اقلیم با استفاده از شاخص خشکی (AI)[1] صورت گرفته است [18]. AI، نسبت بارش به تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه می‌باشد که در فرمول (۱) آمده است:

$$AI = \frac{P}{PET} \qquad (۱)$$

که در آن:

P بارش؛

PET تبخیر و تعرق پتانسیل تخمین‌زده شده توسط روش پنمن[2] است.

تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه به محصول و فرمول‌های ساده مورد استفاده برای تعیین آن بستگی دارد. این فرمول‌ها به شرح فرمول‌های (۲) و (۳) در ادامه آمده است:

$$ETp = Ep + Tp \qquad (۲)$$

که در آن:

Ep پتانسیل تبخیر خاک، برحسب mm/d؛

Tp پتانسیل تعرق گیاه، برحسب mm/d است.

$$ETp = kc \times ETref \qquad (۳)$$

که در آن:

ETp نرخ پتانسیل تبخیر و تعرق، برحسب mm/d؛

kc ضریب گیاهی؛

$ETref$ نرخ تبخیر و تعرق مرجع، برحسب mm/d است.

1- Aridity Index
2- Penman-method

یادآوری- فرمول‌های پیچیده‌تر دیگری نیز وجود دارند که پارامترهای مختلفی در آن‌ها تعیین و محاسبه می‌شود و از دیگر معادلات اصلی پنمن، مانتیث[1] [31] ، فدس[2]، اسمیت[3] [32] و سایر موارد در دسترس توسعه یافته‌اند.

اثر نمک‌ها و فلزات سنگین روی خاک‌ها و محصولات که در این استاندارد توصیف‌شده، به‌طور عمده برای مناطق خشک و نیمه‌خشک با شاخص خشکی ۰٫۰۵ تا ۰٫۵۰ است. در این اقلیم‌ها، تبخیر و تعرق پتانسیل مهمتر از بارش است، بنابراین، جلوگیری از تجمع نمک‌ها و فلزات سنگین نشأت‌گرفته از آب آبیاری یک چالش و مسئله جدی خواهد بود. در مقابل، مناطق اقلیمی که در آن‌ها بارش بیش از تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه است (شاخص خشکی بزرگتر از ۱٫۰)، می‌توانند مقاوم به تجمع نمک‌ها و فلزات سنگین باشند؛ زیرا آبِ خاک، مستقیم به سمت پایین جریان یافته و باعث شستن نمک‌ها می‌شود. در مناطقی که آب زیرزمینی وجود دارد، با این‌حال، آبشویی نمک‌های محلول، مواد مغذی و فلزات سنگین از خاک بالایی، باعث ایجاد آلودگی آب زیرزمینی خواهد شد. علاوه‌براین، تناوب و میزان بارندگی در طول فصل کاشت، بر معیارها و راهبردهای پایش مرتبط با مدیریت بهداشتی تأثیر می‌گذارد.

مناطق خشک می‌توانند در کشورهایی رخ دهند که به‌دلیل نوسانات بارندگی منطقه‌ای معمولاً مرطوب هستند. ازاین‌رو، بهتر است دستورالعمل‌ها تنها پس از درک مشخصه‌های اقلیمی و منطقه‌ای برای هر منطقه تدوین یا اتخاذ شوند.

۵-۴ خاک

۵-۴-۱ کلیات

ریسک‌های ناشی از آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده به‌طور عمده به کیفیت آب و مشخصه‌های مکانی[4] بستگی دارد. حساسیت خاک، مشخصه ذاتی هر خاک و مستقل از کیفیت آب است. کیفیت ذاتی خاک به واسطه فرایند شکل‌گیری خاک ایجاد می‌شود و هر خاک یک حساسیت طبیعی به کیفیت آب دارد.

بهتر است قابل پذیرش بودن یک مکان بر اساس خواص خاک مرتبط و خواص زمین‌شناسی آن، توپوگرافی، آب‌شناختی، اقلیم، منطقه‌بندی و اهداف کشت صورت پذیرد.

مکانی برای استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری مناسب است که دارای مشخصه‌های آب‌زمین‌شناختی[5]، خاکی، اقلیمی و فیزیکی با قابلیت بهره‌وری موثر از فاضلاب تصفیه‌شده به‌کار رفته بدون ایجاد آسیب به زمین اصلی یا آب‌های زیرزمینی زیرین در آینده باشد.

همچنین بهتر است شرایط مکانی طوری باشد که به‌طور موثر هر جابجایی زیان‌آور فاضلاب به خارج از محل مصرف از طریق آبشویی، مهاجرت آب زیرزمینی، رواناب سطحی یا جریان آبیاری پاششی را، محدود کند.

1- Monteith
2- Feddes
3- Smith
4- Site
5- Hydrogeological

مشخصه‌های اصلی خاک که تعیین‌کننده میزان حساسیت خاک به کیفیت آب است، شامل: بافت، pH، میزان مواد آلی، چگالی ظاهری[1]، هدایت هیدرولیکی و ظرفیت نگهداری آب است. بسیاری از شاخص‌های خاک در تعامل با سایر شاخص‌ها بوده و بنابراین مقدار یکی تحت تأثیر یک یا تعداد بیشتری از پارامترهای انتخابی است.

مهمترین ریسک‌ها برای خاک کشاورزی مربوط به آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده در جدول ب-۲ ارائه شده است.

۵-۴-۲ تحرک آلاینده‌های قابل جذب معدنی

ریسک حرکت فلزات سنگین در خاک‌ها به سمت لایه‌های پایینی با کاهش مقدار pH خاک به زیر ۷، افزایش می‌یابد. اگر خاک دارای میزان بیشتری از مواد آلی و رس باشد، انتظار می‌رود حرکت آن‌ها در خاک کاهش یابد. با این حال تجمع فلزات سنگین در لایه بالایی خاک و در مقادیر pH بالا رخ می‌دهد.

۵-۴-۳ فرونشست لایه بالایی خاک

حساسیت لایه بالایی خاک نسبت به فرونشست، وابسته به بافت است. خاک‌ها با میزان سیلت بالا حساسیت بیشتری نسبت به اثرات فرونشست و ریزش روی سطح خاک دارند، که منجر به کاهش نفوذ در رواناب‌های با نرخ بالا می‌شود. همچنین مقدار ماده آلی خاک برای تثبیت ساختار خاک مهم است.

مقادیر بیشتری از مواد آلی، اثر مثبتی روی پایداری سطح خاک دارد. بااین‌حال، پارامترهای دیگری مانند کانی‌شناسی رس، اکسیدها/هیدروکسیدها، کربنات‌ها و مانند این‌ها نیز بهتر است در نظر گرفته شوند.

بهتر است حساسیت ذاتی خاک نسبت به فرونشست با حساسیت بالقوه به پراکندگی خاک در نتیجه نسبت‌های بالای جذب سدیم (SAR) در خاک ناشی از غلظت بالای سدیم و مقدار SAR در فاضلاب تصفیه‌شده، اشتباه گرفته نشود. خاک دارای مقدار زیادی از خاک رس، به افزایش سدیم جذب‌شده بیشتر حساس است.

۵-۴-۴ شورشدن خاک‌ها

شورشدن، فرایند تجمع نمک‌ها در خاک‌ها و در ارتباط با نرخ‌های کم آبشویی است. نرخ‌های آبشویی وابسته به ظرفیت نگهداری آب خاک، هدایت هیدرولیکی، مقدار بارش و آب آبیاری مورد استفاده و همچنین تبخیر و تعرق است. برای نرخ‌های مشابه بارش و تبخیر و تعرق، در خاک ماسه‌ای، آب بیشتری به زیر منطقه ریشه[2] جریان می‌یابد تا خاک رسی. جلوگیری از تجمع نمک در خاک رسی و خاک‌های با نفوذپذیری کم، سخت‌تر است. زهکشی یکی دیگر از عوامل مهم در خصوص شوری است، چون نمک‌های محلول باید از منطقه ریشه شسته شوند [19] و [20].

1- Bulk density
2- Root zone

۵-۴-۵ تحرک و تجمع عنصر بور

جابجایی بور در خاک‌ها و بور قابل دسترس برای جذب گیاه، به غلظت بور در محلول خاک بستگی دارد [19] و [20]. بور در محلول خاک توسط موارد زیر تعیین می‌شود:

الف- بور محلول وارده به سامانه آب- خاک (آب آبیاری)؛ و

ب- واکنش‌های جذب- واجذب در فاز جامد خاک.

با فرض این که همان مقدار آب با همان میزان غلظت بور به‌کار می‌رود، جذب بور به مشخصه‌های خاک مانند میزان و کانی‌شناسی رس، اکسیدهای آهن و آلومینیوم و میزان مواد آلی بستگی دارد.

به همان اندازه که مقدار رس بیشتر می‌شود، به همان اندازه هم مقدر جذب بور بیشتر می‌شود. جذب به نوع مواد معدنی خاک رس وابسته است: برای مثال خاک‌های مونتموریلونتی[1] نسبت به خاک‌های کائولینیتی[2] جذب کمتری دارند. به طور مشابه، وجود مقادیر بیشتر مواد آلی باعث جذب مقدار بیشتری از بور می‌شود.

در مقابل، جذب بیشتر بور باعث کاهش غلظت آن در محلول خاک می‌شود و در نتیجه، ریسک اثر سمّی آنی را کاهش می‌دهد. بر این اساس، در خاک‌هایی که از رس و میزان مواد آلی غنی هستند، ریسک سمیّت فوری بور برای گیاهان کمتر است. اگر دوره آبیاری با آب غنی از بور طولانی باشد، رس و مواد آلی می‌توانند به درجه اشباع برسند و منجر به سمیّت بور شوند.

غلظت‌های کلرید در آب‌های آبیاری و خاک‌ها معمولاً چند مرتبه بیشتر از غلظت بور است، اما حد بحرانی سمیّت آن برای محصولات ۲ تا ۳ مرتبه بیشتر از بور است. بنابراین تأثیر واکنش کلرید- خاک ناچیز است.

۵-۴-۶ آلودگی آب زیرزمینی

آنیون‌های با جذب کم (بسته به بار الکتریکی رس در خاک) مانند نیترات و کلرید هنگامی که از طریق آبشویی به آب زیرزمینی می‌رسند، می‌توانند باعث ایجاد مشکلات شوند و تا حد زیادی به نرخ‌های آبشویی در مکان بستگی دارد. نرخ کم آبشویی منجر به طولانی‌شدن زمان ماندگاری آبِ خاک در منطقه ریشه شده و جذب بخشی از نیترات توسط گیاه را ممکن می‌سازد. بهتر است رفتار آبشویی مطابق با مشخصه‌های خاک، در ارتباط با آبشویی نمک‌ها ارزیابی شود.

۵-۴-۷ حرکت و انباشت فسفر

چندین عامل خاک در نگهداری و حرکت فسفر در خاک‌ها نقش دارند. عوامل مختلف را می‌توان براساس دسته‌های زیر طبقه‌بندی کرد:

الف- مشخصه‌ها و میزان ترکیبات خاک (رس‌ها، مواد آلی، اکسیدها)؛

ب- pH؛

پ- دیگر یون‌ها؛

1- Montmorillonitic soils
2- Kaolinitic soils

ت- سینتیک‌ها؛

ث- اشباع کمپلکس‌ها (ترکیبات پیچیده) جذب‌شده.

میزان بیشتر رس و هیدروکسیدها منجر به جذب بالاتر و تثبیت فسفر می‌شود که تجمع آن را افزایش و حرکت آن را کاهش می‌دهد. خاک‌های کائولینیتی نسبت به خاک‌های مونتموریلونیتی غلظت بالاتری از فسفر را در خود نگه می‌دارند.

به‌طور کلی، با افزایش pH حرکت فسفر کاهش می‌یابد. دسترس‌پذیری فسفر به میزان حداکثر آن، در گستره pH ۶٫۰ تا ۶٫۵ اتفاق می‌افتد. در مقادیر pH پایین‌تر، ماندگاری ناشی از واکنش با آهن و آلومینیوم است. در pH بالاتر از ۷٫۰، حضور یون‌های کلسیم و منیزیم و همچنین حضور کربنات‌ها، منجر به ترسیب فسفرهای اضافه‌شده می‌شود.

۶ اثرات متفاوت بر سلامت عمومی، خاک، محصولات و منابع آب

۶-۱ اثرات بر سلامت عمومی

ریسک‌های سلامت عمومی ناشی از آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده که حاوی عوامل بیماری‌زا هستند، می‌تواند از چند طریق زیر، از فاضلاب تصفیه‌شده به جمعیت تحت پوشش انتقال یابد:

الف- آلودگی محصولات خوراکی و علوفه‌ای (غیر خوراکی) آبیاری‌شده با فاضلاب تصفیه‌شده؛

ب- انتقال عوامل بیماری‌زا در هوا زمانی که آبیاری از طریق پاشش فاضلاب تصفیه‌شده انجام می‌شود؛

پ- تماس مستقیم کارگران و عموم مردم با فاضلاب تصفیه‌شده.

برخی از عناصر (مانند سلنیوم) که به‌طور طبیعی توسط برخی از محصولات خوراکی جذب می‌شوند، می‌تواند اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان و حیوانات داشته باشند.

در استاندارد ISO 16075-2، راه‌های حفاظت از سلامت عمومی کارگران، عموم مردم و دام‌ها هنگام استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده با سطوح متفاوت کیفیت در آبیاری، ارائه شده است.

۶-۲ اثرات بر خاک و محصولات

۶-۲-۱ اثر سطوح مواد مغذی

بهتر است حداکثر سطوح در نظر گرفته‌شده برای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده برای جلوگیری از مازادی که احتمال آسیب‌رسانی به محصول یا محیط زیست وجود دارد، تعیین شود (به مثال جدول پ-۱ مراجعه کنید). غلظت‌های نیتروژن و فسفر ممکن است در مناطق اقلیمی که مصرف آب توسط محصولات به دلیل تفاوت‌هایی در تبخیر و تعرق به‌طور قابل‌توجهی متفاوت است (یا بیشتر یا کمتر) تنظیم شود. بااین‌حال، علی‌رغم تفاوت‌های اقلیمی و مصرف آب، دلیلی برای تفاوت در مصرف مواد مغذی توسط محصول در واحد سطح وجود ندارد.

طرح کوددهی به گیاه، بهتر است مقدار مواد مغذی موجود در فاضلاب تصفیه‌شده مورد استفاده در آبیاری را در نظر گیرد.

۶-۲-۲ اثر شوری آب

۶-۲-۲-۱ اثر غلظت نمک موجود در محلول خاک روی محصولات

یکی از اثرات محتمل غلظت بالای نمک‌ها در فاضلاب تصفیه‌شده، وجود نمک‌های اضافی در محلول خاک است که باعث تغییر در خواص محلول خاک و به خصوص سبب کاهش پتانسیل اسمزی آن می‌شود. کاهش پتانسیل اسمزی محلول در خارج از سلول‌های ریشه گیاه، فاصله بین پتانسیل آب در خاک و گیاه را کاهش می‌دهد و در نتیجه، دسترسی گیاه به آب ممکن است کاهش یابد و روی محصول اثر منفی گذارد. پتانسیل اسمزی (ψ_o)، هدایت الکتریکی (EC)، کل آنیون‌ها یا کاتیون‌ها و جامدات محلول ثابت به شکل معادله زیر به هم وابسته هستند:

$$\psi_o \text{ (atm)} = \text{EC (dS/ m)} \times (-۰/۳۶)$$

غلظت کل کاتیون‌ها (meq/l) = (meq/l) غلظت کل آنیون‌ها = ۱۰ × EC (dS/m)

مواد جامد محلول ثابت، mg/l (در دمای ۵۵۰ °C) = ۶۴۰× EC (dS/m)

کل مواد جامد محلول در فاضلاب تصفیه‌شده شامل جامدات محلول معدنی و آلی است. مواد آلی سهم بسیار کم یا صفری در هدایت الکتریکی دارند اما قسمتی از وزن جامدات هستند. بنابراین، رابطه بیان‌شده در این معادله در صورت استفاده از TDS نادرست است. رابطه بین مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی در فاضلاب تصفیه‌شده، بهتر است توسط محلول ثابت (یعنی غیرفرار) بیان شود، یعنی جامداتی که پس از سوزاندن کسر محلول در دمای ۵۵۰ °C تعیین می‌شود.

تحمل هر یک از محصولات کشاورزی نسبت به غلظت نمک‌های حل‌شده در محلول خاک در اطراف ناحیه ریشه به طور قابل توجهی متفاوت است. شوری خاک تا زمانی که از آستانه معینی از مقدار شوری (تحمل گیاه) بیشتر نشود، به محصول آسیبی نمی‌زند. در بالاتر از مقدار آستانه شوری، بازده گیاه به‌صورت تابع خطی از شوری، کاهش می‌یابد تا زمانی که گیاه از بین می‌رود و به سرعت به صفر می‌رسد.

۶-۲-۲-۲ اثر شوری در آسیب مستقیم به شاخ‌وبرگ گیاهان در آبیاری بارانی

آبیاری بارانی با استفاده از آب شور می‌تواند اثرات سمّی روی شاخ‌وبرگ و متعاقبا سوزاندن برگ‌ها و در نهایت ریزش برگ را ایجاد کند. حداکثر هدایت الکتریکی آب برای آبیاری بارانی به تحمل شاخ‌وبرگ محصول در مقابل شوری بستگی دارد (به مثال جدول پ-۲ مراجعه کنید).

سمیّت محصول ناشی از افزایش یون‌های سدیم یا کلرید جذب‌شده از طریق برگ‌های مرطوب، به‌واسطه آبیاری بارانی است. در جدول پ-۳ راهنمای تحمل چندین محصول مطابق با غلظت سدیم و کلرید، در زمان آبیاری بارانی بیان‌شده است. حساسیت محصولات بر اساس تجمع مستقیم نمک‌ها از طریق برگ‌ها است.

۶-۲-۲-۳ اثر سدیم بر خواص خاک

آسیب غیرمستقیم ناشی از سدیمی‌بودن خاک‌ها و صدمه به ساختار آن‌ها و خواص هدایت الکتریکی آب (نفوذ ناکافی آب باران یا آب آبیاری و حرکت نامناسب آب در خاک که منجر به مشکلات زهکشی و هوادهی می‌شود) حتی شایع‌تر از ایجاد آسیب مستقیم به محصولات ناشی از شوری است.

یون‌های جذب‌شده و غلظت الکترولیت از علل اصلی تأثیرگذار بر ساختار خاک هستند. در زمان بررسی ارتباط بین ترکیب کاتیون در محلول خاک و خواص هیدرولیکی آن، معمول است که به‌جای غلظت مطلق سدیم، نسبت‌های غلظت سدیم، کلسیم، و منیزیم (که معمول‌ترین کاتیون‌ها در آب آبیاری و خاک هستند) در نظر گرفته شوند.

اثر مخرب سدیم جذب‌شده بر خواص کشاورزی خاک و نقش مثبت کلسیم و منیزیم به‌خوبی شناخته شده است.

خاک‌های سدیمی، خاک‌هایی هستند که در آن‌ها درصد سدیم قابل تبادل بیش از ٪ ۱۵ و هدایت الکتریکی محلول آن‌ها کمتر از dS/m ۴ است. بر طبق این تعریف، مقدار ESP[1] برابر ٪ ۱۵ (درصد سدیم قابل تبادل) به‌عنوان «مقدار آستانه بحرانی» درنظر گرفته شده است. وقتی ESP بالاتر از این مقدار بحرانی باشد، خواص یک خاک سدیمی مثل تورم، قابل‌ملاحظه است و هرگونه پراکندگی خاک رس، اختلال در هدایت هیدرولیکی، هوادهی ضعیف، مشکلات زهکشی و مشکلات کشت بروز پیدا می‌کند. در ادامه این رویکرد، «نسبت جذب سدیم» به شرح زیر تعیین می‌شود:

$$SAR = \frac{\left(Na^{+}\right)}{\sqrt{\frac{(Ca^{+2} + Mg^{+2})}{2}}} \qquad (۴)$$

فرمول ۴ که از محاسبه غلظت سدیم، کلسیم و منیزیم در عصاره گل اشباع خاک به دست می‌آید [(Na^{+}) = غلظت سدیم برحسب mEq/l و $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$= غلظت کلسیم و منیزیم برحسب mEq/l]، ممکن است یک روش تشخیصی برای پیش‌بینی مسائل مربوط به سدیمی‌بودن خاک (سطوح بالای سدیم) درنتیجه آب آبیاری باشد. فرمول (۴) همچنین برای پیش‌بینی خطر سدیمی‌بودن خاک از طریق آب آبیاری و برای ارزیابی سطح سدیم جذب شده در خاک، استفاده می‌شود. ارتباط بین ESP و SAR در فرمول (۵) آمده است:

$$\mathrm{ESP} = 100\left(-0,0126 + 0,0475\ \mathrm{SAR}\right) / \ \left(1 + \left(-0,0126 + 0,01475\ \mathrm{SAR}\right)\right) \qquad (۵)$$

مقدار آستانه برای هر ترکیبی از الکترولیت و مقدار SAR، در سطوح بالاتر از «مقدار آستانه بحرانی» فوق‌الذکر و تغییرات هدایت هیدرولیکی خاک با محلول‌هایی در سطوح SAR مختلف، تعیین می‌شود. مقدار آستانه برحسب سطح SAR در غلظت معین نمک‌ها تعریف می‌شود که باعث کاهش قابل‌توجهی در

1- Exchangeable Sodium Percentage

نفوذپذیری آب به خاک می‌شود. به عبارت دیگر، مقدار آستانه ثابت نیست و بنابراین، می‌تواند کمتر از $15[mEq/l]^{1/2}$ باشد.

ارتباط بین SAR و غلظت نمک‌ها همچنین می‌تواند متأثر از خواص خاک (عموماً کانی‌شناسی رس و میزان مواد آلی) باشد.

در جدول پ-۴، مقادیر معمول SAR و غلظت الکترولیت (اندازه‌گیری‌شده توسط هدایت الکتریکی) درج شده است که برای راستی‌آزمایی[1] مسئله نفوذپذیری آب در خاک قابل‌استفاده هستند.

۶-۲-۳ اثر سمیّت ویژه برخی یون‌ها

۶-۲-۳-۱ کلیات

علاوه‌بر اثر غلظت کل نمک (اثر اسمزی)، برخی یون‌ها در محلول خاک، پتانسیل آسیب رساندن به محصولات کشاورزی آبیاری‌شده با فاضلاب تصفیه‌شده را دارند. جذب و تجمع این یون‌ها توسط محصول ممکن است منجر به کاهش عملکرد تا سطح پژمرده‌شدن گیاه شود.

۶-۲-۳-۲ اثر کلرید

کلرید یک ماده مغذی ضروری برای گیاهان برای ایجاد تعادل بارهای یونی و تنظیم خاصیت اسمزی است. علاوه‌براین به‌عنوان یک شمارنده یون در حین جابجایی کاتیون در گیاه عمل می‌کند و باعث سهولت جذب آب سلول و اتساع غشاء سلول می‌شود. کلرید از طریق منابع مختلفی مانند: خاک، باران، آبیاری، کودها و آلودگی هوا در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. در شرایط کشت معمول، سمیّت کلرید شایع‌تر از کمبود آن به‌خصوص در مورد آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده است.

حساسیت گیاهان به غلظت کلرید به‌طور قابل‌توجهی متفاوت است. از سوی دیگر، درختان به‌طورکلی به کلرید اضافی حساس هستند. تحمل محصولات هم بسته به گونه‌ها، انواع و ساقه زیرزمینی همان محصول، تفاوت خواهد کرد. تفاوت‌های موجود بین ساقه‌های زیرزمینی به‌طور معمول منعکس‌کننده قابلیت آن‌ها برای جلوگیری یا ایجاد مانع برای حرکت کلرید از ریشه‌ها به شاخ‌وبرگ و تجمع آن‌ها در این ناحیه است.

۶-۲-۳-۳ اثر بور

بور یک عنصر ضروری برای رشد معمول گیاهان است. این عنصر در تعداد زیادی از فرایندهای گیاهی مانند: تقسیم سلولی و قد کشیدن، سوخت‌وساز نوکلوئیک اسید، سوخت‌وساز و انتقال قندهای تنظیم‌کننده فتوسنتز و تنفس دخالت دارد. حضور آن برای سامانه هورمونی حیاتی است و در غشاهای سلولی یافت می‌شود. در جایی‌که از آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده استفاده می‌شود، بور رایج است. بور در مقادیر بیش از حد مجاز، برای گیاهان سمی است؛ باعث کلروز یا رنگ‌پریدگی در نوک گیاهان می‌شود و در طی مراحل بعدی باعث ریزش برگ‌های آن شده و حتی می‌تواند گیاه را نابود کند.

1- Likelihood

۶-۲-۳-۴ اثر سدیم

غلظت غیرطبیعی سدیم در فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند اثر مستقیم ناشی از سمیّت سدیم را در گیاهان ایجاد کند. این سمیّت به‌طور عمده روی درختان میوه (آواکادو، درختان مرکبات و درختان میوه دارای هسته مانند آلو، هلو، زردآلو) در غلظت‌های بیش از ۱۲۰ mg/l تأثیرگذار است [29]. در خاک‌های غیرشور غنی از سدیم، ممکن است کمبودهای کلسیم و همچنین منیزیم در گیاهان علفی مشاهده شود. اثر اصلی سدیم در فاضلاب تصفیه‌شده، بر ساختار خاک است و به‌طور غیرمستقیم روی هوادهی خاک و حرکت آب در آن تأثیر می‌گذارد.

۶-۲-۴ اثر مربوط به سایر عناصر شیمیایی

بهتر است دیگر عناصر شیمیایی به صورت کنترل‌نشده به خاک اضافه نشوند؛ تا از تجمع آنها در خاک جلوگیری شود زیرا حذف آن‌ها در ادامه کار دشوار خواهد بود و همچنین به احتمال زیاد باعث ایجاد موارد زیر می‌شود:

- مسمومیت گیاهان؛
- جذب بیش از حد توسط محصولات؛
- تجمع سطوح سموم سایر عناصر شیمیایی در بافت‌های گیاهی شده (این سطوح برای انسان‌ها یا حیوانات مصرف‌کننده محصول، خطرناک هستند)؛ و
- حرکت سایر عناصر شیمیایی به داخل آب زیرزمینی.

مقادیر میانگین حسابی و مقادیر حداکثر این عناصر در جدول پ-۶ ارائه شده است.

گاهی اوقات در خاک‌های با pH اسیدی، مقادیر این عناصر (مقادیر بیشینه کمتر) به دلیل دسترسی زیاد (بالابودن میزان) به فلزات سنگین، بیشتر موردتوجه است.

۶-۲-۵ توصیه‌هایی برای مدیریت اثرات بر خاک و محصولات

۶-۲-۵-۱ آب‌پاشی از بالای شاخ‌وبرگ گیاهان

به‌منظور افزایش تحمل محصولات، اقدامات زیر توصیه می‌شود:

الف- انتخاب محصولات با تحمل بالا؛

ب- آبیاری در طول شب؛

پ- آبیاری در طول دوره‌هایی که دما پایین است و وزش باد کم است؛

ت- افزایش سرعت چرخش آب‌پاش‌ها؛

ث- افزایش نرخ کاربرد (اما کمتر از نرخ نفوذ درخاک باشد)؛

چ- کاهش تناوب آبیاری؛

ح- تغییردادن سامانه آبیاری که آب در آن در تماس با شاخ و برگ نباشد، مانند سامانه‌های خُردآبیاری؛

خ- افزایش اندازه قطره آب (کاهش درجه رانش ذرات معلق در هوای پاشنده).

۶-۲-۵-۲ شیوه‌های مدیریتی برای جلوگیری از آسیب ناشی از تجمع نمک در خاک

۶-۲-۵-۲-۱ کلیات

برای غلبه بر آسیب ناشی از تجمع نمک در خاک، بهتر است شیوه‌های مدیریتی اجرا شوند. برخی از اقدامات را می‌توان برای کنترل شوری در منطقه ریشه محصـــــول مورداستفاده قرار داد. اقدامات «مزرعه‌ای» به‌طور معمول در برگیرنده شیوه‌های زراعی و مهندسی قابل اعمال توسط کشاورز بر اساس مزرعه به مزرعـه[1] اسـت [19].

۶-۲-۵-۲-۲ اصول مدیریت

اقدامات مدیریتی برای استفاده ایمن از آب آبیاری و به‌طور خاص فاضلاب تصفیه‌شده شامل موارد زیر است:

– انتخاب محصولات یا انواعی از یک محصول که تحت شرایط موجود یا پیش‌بینی‌شده شوری یا سدیمی‌بودن، بازده قابل‌قبولی خواهند داشت؛

– روش‌های اجرایی کاشت ویژه که تجمع نمک در مجاورت دانه را به‌حداقل برساند یا جبران کند؛

– آبیاری، برای حفظ میزان نسبتاً زیادی از رطوبت خاک و برای دستیابی به آبشویی دوره‌ای خاک؛

– استفاده از آماده‌سازی زمین برای افزایش یکنواختی توزیع و نفوذ آب، آبشویی و حذف شوری.

محصول رشد کرده، کیفیت آب مورداستفاده برای آبیاری، الگوی بارندگی و اقلیم و خواص خاک، تا حد زیاد نوع و گستره اقدامات مدیریتی موردنیاز را تعیین می‌کند.

۶-۲-۵-۲-۳ انتخاب محصولات یا انواعی از یک محصول

در جایی که شوری را نمی‌توان به‌واسطه آبشویی در حد قابل‌قبولی حفظ کرد، بهتر است محصولات را طوری انتخاب کرد که بتوانند بازده قابل‌قبولی را در شرایط شوری حاصل از آن داشته باشند. بهتر اسـت در انتخاب محصولات، توجه خاصی به تحمل آن‌ها به نمک، در مدت جوانه‌زدن داشت. زیرا بازده ضعیف، اغلب ناشـی از عدم دستیابی به وضعیت قابل‌قبول است. بعضی از محصولات که طی مراحل بعدی رشد خود در برابر شوری مقاوم هستند، در مراحل اولیه رشد کاملاً حساس به شوری می‌باشند.

پروژه‌های فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند برای یک منطقه با محصولات کشاورزی موجود برنامه‌ریزی شود. اگر محصولات یکساله هستند، انواع پروژه‌ها را می‌توان با توجه به کیفیت آب تغییر داد. بااین‌حال، در محصولات

1- Field-by field

چندساله مانند درختان میوه، این تغییرات سخت‌تر و با هزینه اقتصادی بالاتری انجام خواهد گرفت. اگر در پروژه آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده، برنامه‌ها برای یک منطقه آبیاری جدید توسعه داده شوند، بهتر است برنامه‌ریزان، رشد محصولات را متناسب با کیفیت آب در نظر بگیرند.

۶-۲-۵-۲-۴ روش‌های اجرایی کاشت ویژه

در بسیاری از موارد به‌دلیل این‌که سرعت جوانه‌زنی در صورت وجود شوری مازاد، کاهش می‌یابد عدم دستیابی به‌حالت رضایت‌بخش محصولات ردیفی در آبیاری شیاری[1] با درجه شوری متوسط خاک‌ها یک مشکل جدی است. این مشکلات به‌خاطر تجمع نمک محلول و معمولاً در پشته‌هایی اتفاق می‌افتد که به‌واسطه آبیاری شیاری، «مرطوب» هستند.

توصیه می‌شود برای کاهش تجمع نمک در نزدیکی دانه، اصلاحاتی در اقدامات و شکل بستر صورت گیرد. در طول آبیاری، گرایش نمک‌ها به تجمع در نزدیکی دانه، در بسترهای تک ردیفی، دایره‌ای است. نمک کافی برای جلوگیری از جوانه‌زنی می‌تواند در منطقه حضور دانه تمرکز کند؛ حتی اگر مقدار متوسط نمک خاک نسبتاً کم باشد.

از نقطه‌نظر کنترل شوری، کاشت در شیارها یا حوضچه‌ها رضایت‌بخش است، اما اغلب عملکرد بسیاری از محصولات در کاشت ردیفی به دلیل مشکلات مربوط به پوسته‌پوسته شدن و هوادهی ضعیف، نامطلوب است.

۶-۲-۵-۲-۵ اقدامات آبیاری

مقداری شورشدن آب و خاک در آبیاری، اجتناب‌ناپذیر است؛ نمک موجود در آب آبیاری در خاک باقی می‌ماند و آب خالص از طریق فرایندهای تبخیر و تعرق گیاه به اتمسفر بازگردانده می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود میزان بیشتری از آب نسبت به میزان تبخیر و تعرق آن در آبیاری به کار رود تا آبشویی حاصل و از تجمع نمک اضافی جلوگیری شود.

برای جلوگیری از تجمع بیش از حد نمک در منطقه ریشه ناشی از آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده، آب اضافی (آب آبیاری یا بارندگی) بهتر است در یک دوره طولانی، بیش از مقدار موردنیاز برای تبخیر و تعرق (ET) به‌کار رود و بهتر است از منطقه ریشه در حداقل میزان خالص عبور کند. این مقدار، به صورت کسری به‌عنوان «الزامات آبشویی» (LR)[2] نسبت داده می‌شود؛ کسری از آب نفوذی که برای حفظ شوری در سطوح قابل قبول، از میان منطقه ریشه گیاه عبور می‌کند.

در مزارع آبیاری‌شده با شرایط پایدار با مدیریت عادی آبیاری، غلظت نمک موجود در آبِ خاک، صرف‌نظر از کسر آبشویی (LF)[3]، کسر آب نفوذی عبوری از میان منطقه ریشه، اساساً در نزدیکی سطح خاک یکنواخت است. اما این میزان شوری در عمق، با کاهشLF ، افزایش پیدا می‌کند. به‌طور مشابه، میانگین شوری منطقه ریشه با کاهش LF افزایش می‌یابد؛ هنگامی که میزان تحمل شوری از حدش فراتر رود، بازده محصول کاهش می‌یابد.

1- Furrow-irrigated
2- Leaching Requirement
3- Leaching Fraction

روش‌های محاسبه الزامات آبشویی و پیش‌بینی تلفات بازده محصول ناشی از اثرات شوری، در متون و کتابچه راهنمای کاربردی برای مطالعه بیشتر ذکر شده است. هنگامی که محلول خاک به حداکثر سطح شوری سازگار با سامانه کشت رسیده باشد، بهتر است حداقل مقدار نمک مازاد توسط آبیاری‌های اضافی از منطقه ریشه حذف شود. این فرایند «حفظ تعادل نمک» نام دارد.

سطح میانگین زمانی[1] شوری منطقه ریشه، تحت تأثیر درجه‌ای است که آبِ خاک در فاصله بین آبیاری‌ها و همچنین کسر آبشویی خالی می‌شود. چنانچه زمان بین آبیاری‌ها افزایش یابد، میزان آبِ خاک کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که خاک خشک می‌شود و پتانسیل‌های ماتریکی[2] و اسمزی آبِ خاک کاهش می‌یابد و در نتیجه نمک‌ها در حجم آب کاهش‌یافته تجمع پیدا می‌کنند. جذب آب و بازده محصول بسیار وابسته به زمان و عمق متوسط کل آب بالقوه خاک، یعنی ماتریکی و اسمزی، است. این دلالت بر این دارد که:

– برای به‌حداقل‌رساندن اثرات مضر آبیاری با آب شور، می‌توان از روش‌هایی نظیر آبیاری قطره‌ای که در آن تنش‌های ماتریکی به حداقل می‌رسد، استفاده کرد؛ و

– برای به‌حداقل‌رساندن تجمع (از این‌رو اثرات مضر) میزان زیادی از شوری در منطقه ریشه، می‌توان کسر آبشویی را به‌کار برد.

درجه شورشدگی نیمرخ خاک، نیز توابعی از نحوه استفاده از آب و همچنین کسر آبشویی است. به‌طور کلی نمک بیشتری به ازای هر واحد آبشویی در آبیاری بارانی نسبت به آبیاری غرقابی حذف می‌شود. بنابراین، در شرایط یکسان، شوری آب به‌کار رفته در آبیاری بارانی تا اندازه‌های بیشتر از شوری آب در آبیاری غرقابی یا شیاری با درجه قابل مقایسه‌ای از محصول‌دهی خوب بوده؛ در صورتی که از سوختن برگ‌ها جلوگیری شود.

توزیع نمک‌ها در خاک همچنین تحت تأثیر شکل بستر بذرپاشی[3] است. در آبیاری شیاری، نمک‌ها تمایل به تجمع مقدار زیاد در نواحی خاصی از بستر بذرپاشی دارند. بستر بذرپاشی و شکل شیارها را می‌توان طوری طراحی کرد که این مشکلات به حداقل برسد. از راهبردهای قرار دادن بذر و آبیاری سطحی (برای مثال شیار تناوبی، عمق آب در شیارها و مانند این‌ها) می‌توان برای بهینه‌کردن استقرار گیاه در شرایط شور استفاده کرد. آبیاری بارانی می‌تواند در آبشویی شوری بیش از حد از خاک رویی موثر باشد. از این رو یک محیط کم‌شور مطلوب در لایه بالایی خاک ایجاد می‌شود که برای ابقاء و پایداری نهال حساس به نمک لازم است. در آبیاری قطره‌ای، به طور معمول میزان نمک در خاکی که درست در پایین و در مجاورت با روزنه‌ها است کمترین مقدار را داشته و در حاشیه منطقه مرطوب بالاترین مقدار را دارد. حذف نمک تجمع‌یافته در اطراف منطقه مرطوب، بهتر است در بلندمدت مورد ملاحظه قرار گیرد.

۶-۲-۵-۲-۶ استفاده هم‌زمان از آب‌هایی با کیفیت‌های متفاوت

برای کاهش اثرات نمک‌ها می‌توان فاضلاب تصفیه‌شده را به‌همراه آب‌های دیگر استفاده کرد. بااین‌حال، قبل از روی آوردن به امکان استفاده از راهبردهای رقیق‌سازی بیان‌شده در زیر، بهتر است اولویت، بهبود کیفیت

1- The time-averaged level
2- Matric
3- Seedbed shape

فاضلاب تصفیه‌شده با کاهش میزان نمک در طی تولید فاضلاب باشد [20].

اختلاط[1]: مخلوط کردن فاضلاب تصفیه‌شده (یا آب شور) و آب غیرشور می‌تواند منجر به آب ترکیبی مناسب جهت آبیاری شود. اتخاذ این راهبرد به این معنی است که دو فرایند مخلوط‌کردن؛ اختلاط شبکه یا اختلاط خاک امکان‌پذیر است. اختلاط شبکه بدان معنی است که منابع آب در سامانه انتقال آبیاری مخلوط می‌شوند. اختلاط خاک بدان معنی است که دو آب با دو کیفیت مختلف، به‌طور متناوب در آبیاری استفاده می‌شوند و خاک به‌عنوان واسطه یا نقش میانی مخلوط‌کردن عمل می‌کند.

چرخش آب[2]: در زمان آبیاری محصولات مقاوم به شوری یا هنگام آبیاری محصول حساس به نمک در طول مرحله رشد با تحمل بالا در برابر نمک، از آب با شوری بالاتر (فاضلاب تصفیه‌شده) به‌صورت چرخشی استفاده کنید. آب با شوری کمتر در تمام زمان‌های دیگر رشد استفاده می‌شود.

هشدار- در هر دو راهبرد بالا احتمال این که فاضلاب تصفیه‌شده در دیگر سامانه‌های تامین آب نفوذ کند و متعاقباً ریسک سلامت رخ دهد، وجود دارد؛ به‌خصوص اگر یکی از سامانه‌ها جزء منابع آب آشامیدنی باشد یا به یک سامانه آب آشامیدنی متصل باشد. ایجاد یک جداسازی مکانیکی، نظیر فاصله هوایی، بین هر سامانه آب غیرقابل شرب و سامانه آب آشامیدنی باعث اجتناب از این ریسک‌ها می‌شود. یک راهکار هم، ریختن آب آشامیدنی در یک مخزن جداگانه و سپس پمپاژ آن به سامانه آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده است.

۶-۳ اثرات بر منابع آب

۶-۳-۱ کلیات

توصیه می‌شود سامانه‌های آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده در مناطقی که از نظر آب‌زمین‌شناختی آسیب‌پذیرند، (به‌دلیل ریسک بالای نفوذ و تراوش به آب سطحی) و مناطقی که آب سطحی یا آب زیرزمینی برای سامانه‌های آب آشامیدنی فراهم می‌کنند، در نظر گرفته نشوند. با توجه به ترکیدگی یا نشتی احتمالی خطوط لوله انتقال فاضلاب تصفیه‌شده و سامانه توزیع به مزارع آبیاری‌شده، نشت‌های فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند به آب آبخوان یا آب سطحی برسد و آن را آلوده کند. آلاینده‌های فاضلاب تصفیه‌شده می‌توانند از طریق خود آبیاری به این منابع آب آشامیدنی برسند، بنابراین بهتر است از آبیاری در نزدیکی چاه‌های آب آشامیدنی و آب سطحی جلوگیری شود.

برای جلوگیری از این ریسک، بهتر است تا خطوط اصلی انتقال فاضلاب تصفیه‌شده را از منابع آب آشامیدنی (چاه‌ها) جدا کرد؛ تا اطمینان حاصل شود که میزان فاضلاب تصفیه‌شده به داخل چاه‌ها سرازیر نمی‌شوند و فاضلاب تصفیه‌شده نشت‌یافته به خاک، برای رسیدن به چاه حداقل دویست روز سپری کرده باشد (زمانی که طی آن نابودی آلاینده‌های بیماری‌زا رخ خواهد داد).

فاصله بین قطعات آبیاری‌شده تا چاه باید به اندازه‌ای باشد که زمان رسیدن فاضلاب تصفیه‌شده به چاه حداقل پنجاه روز طول بکشد، زیرا تنها بخش بسیار کمی از فاضلاب تصفیه‌شده آبیاری‌شده به

1- Blending
2- Cycling

عمق خاک نفوذ کرده و از طریق فیلتراسیون موثر از مسیر خاک عبور می‌کند و بیشتر عوامل بیماری‌زا را از بین می‌برد. اقدامات مدیریتی مناسب برای حفاظت از منابع آب آشامیدنی در زیربند 6.6 استاندارد ISO 16075-3، ارائه شده است.

اثرات غلظت مواد مغذی موجود در فاضلاب تصفیه‌شده بر منابع آب، دو ریسک اصلی را به دنبال دارد:
الف- آبشویی فسفر در خاک‌های اسیدی مانند آبشویی نیتروژن در تمام خاک‌ها به درون آب زیرزمینی؛ و
ب- رواناب فسفر از لایه بالایی خاک در خاک‌های با pH بالا به داخل منابع آب سطحی.
هنگامی که نیتروژن و فسفر از فاضلاب حذف می‌شوند، این ریسک‌ها می توانند کاهش داده شوند.

بهتر است با توجه به کمبود روزافزون آب شیرین برای کشاورزی، از منابع آب با کیفیت پایین‌تر مواد شیمیایی و بیولوژیکی استفاده کرد. منبع اصلی چنین آبی، آب بازیافتی (یعنی فاضلاب تصفیه‌شده) است. معیارهایی که آبیاری کشاورزی با فاضلاب تصفیه‌شده را ممکن می‌سازد و هم‌زمان خطرات را برای منابع آب طبیعی به‌حداقل می‌رساند، بهتر است به تفصیل در زیربندهای ۶-۳-۲ تا ۶-۳-۳ در نظر گرفته شود.

۶-۳-۲ اصول حفاظت از منابع آب

الف- برخی از مشکلاتی که بهره‌برداران خاک و آب‌شناختی با آن مواجه هستند، ناهمگونی و تنوع سامانه‌های طبیعی است. در جایی که خاک ناهمگن است، بسیار مشکل است که بتوانیم یک نیمرخ خاک محلی را بپذیریم و از همه مشکل‌تر اینکه آن را به کل مزرعه تعمیم دهیم و به‌طور قطع و یقین یک مزرعه را با مزرعه دیگر مقایسه نمائیم. آزمون‌های جداگانه روی فاضلاب تصفیه‌شده خاص، جهت پایش بر منابع آب و سامانه‌های آب‌رسانی به لحاظ جلوگیری از آلودگی انجام می‌شود. این استاندارد، حداقل الزامات ضروری برای آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده را پیشنهاد می‌کند. در تمام موارد، بهتر است مطالعه بیشتر آب‌شناختی محلی صورت گیرد؛

ب- این استاندارد، ترکیبی از روش‌های آسان عملی و کاربردی را جهت حفاظت حداکثری از منابع آب با درنظر گرفتن معیارها و روش‌های آزمون ارائه می‌کند؛

پ- این استاندارد راه‌هایی را برای کاهش و حتی جلوگیری از آلودگی آب در نظر گرفته‌شده برای مصارف آشامیدنی با توجه به انواع آلاینده‌های ذکرشده در بالا پیشنهاد می‌کند.

بهتر است پارامترهای کیفیت آب به‌صورت مقادیر حداکثر غلظت مجاز، به‌منظور جلوگیری یا به‌حداقل رساندن آسیب به خاک، محصولات و منابع آب (سطحی یا زیرزمینی) یا خطرات سلامت عمومی بیان شوند.

توصیه می‌شود پارامترهای کیفیت آب به‌صورت زیر طبقه‌بندی شوند:

- پارامترهای زراعی: مواد مغذی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و عوامل شوری (مقدار نمک کل، کلرید، بور و غلظت سدیم)؛

– پارامترهای سلامت عمومی: محتوای میکروبی[1]، مواد شیمیایی (به عنوان مثال فلزات سنگین).

این پارامترها مربوط به اثرات احتمالی هر عامل و همچنین امکان جلوگیری از ورود آلاینده‌ها در هنگام تولید فاضلاب و توانایی حذف آن‌ها در طول دوره تصفیه است.

این استاندارد، مقادیر راهنما برای غلظت آلاینده‌های غالباً شاخص در هر یک از چهار گروه (مواد مغذی، فلزات سنگین، نمک‌ها و ریزآلاینده‌های آلی) و پارامترهای بیانگر شوری (EC و TDS) را پیشنهاد می‌کند.

– تهیه یک استاندارد بین‌المللی‌که مقادیر آستانه را برای تمام آلاینده‌های بالقوه موجود در فاضلاب در نظر بگیرد، عملاً غیرممکن است. بنابراین، بهتر است کاربران، سطوحی برای تعدادی از عناصر نماینده، غیر از چهار گروه آلاینده، به‌همراه توصیف سطح تصفیه تعیین کنند. رعایت این سطوح آستانه در بسیاری از موارد، اطمینان از حفاظت سامانه‌های آب طبیعی را به دنبال دارد. بااین‌حال، برای شرایط مرتبط با مکان‌های خاص ممکن است نیاز به تعدیل سطوح باشد؛

– در کاربردهایی که بر اساس مقررات تخلیه فاضلاب تصفیه‌شده مجاز باشد (مانند مجوز تخلیه فاضلاب تصفیه‌شده به یک جریان)، نیازی به مانع فیزیکی نیست؛

– سرعت جریان رواناب‌های سطحی از نظر اندازه، بزرگتر از سرعت جریان‌های زیرزمینی است. در نتیجه، خطر بالقوه آنی را برای منابع آب ایجاد می‌کند. از این رو بهتر است، هدف این باشد که جریان مستقیم فاضلاب تصفیه‌شده به کانال‌های زهکشی در هنگام باران کاهش یابد. بنابراین، طبقه‌بندی خطرات برای منابع آب سطحی، بر اساس تخمین‌های میزانی از فاضلاب تصفیه‌شده است، که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم، به سامانه‌های زهکشی سطحی جریان می‌یابند. در جایی‌که سامانه آبیاری به‌خوبی طراحی شده (تناوب‌های آبیاری مطابق با خواص خاک باشد) تمایزی بین موقعیت‌ها وجود دارد، به‌طوری که هیچ رواناب سطحی در طی آبیاری و بین سامانه‌های آبیاری با کارایی کمتر، قابل انتظار نباشد. بااین‌حال، حتی در یک سامانه با طراحی بهینه، رواناب اتفاقی وجود دارد. بنابراین، وضعیت تعریف‌شده با عنوان «بدون هیچ رواناب» شامل جایی است که حجم احتمالی رواناب حاصل از آبیاری نسبت به آب آبیاری کمتر از ٪ ۵ باشد؛

– اصل برای آلاینده‌های زیرزمینی این است که در منطقه غیراشباع حرکت کنند، اما به آب‌های زیرزمینی نرسند. جذب آلاینده‌ها و نمک‌های اصلی (کاتیون‌ها) و فلزات سنگین در خاک، به‌طور عمده در سطح رس‌ها صورت می‌گیرد. همچنین زمان ماند نیز به‌واسطه ترکیب خاک و به‌طور عمده با میزان رس کنترل می‌شود. بنابراین، بهتر است شاخص اصلی مورداستفاده برای توصیف خاک‌های مناسب آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده، میزان رس باشد. میزان رس فقط یک شاخص تقریبی است. به‌منظور توصیف یک پارامتر ساده و قابل اندازه‌گیری، بهتر است از میزان متوسط رس در عمق ۲ m به عنوان شاخص حساسیت محل به آلودگی آب زیرزمینی، استفاده شود.

پیوست **ت**، مثال‌هایی از گروه‌های حساس برای حفاظت از آب زیرزمینی ارائه می‌دهد.

1- Microbial content

۶-۳-۳ مثال‌هایی از گروه‌های حساسیت آب سطحی

بهتر است گروه‌های حساسیت آب سطحی مطابق با میزان جریان آب، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم، از آب آبیاری تا سامانه‌های زهکشی منتهی به سامانه‌های آب طبیعی، طبقه‌بندی شوند.

الف- رده بالاترین حساسیت سامانه (I)، جایی است که رواناب سطحی در هنگام آبیاری یا تجمع سطحی ناشی از شستشو در مواقع بارانی به وجود آید. اصولاً بهتر است طراحی صحیح و بهره‌برداری یک سامانه آبیاری، از بروز چنین وضعیتی جلوگیری کند؛

در گروه‌های حساسیت II، III وIV فرض می‌شود که در هنگام آبیاری رواناب سطحی ایجاد نمی‌شود.

ب- گروه II حساسیت شامل سامانه‌هایی است که دارای سامانه زهکشی زیرزمینی کم عمق موثر هستند (در عمق ۸۰ cm یا کمتر) در چنین سامانه‌هایی، بخش قابل‌توجهی از آب آبیاری بلافاصله بعد از اتمام آبیاری به سطح سامانه‌های زهکشی، زهکش می‌شوند.

پ- گروه حساسیت III، شامل سامانه‌های زهکشی عمیق (بیش از ۸۰ cm) است، در جایی که آب آبیاری بعد از نگهداری در زیرزمین، به سامانه‌های زهکشی سطحی، زهکش می‌شود.

ت- گروه حساسیت IV، کمترین حساسیت از منظر آب سطحی، سامانه‌ای است که در تمام موارد، شامل زهکشی زیرزمینی نمی‌شود.

رده‌های II، III و IV بر این فرض استوارند که طراحی و بهره‌برداری سامانه آبیاری از تولید رواناب سطحی مستقیم آب آبیاری جلوگیری کند. مانند آنچه که در رابطه با معیار ریسک آب زیرزمینی مطرح شد، عبور جریان آب از مقطع زیرزمین باعث فیلتراسیون آلاینده‌ها می‌شود. وجود زهکشی موثر زمین، میزان آبِ خاک را کاهش می‌دهد، اما ممکن است افزایش بارها را برای سامانه‌های آب سطحی به دنبال داشته باشد. در حال حاضر، این استاندارد شامل رواناب سطحی ناشی از بارش که آلاینده‌ها را از لایه بالایی خاک می‌زداید، نمی‌شود.

مثال‌هایی از سطوح ریسک آستانه آلاینده‌ها در فاضلاب تصفیه‌شده، در جدول ت-۱ ذکر شده است.

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

مثال‌هایی از راهکارهای بهبود کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده

جدول الف- ۱- مثال‌هایی از راهکارهای بهبود کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده

پارامتر	نوع آلودگی	انواع راهکارهای تصفیه
مواد آلی (BOD; COD)	منبع نقطه‌ای	افزایش کنترل و پایش فاضلاب صنعتی. الزامات پیش‌تصفیه.
نمک‌های محلول	نفوذی	بهبود آب اولیه با استفاده از آب شیرین با شوری پایین یا آب نمک‌زدایی‌شده برای مصارف خانگی و صنعتی.
نمک‌های محلول	منبع نقطه‌ای	تخلیه آب نمک تمیز (بدون ماده آلی یا سایر آلاینده‌ها).
نمک‌های محلول (سدیم- Na)	منبع نقطه‌ای	استفاده کارآمد از مواد پاک‌کننده حاوی سدیم (مانند سود سوزآور– NaOH) یا تغییر به سایر مواد پاک‌کننده (مانند: پتاسیم هیدروکسید KOH)
نمک‌های محلول (بور- B)	نفوذی	تغییر استانداردهای صابون‌ها و مواد شوینده برای استفاده از مواد کم محتوا. کشورهایی که دارای مشکلات غنی‌شدگی[1] هستند به جای فسفر، مواد شوینده با بور را ترجیح می‌دهند.
فلزات سنگین	منبع نقطه‌ای	افزایش کنترل و پایش فاضلاب صنعتی. الزامات پیش‌تصفیه.
مواد دارویی	نفوذی	تشویق مصرف‌کنندگان به حذف منظم داروهای مصرف‌نشده یا تاریخ مصرف گذشته به مراکز جمع‌آوری برای تصفیه متمرکز.
مواد مغذی	منبع نقطه‌ای	افزایش کنترل و پایش فاضلاب صنعتی. الزامات پیش‌تصفیه.

1- Eutrophication

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

مثال‌هایی از معیارهای اقلیمی و خاک

جدول ب-۱- رده‌بندی اقلیم با استفاده از شاخص خشکی (AI)[18]

اقلیم	مقدار AI	بارش سالانه	بارندگی متغیر در طی سال	ملاحظات
بسیار خشک	AI < ۰٫۰۵		< ۱۰۰ ٪	
خشک	۰٫۰۵ < AI < ۰٫۲۰	<۲۰۰mm	۵۰ ٪ تا ۱۰۰ ٪	
نیمه‌خشک	۰٫۲۰ < AI < ۰٫۵۰	< ۸۰۰mm (در تابستان) < ۵۰۰ mm (در زمستان)	۲۵ ٪ تا ۵۰ ٪	کمبود رطوبت سالانه
خشک نیمه مرطوب	۰٫۵۰ < AI < ۰٫۶۵	بارندگی فصلی زیاد	< ۲۵ ٪	
مرطوب	۰٫۶۵ < AI < ۱٫۰۰	بارندگی زیاد	-	
	۱٫۰۰ < AI			مازاد رطوبت سالانه
کوهستانی سرد	-	-	-	خیلی سرد برای رشد محصولات

جدول ب-۲- بررسی اجمالی ریسک‌های مربوط به خاک (اصلاح شده [30])

ریسک‌ها	معیارها	پارامترهای خاک موثر در رفتار خاک‌ها
تحرک آلاینده‌های قابل جذب معدنی	ظرفیت بافری برای آلاینده‌های قابلِ جذب معدنی (مانند فلزات سنگین)	بافت، مواد آلی و Ph
فرونشست لایه بالایی خاک	فرونشست لایه بالایی خاک	بافت و مواد آلی
شوری خاک‌ها	شوری خاک‌ها	بافت، چگالی ظاهری، عمق منطقه ریشه، عمق خاک، ظرفیت مزرعه، هدایت هیدرولیکی اشباع و نرخ آبشویی
تحرک بور	ظرفیت بافری بور	بافت، مواد آلی و pH
آلودگی آب زیرزمینی	ظرفیت بافری برای مواد غیرقابل جذب (مانند نیترات)	بافت، مواد آلی و pH
تجمع و حرکت فسفر	تجمع و آبشویی فسفر در خاک‌ها	میزان رس و کانی، اکسیدها، مواد آلی و pH

یادآوری- حرکت زیاد فلزات سنگین در خاک‌های اسیدی که خاک‌های متداول در مناطق مرطوب هستند، انتظار می‌رود.

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

مثال‌هایی از حداکثر سطوح مواد مغذی و عوامل شوری در فاضلاب تصفیه‌شده برای آبیاری

این سطوح برای آبیاری فصلی مزارع در میزان‌های آبیاری ۵۰۰ mm تا ۶۰۰ mm (۵۰۰۰ m^3/ha تا ۶۰۰۰ m^3/ha) و در رابطه با مصرف نیتروژن و فسفر توسط محصولات به‌دست آمده است.

جدول پ-۱- مثالی از حداکثر سطوح مواد مغذی در فاضلاب تصفیه‌شده مورد استفاده برای آبیاری

پارامتر	واحدها	میانگین حسابی ماهانه	حداکثر مقدار
نیتروژن آمونیومی	mg/l	۲۰	۳۰
نیتروژن کل	mg/l	۲۵	۳۵
فسفر کل	mg/l	۵	۷

جدول پ-۲- مثالی از حداکثر هدایت الکتریکی آب آبیاری مطابق با تحمل گیاه هنگامی که آبیاری به‌وسیله آبیاری بارانی انجام شود (اصلاح شده [29])

تحمل شاخ و برگ محصولات	بیشینه هدایت الکتریکی آب آبیاری (dS/m)
خیلی کم تحمل[a]	۰٫۵
کم تحمل	۱٫۰
تحمل متوسط	۲٫۰
تحمل بالا	۴٫۰
تحمل خیلی بالا	۸٫۰
[a] شامل اغلب درختان میوه (مانند مرکبات، سیب، گلابی، آلو، زردآلو، هلو، و مانند این‌ها)، لوبیا و توت فرنگی.	

جدول پ-۳- مثالی از تحمل نسبی محصولات منتخب در برابر آسیب شاخ و برگ ناشی از آب شور اعمال شده به‌وسیله آبیاری بارانی [29]

غلظت‌هایی از Na^+ یا Cl^- که به شاخ و برگ گیاهان آسیب می‌رساند (mEq/l)			
< ۵	۵ تا ۱۰	۱۰ تا ۲۰	> ۲۰
بادام	انگور	یونجه	گل‌کلم
زردآلو	فلفل	جو	پنبه
مرکبات	سیب‌زمینی	ذرت	چغندرقند
آلو	گوجه‌فرنگی	خیار	آفتابگردان
		گلرنگ	
		کنجد	
		ذرت خوشه‌ای	
یادآوری- 1 mEq/l Na^+ = 23 mg/l Na^+ 1 mEq/l Cl^- = 35.5 mg/l Cl^-			

جدول پ-۴- اثر ترکیبی هدایت الکتریکی (ECw) آب آبیاری و نسبت جذب سدیم (SAR) بر احتمال مشکلات (نفوذ) نفوذپذیری آب [17]

مشکل بالقوه آبیاری	درجه محدودیت استفاده		
	ندارد	خفیف تا متوسط	خیلی شدید
$SAR\ (mEq/l)^{1/2}$	هدایت الکتریکی- آب آبیاری (dS/m)		
۰ تا ۳	> ۰٫۷	۰٫۲ تا ۰٫۷	< ۰٫۲
۳ تا ۶	> ۱٫۲	۰٫۳ تا ۱٫۲	< ۰٫۳
۶ تا ۱۲	> ۱٫۹	۰٫۵ تا ۱٫۹	< ۰٫۵
۱۲ تا ۲۰	> ۲٫۹	۱٫۳ تا ۲٫۹	< ۱٫۳
۲۰ تا ۴۰	> ۵٫۰	۲٫۹ تا ۵٫۰	< ۲٫۹

یادآوری ۱- مشکل نفوذپذیری آب در میان خاک (ناشی از تورم رس و پراکندگی و تخریب خاکدانه) فقط به مقدار SAR خاک (در نتیجه SAR آب) بستگی ندارد، اما بر غلظت نمک‌ها در آب (غلظت الکترولیت) موثر است. هرچه مقدار SAR بیشتر باشد، غلظت الکترولیت موردنیاز بیشتری برای حفظ شرایط حرکت مناسب آب در خاک نیاز است. بنابراین، هر مقدار SAR در جدول مقدار معادل هدایت‌الکتریکی را دارد که در آن ممکن است مشکلات نفوذپذیری آب موجود را داشته یا نداشته باشد.

یادآوری ۲- در فاضلاب تصفیه‌شده که در آن مقدار SAR بالا است، به طور کلی غلظت‌های بالای نمک‌ها برای حفظ ثبات ساختار خاک و جلوگیری از مشکلات حرکت آب در خاک وجود دارد. با این وجود، در زمان‌های دوره بارش باران، که در آن SAR خاک در تعادل با SAR در فاضلاب تصفیه‌شده رسیده باشد، در معرض آب باران با حداقل غلظت الکترولیت قرار می‌گیرد. تحت این شرایط، می‌تواند باعث کاهش شدید نفوذپذیری آب به خاک (شدت آن بستگی به سایر خواص خاک دارد) و در نتیجه سبب مشکلات رواناب سطحی و فرسایش شود.

جدول پ-۵- مثالی از حداکثر سطوح عوامل شوری در فاضلاب تصفیه‌شده مورد استفاده برای آبیاری مطابق با حساسیت محصولات کشاورزی

پارامتر	واحد	حساسیت محصولات کشاورزی							
		حساس		حساسیت متوسط		مقاوم متوسط		مقاوم	
		میانگین حسابی ماهانه	حداکثر مقدار اندازه‌گیری شده	میانگین حسابی ماهانه	حداکثر مقدار اندازه‌گیری شده	میانگین حسابی ماهانه	حداکثر مقدار اندازه‌گیری شده	میانگین حسابی ماهانه	حداکثر مقدار اندازه‌گیری شده
هدایت‌الکتریکی [b, a]	dS/m	۱٫۴	۱٫۸	۲٫۰	۲٫۶	۴٫۰	۵٫۲	۶٫۰	۷٫۸
کلرید	mg/l	۲۵۰	۲۸۰	۴۰۰	۴۴۰	۱۰۰۰	۱۱۰۰	۱۴۰۰	۱۵۰۰
بور [c]	mg/l	۰٫۴	۰٫۵	۱٫۰	۱٫۳	۲٫۰	۲٫۶	۴٫۰	۵٫۲
سدیم [d]	mg/l	۱۵۰	۲۰۰	–	–	–	–	–	–

یادآوری- تحمل گیاهان به شوری در واکنش به غلظت واقعی نمک‌ها در محلول خاک است. در کیفیت مشابهی از آب، غلظت نمک‌هایی که ریشه گیاه در معرض آن‌ها خواهد بود، نیز به سامانه آبیاری و مدیریت آبیاری (تناوب آبیاری) بستگی دارد. هر چه میزان آب در خاک کمتر باشد، در بین آبیاری‌ها غلظت نمک بیشتر است. در نتیجه، در سامانه آبیاری قطره‌ای، در جایی که فواصل آبیاری نزدیک به هم هستند، امکان استفاده از آب با غلظت نمک بالاتر در مقایسه با مناطقی که محصولات مشابه دارند اما در سامانه آبیاری (سامانه بارانی یا آبیاری روباز) در جایی که فواصل آبیاری بیشتر است و استفاده بیشتری از آب موجود در خاک برای آبیاری بعدی می باشند، وجود دارد.

[a] حساسیت محصولات کشاورزی به شوری اغلب به نسبت غلظت در عصاره اشباع خاک یا در محلول خاک بیان شده است. معنای مقادیر غلظت‌ها در آب آبیاری در خصوص هدایت الکتریکی است که بدین صورت محاسبه می شود: هدایت الکتریکی خاک = ۱٫۵ × هدایت الکتریکی آب، با این فرض که آبشویی جزیی در حدود ۰٫۲۰ (۲۰٪) داده شده است.

[b] غلظت نمک‌های محلول در آب همچنین می‌تواند برحسب مواد جامد محلول ثابت (FDS)(mg/l) در دمای ۵۵۰ °C بیان شود. ارتباط بین هدایت الکتریکی (EC) و FDS در فرمول زیر بیان شده است:

$FDS\ (mg/l) \approx EC\ (dS/m) \times ۶۴۰$ برای EC بین ۰٫۱ dS/m و ۵٫۰ dS/m

$FDS\ (mg/l) \approx EC\ (dS/m) \times ۸۰۰$ برای $EC > ۵٫۰$ dS/m

[c] غلظت مشخص‌شده بور در جدول به بور موجود در آب آبیاری اشاره دارد، بااین‌حال محصولات کشاورزی به بور در محلول خاک، پاسخ می‌دهند. بور عنصری است که می‌تواند توسط خاک رس و مواد آلی در خاک جذب شود. از این رو، عکس‌العمل یک محصول کشاورزی مشابه به بور در آب آبیاری در خاک با میزان متغییر خاک رس متفاوت خواهد بود. به طور کلی، برای غلظت یکسان بور در آب و محصولات کشاورزی مشابه، عکس‌العمل منفی محصولات کشاورزی در خاک با مقدار رس بالاتر به تعویق می‌افتد. این پدیده در نتیجه جذب بالاتر بور در خاک رس و بنابراین جذب بور با غلظت‌های پایین‌تر در محلول خاک توسط گیاه است.

[d] در جایی که سدیم وجود دارد و همچنین توسط رس در خاک جذب می‌شود، اثر اصلی روی ساختار و خواص خاک است.

جدول پ-۶- مثالی از مقدار میانگین و مقدار حداکثر عناصر شیمیایی در فاضلاب تصفیه‌شده

عنصر	میانگین حسابی ماهانه (mg/l)	حداکثر مقدار در یک اندازه‌گیری منفرد (mg/l)
آلومینیوم	۵	۱۲٫۵
بریلیم	۰٫۱	۰٫۲۵
کادمیوم	۰٫۰۱	۰٫۰۲۵
کروم	۰٫۱	۰٫۲۵
کبالت	۰٫۰۵	۰٫۱۲۵
مس	۰٫۲	۰٫۵
سیانید	۰٫۱	۰٫۲
فلوئورید	۲٫۰	۳٫۰
آهن	۲	۵
سرب	۰٫۱	۰٫۲۵
لیتیم	۲٫۵	۶٫۲۵
منگنز	۰٫۲	۰٫۵
جیوه	۰٫۰۰۲	۰/۰۰۵
مولیبدن	۰٫۰۱	۰/۰۲۵
نیکل	۰٫۲	۰٫۵
سلنیوم	۰٫۰۲	۰٫۰۵
وانادیم	۰٫۱	۰٫۲۵
روی	۲	۵

یادآوری- داده‌های اصلی اصلاح شده از مرجع [17] کتاب‌نامه می باشند.

پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

مثالی از گروه‌های حساسیت آب زیرزمینی

ت-۱ کلیات

گروه‌های حساسیت آب‌های زیرزمینی به‌طور عمده مطابق با میزان رس در خاک تعیین می‌شوند. گروه حساسیت چهارم برای مواردی است که هیچ آبخوانی زیر منطقه تحت آبیاری وجود ندارد. برای تعیین میزان رس در خاک، بهتر است آنالیز الک‌کردن ساده در خاک، برای شناسایی هرگونه ذرات رس کمتر از ۲ µm انجام شود [16].

ت-۲ گروه حساسیت اول (I)

حساسیت «بالا» با وجود یک آبخوان (یک آبخوان آزاد) زیر منطقه تحت آبیاری و حاوی میزان متوسط رس کمتر از ٪ ۱۵ در ۲ m بالایی خاک یا آب زیرزمینی در عمق کمتر از ۵ m مشخص می‌شود.

ت-۳ گروه حساسیت دوم (II)

حساسیت «متوسط»، در مناطق بالای آبخوان با عمق بیش از ۵ m از سطح و با میزان متوسط رس از ٪ ۱۵ تا ٪ ۴۰ در ۲ m بالایی خاک لحاظ می‌شود.

ت-۴ گروه حساسیت سوم (III)

حساسیت «پایین» در مناطق بالای آبخوان‌ها با عمق بیش از ۵ m و با میزان متوسط رس بیش از ٪ ۴۰ در ۲ m بالای خاک، لحاظ می‌شود.

ت-۵ گروه حساسیت چهارم (IV)

حساسیت «صفر» خاص مناطقی است که در آن هیچ آبخوانی در زیر منطقه تحت آبیاری و هیچ تداوم آب‌شناختی برای انتقال آب به آبخوان مجاور وجود ندارد (مانند یک لایه سخت). این مهم است که تاکید شود که در صورت عدم وجود دانش قبلی مشخصی از زمین آب‌شناختی[1]، بهتر است محل را طوری در نظر گرفت مثل اینکه یک آبخوان در زیر سطح وجود دارد (به عبارتی بهتر است استفاده از گروه حساسیت چهارم تنها پس از تجزیه و تحلیل آب‌شناختی کامل انجام شود).

1- Geohydrology

اندازه‌گیری میزان رس بهتر است حداقل در سه مکان از هر هکتار انجام شود (در جایی که منطقه همگن است، به عبارتی هیچ تغییری در خاک وجود ندارد).

جدول ت-۱- مثالی از سطح ریسک آب زیرزمینی و آب سطحی برای توصیف حد آستانه آلاینده‌ها در فاضلاب تصفیه‌شده

میزان نفوذ			بدون نفوذ به آب زیرزمینی	نفوذ کم به آب زیرزمینی	نفوذ متوسط به آب زیرزمینی	نفوذ زیاد به آب زیرزمینی
			I	II	III	IV
حساسیت به آب زیرزمینی	آبخوان[1] کم عمق یا بدون لایه حفاظتی رس	I	۱	۲	۳	۳
	آبخوان عمیق با لایه حفاظتی رس	II	۱	۲	۲	۳
	آبخوان عمیق با لایه حفاظتی قابل‌توجهی از خاک رس	III	۱	۱	۲	۲
	بدون آبخوان با تداوم هیدرولوژیکی مناطق	IV	۱	۱	۲	۲
حساسیت به آب سطحی			۳	۳	۲	۱
			IV	III	II	I
			رواناب سطحی زیاد	رواناب سطحی متوسط	رواناب سطحی کم	بدون رواناب
			رواناب سطحی			

1- Aquifer

پیوست ث

(آگاهی‌دهنده)

تغییرات اِعمال‌شده در این استاندارد نسبت به استاندارد منبع

ث-۱ بخش‌های اضافه‌شده

- بند ۱ هدف و دامنه کاربرد، یادآوری‌های ۱ و ۲ اضافه شده است.
- زیربند ۳-۲ کوته نوشت، TSS یا کل مواد جامد معلق اضافه شده است.
- منابع [۴]، [۵] و [۶] به کتاب‌نامه اضافه شده است.

ث-۲ بخش‌های حذف‌شده

- بند ۱ هدف و دامنه کاربرد عبارت « تا به امروز، هیچ شواهدی مبنی بر اثرات نامطلوب بر سلامت انسان یا محیط‌زیست از طریق آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده یا از طریق مصرف محصولات آبیاری‌شده با فاضلاب تصفیه‌شده وجود نداشته است» حذف شده است.
- زیربند ۶-۲-۳-۴ پاراگراف آخر حذف شده است.
- جدول پ-۱ یادآوری حذف شده است.
- در جدول پ-۴ یادآوری ۳ حذف شده است.
- جدول پ-۵ یادآوری های ۱ و ۲ حذف شده است.
- جدول پ-۶ یادآوری ۲ حذف شده است.
- پیوست ت زیربند ت-۵ یادآوری حذف شده است.

کتاب‌نامه

[۱] استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۳۸۴: سال ۱۳۸۷، کیفیت آب- نمونه‌برداری- راهنمای استفاده از داده‌های نمونه‌برداری برای تصمیم‌گیری- انطباق با آستانه‌ها و سیستم‌های طبقه‌بندی

[۲] استاندارد ملی ایران شماره ۲۲-۱۱۶۱۱: سال ۱۳۹۵، کیفیت آب- نمونه‌برداری- قسمت ۲۲: طراحی و نصب ایستگاه‌های پایش کیفیت آب زیرزمینی- راهنما

[۳] استاندارد ملی ایران شماره ۲۳-۱۱۶۱۱: سال ۱۳۹۵، کیفیت آب- نمونه‌برداری- قسمت ۲۳: نمونه‌برداری غیر فعال از آب‌های سطحی- راهنما

[۴] قانون حفاظت از خاک مصوبه مجلس شورای اسلامی مورخ ۱۳۹۸/۰۳/۰۴

[۵] حدود مجاز آلودگی خاک و آلاینده های ورودی به آن برای کاربری‌های مختلف خاک و راهنماهای آن (بر اساس قانون حفاظت از خاک)، سازمان حفاظت محیط زیست

[۶] استانداردهای خروجی فاضلاب (به استناد ماده ۵ آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب)

[7] ISO 5667-1, Water quality — Sampling — Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques.

یادآوری- استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۱۶۱۱: سال ۱۳۸۷، کیفیت آب- نمونه‌برداری- راهنمای طراحی برنامه‌های نمونه‌برداری، با استفاده از استاندارد ISO 5667-1: 1980 تدوین شده است.

[8] ISO 5667-4, Water quality — Sampling — Part 4: Guidance on sampling from lakes, natural and man-made

یادآوری- استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۴-۱۱۶۱۱: سال ۱۳۹۵، کیفیت آب- نمونه برداری- قسمت ۴: نمونه برداری از دریاچه های طبیعی و مصنوعی- راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 5667-4: 2016 تدوین شده است.

[9] ISO 5667-6, Water quality — Sampling — Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams

یادآوری- استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۶-۱۲۲۶۲: سال ۱۳۸۷، کیفیت آب- نمونه‌برداری- آئین کار نمونه‌برداری از رودخانه‌ها و نهرها، با استفاده از استاندارد ISO 5667-6: 2005 تدوین شده است.

[10] ISO 5667-10, Water quality — Sampling — Part 10: Guidance on sampling of waste waters

یادآوری- استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۰-۱۱۶۱۱: سال ۱۴۰۰، کیفیت آب- نمونه‌برداری- قسمت ۱۰: نمونه‌برداری از فاضلاب- راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 5667-10: 2020 تدوین شده است.

[11] ISO 5667-11, Water quality — Sampling — Part 11: Guidance on sampling of groundwaters

یادآوری- استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۱-۱۱۶۱۱: سال ۱۳۸۹، کیفیت آب- نمونه‌برداری- قسمت ۱۱: راهنمای نمونه‌برداری از آب‌های زیرزمینی، با استفاده از استاندارد ISO 5667-11: 2009 تدوین شده است.

[12] ISO 15175:2018, Soil quality — Characterization of soil related to groundwater protection

[13] ISO 16075-2, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 2: Development of the project

یادآوری- استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۲-۲۱۸۷۶: سال ۱۴۰۱، استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده برای پروژه‌های آبیاری- قسمت ۲: توسعه پروژه- راهنما ، با استفاده از استاندارد ISO 16075-2: 2020 تدوین شده است.

[14] ISO 16075-3, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 3: Components of a reuse project for irrigation.

یادآوری- استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۳-۲۱۸۷۶: سال ۱۳۹۵، طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در آبیاری- قسمت ۳: اجزا طرح استفاده مجدد برای آبیاری- راهنما، با استفاده از استاندارد ISO 16075-3: 2015 تدوین شده است.

[15] ISO 16075-4, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 4: Monitoring

[16] WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater. Excreta and Greywater, 2006.

[17] Ayers R.S., Westcot D.W. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29. Food and Agriculture Organization. United Nations, Rome, 1994.

[18] UNEP World Atlas of Desertification. 1997.

[19] Rhoades J.D., Kandiah A., Mashali A.M.1992. , The use of saline waters for crop production. FAO irrigation and drainage paper 48.

[20] Hoffman G.J., Rhoades J.D., Letey J. Salinity Management. In: Management of Farm Irrigation Systems. Edted by: G.J. Hoffman, T.A. Howell and K.H. Solomon. The American Society of Agricultural Engineers, Michigan, US, 1990, pp. 667–715.

[21] APHA/AWWA/WEF, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st edition, Prepared and Published jointly by American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, Washington, DC.

[22] Gee W.G., Or D. 2002. Particle Size Analysis. In Methods of Soil Analysis (J.H. Dane and G. Clark Topp, co-editors). Part 4. Physical Methods. American Society of Agronomy. Soil Science of America Book Series N°5. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin.

[23] NP 4434 2005, Reuse of reclaimed urban wastewater for irrigation. Instituto Português da Qualidade. Lisbon (in Portuguese).

[24] Best Management Practices: Irrigation Management. Agriculture and Agri-Food Canada, rev. ed., 2004.

[25] Land classification Procedures Manual, Alberta Agriculture, Food and Rural Development. 2004. Procedures Manual for the Classification of Land for Irrigation in Alberta. Alberta Agriculture, Food and Rural Development, Resource management and Irrigation Division, Irrigation Branch, Lethbridge, Alberta. 77pp + appendices. s. http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/irr4437/$file/procedures.pdf?OpenElement.

[26] Land Classification Standards Document, Alberta Agriculture, Food and Rural Development. 2004. Standards for the Classification of Land for Irrigation in the Province of Alberta. Alberta Agriculture, Food and Rural Development, Resource

management and Irrigation Division, Irrigation Branch, Lethbridge, Alberta. 18pp + http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/irr4436/$file/standards.pdf?OpenElement

[27] Alberta Environment Guideline for Municipal Wastewater Irrigation, Alberta Environment. 2000. Guidelines for Municipal Wastewater Irrigation. Alberta Environment, Municipal Program Development Branch, Environmental Sciences Division,Environmental Service. 24pp. http://environment.gov.ab.ca/info/library/7268.pdf

[28] Ultraviolet Disinfection Guidelines for Drinking Water and Water Reuse, Third Edition, August 2012. National Water Research Institute in collaboration with The Water Research Foundation.

[29] Maas E.V. In: Salt tolerance of plants. The Handbook of Plant Science in Agriculture. (Christie B.R., Press C.R.C., eds.). Boca Raton Florida, 1984.

[30] Schacht K., Gonster S., Juschke E., Chen Y., Tarchitzky J., Al-Bakri J., Al-Karablieh E., Marchner B., Evaluation of soil sensitivity towards the irrigation with treated wastewater in the Jordan river region. Water. 2011, 3 (4) pp. 1092–1111.

[31] Allen Richard G.Pereira, Luis S. Raes, Dirk. Smith, Martin. 1998. , Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO - irrigation and drainage, paper 56.

[32] Berthel R.O, and Izumi, Yutaka. 1989. An evaluation of the Smith-Feddes model. Hanscom AFB, Mass.: Air Force Geophysics Laboratory, United States Air Force.

[33] Asano T. Wastewater Reclamation and Reuse. Technomic Publishing, 1998.

[34] Asano T., Burton F.L., H.L. Leverenz H.L, R. Tsuchihashi, and G. Tchobanoglous. 2007. Water Reuse issues, Technologies, and Applications. Metcalf & Eddy.

[35] EPA Guidelines for Water Reuse, EPA/600/R-12/618 September 2012.

[36] Food FAO., and Agriculture Organization of the United Nations, Quality Control of Wastewater for Irrigated Crop Production, Water reports 10, by Westcot, D., Rome, 1997.

[37] FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations, Users manual for irrigation with treated wastewater. FAO Regional Office for the Near East, Cairo, Egypt, 2000, 69 p.

[38] Feigin A., Ravina I., Shalhevet J. Irrigation with Treated Sewage Effluent. Springer-Verlag, 1991.

[39] Juanico M., Dor I. eds. Hypertrophic Reservoirs for Wastewater Storage and Reuse. Springer, 1999.

[40] Lazarova V., Bahri A. Water Reuse for Irrigation. CRC Press, Boca Raton, FL, 2004.

[41] Levy G., Fine P., Bar-Tal A. eds. Use of treated sewage water in agriculture: impacts on crops and soil environment. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2011, pp. 328–50.

[42] Rhoades J.D., Kandiah A., Mashali A.M.1992. , The use of saline waters for crop production. FAO irrigation and drainage paper 48.

[43] Hoffman G.J., Rhoades J.D., Letey J. Salinity Management. In: Management of Farm Irrigation Systems, (Hoffman G.J., Howell T.A., Solomon K.H., eds.). The American Society of Agricultural Engineers, Michigan, US, 1990, pp. 667–715.

[44] WHO, 2006. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 2 - Wastewater use in agriculture.

[45] Wallender W.W., Tanji K.K., eds. 2012. MOP 71 2012-JAN-01 Agricultural Salinity Assessment and Management. American Society of Civil Engineering. Manual of Practice (MOP) 71. Second Edition.