



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۱۸۷۶-۱

چاپ اول

۱۳۹۵

**INSO**

**21876-1**

**1st. Edition**

**2017**

**Identical with  
ISO 16075-1: 2015**

طرح های استفاده از فاضلاب تصفیه شده  
در آبیاری - قسمت ۱: مبانی طرح استفاده  
مجدد 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

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: [standard@isiri.gov.ir](mailto:standard@isiri.gov.ir)

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

**Iranian National Standardization 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@isiri.gov.ir](mailto:standard@isiri.gov.ir)

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی 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 می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی نامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی 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 Electro technical Commission

3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری - قسمت ۱: مبانی طرح استفاده مجدد برای آبیاری - راهنما»

### رئیس:

سمت و / یا نمایندگی  
شرکت نسل برتر مشاورین آبان کیفیت

ضرابی راد، راحله  
(کارشناسی ارشد زمین‌شناسی)

### دبیر:

اداره کل استاندارد خراسان شمالی

فرجی، احمدرضا  
(کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی)

### اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

دانشگاه پیام نور مرکز بجنورد

آروین، پویا  
(دکتری مهندسی کشاورزی)

اداره کل استاندارد خراسان شمالی

اختری، ندا  
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

دانشگاه پیام نور مرکز بجنورد

ارجمندزاده، رضا  
(دکتری زمین‌شناسی)

وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

بیگی، ایوب  
(کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط)

دانشگاه حکیم سبزواری - گروه محیط زیست

پهلوانی، عباس  
(دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری)

شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان رضوی

جاودانی پور، احمد  
(کارشناسی زمین‌شناسی)

وزارت نیرو، شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب  
ایران

جهانی بهنمیری، اصغر  
(کارشناسی ارشد مهندسی محیط‌زیست، آب و فاضلاب)

سازمان حفاظت محیط زیست ایران

خاور، لیلا  
(کارشناسی ارشد مهندسی محیط‌زیست، آب و فاضلاب)

سازمان مدیریت پسماند شهرداری مشهد

خسروی، حسین  
(کارشناسی زمین‌شناسی)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سمت و / یا نمایندگی

هیات علمی دانشگاه آزاد واحد قوچان	خسرویاری، سوسن (دکتری مهندسی شیمی)
شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان شمالی	روشن روان، حمید (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)
هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی	شرقی، عبدالعلی (دکتری مهندسی عمران،)
عضو مستقل	عبدل آبادی، مصطفی (کارشناسی مهندسی برق)
شرکت نسل برتر مشاورین آبان کیفیت	غلامیان، حسام (کارشناسی شیمی)
شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی	فتحی نجفی، عبدالرضا (کارشناسی ارشد زمین شناسی، هیدروژئولوژی)
اداره کل استاندارد خراسان شمالی	کاظمیان، احسان (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)
اداره کل محیط زیست خراسان شمالی	کلماتی، احمدرضا (کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی)
کارشناس استاندارد	کمالی، منصوره (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، بیوتکنولوژی)
اداره کل استاندارد خراسان شمالی	یزدانی، صادق (کارشناسی ارشد آمار)
وزارت جهاد کشاورزی، موسسه آب و خاک ایران	یگانه، مژگان (دکتری خاک شناسی)

ویراستار:

هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی

شرقی، عبدالعلی  
(دکتری مهندسی عمران،)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
و	پیش‌گفتار
ز	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ اصطلاحات، تعاریف و کوتاه‌نوشت‌ها
۲	۱-۲ اصطلاحات و تعاریف
۱۶	۲-۲ کوتاه‌نوشت‌ها
۱۶	۳ بهبود کیفیت و استفاده از فاضلاب تصفیه شده
۱۷	۴ مبانی طرح استفاده مجدد برای آبیاری
۱۸	۵ عوامل موثر در طرح‌های آبیاری با فاضلاب تصفیه شده: کیفیت آب، آب و هوا و خاک
۱۸	۱-۵ کلیات
۱۹	۲-۵ کیفیت آب
۲۲	۳-۵ آب و هوا
۲۳	۴-۵ خاک
۲۶	۶ اثرات متفاوت بر روی بهداشت عمومی خاک، محصولات کشاورزی و منابع آب
۲۶	۱-۶ اثرات بر بهداشت عمومی
۲۶	۲-۶ اثرات بر روی خاک و محصولات کشاورزی
۳۳	۳-۶ اثرات بر روی منابع آب
۳۷	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) مثال‌هایی از معیارهای آب و هوا خاک
۳۸	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) مثال‌هایی از بیشینه سطوح مواد مغذی و عامل شوری در فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری
۴۲	پیوست پ (آگاهی‌دهنده) مثالی از گروه‌های حساسیت آب زیرزمینی
۴۴	کتاب‌نامه

## پیش‌گفتار

استاندارد «طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری- قسمت ۱: مبانی طرح استفاده مجدد برای آبیاری- راهنما» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است در یکصد و پنجاه و یکمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۲۳ تصویب شد. اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی/منطقه‌ای زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی/منطقه‌ای مزبور است:

ISO 16075-1: 2015, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 1: The basis of a reuse project for irrigation

## مقدمه

این استاندارد، یک قسمت از مجموعه استاندارد تحت عنوان «طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری» است و شامل قسمت‌های زیر است:

قسمت ۱: طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری - قسمت ۱: مبانی طرح استفاده مجدد برای آبیاری - راهنما

قسمت ۲: طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری - قسمت ۲: توسعه طرح - راهنما

قسمت ۳: طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری - قسمت ۳: اجزاء طرح استفاده مجدد برای آبیاری - راهنما



## طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری - قسمت ۱: مبانی طرح استفاده مجدد برای آبیاری - راهنما

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه راهنمای توسعه و اجرای طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده (TWW) در آبیاری، با در نظر گرفتن شرایط آب و هوایی و خاک می‌باشد.

این استاندارد، شامل ارایه ویژگی‌ها و مشخصات تمام عناصر طرح استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری شامل طراحی، مواد و مصالح مورد نیاز، ساخت و اجرا است. این ویژگی‌ها مربوط به آبیاری در موارد زیر می‌باشد:

- آبیاری نامحدود محصولات کشاورزی؛
- آبیاری محدود محصولات کشاورزی؛
- آبیاری باغ‌های خصوصی و عمومی و مناظر طبیعی شامل پارک‌ها، زمین‌های ورزشی، زمین‌های بازی گلف، گورستان‌ها و همانند آن‌ها؛
- آبیاری باغ‌ها و پارک‌های اختصاصی افراد.

این استاندارد برای کاربران طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری مفید است. همچنین این استاندارد، محدوده‌های وسیع و معمول کیفیت آب را در بر می‌گیرد و مورد استفاده متخصصان شرکت‌های آبیاری (طراحان و بهره‌برداران)، کارشناسان، ناظرین و مشاورین ترویج کشاورزی، متخصصین شرکت‌ها و سازمان‌های آب (طراحان و بهره‌برداران) و ادارات محلی می‌باشد. برای استفاده از این استاندارد توسط کشاورزان، ممکن است نیاز به مشخصه‌های بیشتری باشد.

هیچ کدام از بخش‌های این استاندارد برای صدور گواهینامه در نظر گرفته نشده‌اند.

این استاندارد، اشاره ای بر پارامترهای کیفیت فاضلاب تصفیه شده به شرح زیر دارد:

- پارامترهای کشاورزی: مواد مغذی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و عوامل شوری (میزان نمک کل، کلراید، بور و غلظت سدیم)؛
- دیگر پارامترهای شیمیایی (عناصر سنگین)؛
- پارامترهای میکروبی.

هر کدام از این پارامترها می‌توانند اثراتی بر روی محصولات کشاورزی، خاک و بهداشت عمومی داشته باشند. این استاندارد در مورد روش‌های ممکن جلوگیری از آلاینده‌های موجود در طی تولید فاضلاب و قابلیت حذف آن‌ها در طول عملیات تصفیه نیز بحث می‌کند.

آلاینده‌های در حال ظهور (بقایای<sup>۱</sup> دارویی و بیمارستانی) در محدوده این راهنما نمی‌گنجد.

به منظور جلوگیری از انتقال بیماری‌های پاتوژنی در آب، طراحی پروژه استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری باید مطابق با کیفیت بهداشتی فاضلاب تصفیه شده باشد.

---

1- Treated Wastewater

2- Residuals

به منظور ایجاد وحدت رویه بین ارگانها و سازمان‌های درگیر و دخیل در طرح استفاده از فاضلاب تصفیه شده، به کارگیری این استاندارد مورد ترغیب قرار می‌گیرد. در این استاندارد، مبانی بهداشتی، هیدرولوژیکی و زیست محیطی بخش‌های طراحی، بهره‌برداری، پایش و نگهداری سامانه آبیاری با فاضلاب تصفیه شده ارائه گردیده است. تدوین این بخش از استاندارد بر مبنای جلوگیری از تولید استانداردها یا راهنماهای ویژه مناطق، کشورها یا سازمان‌های خاص نبوده است. اگر این استانداردها و راهنماهای جداگانه هم وجود داشته باشند، توصیه می‌شود که برای اطمینان از یکنواختی در میان تمام جوامع استفاده کننده از فاضلاب تصفیه‌شده، به این استاندارد رجوع شود.

## ۲ اصطلاحات، تعاریف و کوتاه‌نوشت‌ها

### ۱-۲ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

#### ۱-۱-۲ کلیات

#### ۱-۱-۱-۲

### آبخوان

#### **aquifer**

لایه آبدار زیرزمینی از جنس سنگ نفوذپذیر یا مواد سخت نشده (شن، ماسه یا سیلت) که می‌توان آب زیرزمینی را از آن استخراج نمود.

#### ۲-۱-۱-۲

### آب اولیه

#### **background water**

آب شیرین (به زیربند ۱-۱-۲-۱۰ مراجعه شود) تامین شده برای مصارف خانگی، اداری، تجاری و صنعتی که پس از مصرف به فاضلاب (به زیربند ۲-۱-۱-۲۲ مراجعه شود) تبدیل می‌شود.

#### ۳-۱-۱-۲

### مانع

#### **barrier**

هر ابزار فیزیکی یا روش‌های فرآیندی که با ممانعت از تماس محصولات خوراکی با فاضلاب، باعث کاهش یا حذف ریسک ابتلا انسان به بیماری‌های عفونی می‌گردد؛ یا هر ابزار دیگری که برای مثال غلظت میکروارگانسیم‌ها در فاضلاب تصفیه‌شده را کاهش داده یا از زنده ماندن آن‌ها در محصول خوراکی جلوگیری می‌نماید.

۴-۱-۱-۲

#### محیط زیست

##### environment

محیطی که در آن یک سازمان یا تشکیلاتی (به زیربند ۲-۱-۱-۱۳ مراجعه شود) از جمله هوا، آب، زمین، منابع طبیعی، گیاهان، جانوران، انسان‌ها و روابط متقابل آنها برقرار می‌باشد.

۵-۱-۱-۲

#### جنبه زیست محیطی

##### environmental aspect

عنصری از فعالیت‌ها، طرح‌ها یا محصولات یک سازمان که می‌تواند با محیط زیست (به زیربند ۲-۱-۱-۴ مراجعه شود) اثر متقابل داشته باشد.

۶-۱-۱-۲

#### اثر زیست محیطی

##### environmental impact

هرگونه تغییر در کیفیت محیط زیست، چه مضر یا مفید، و چه به صورت کامل یا بخشی ناشی از فعالیت‌ها، پروژه‌ها یا محصولات (به زیربند ۲-۱-۱-۱۵ مراجعه شود) یک سازمان است.

۷-۱-۱-۲

#### پارامتر زیست محیطی

##### environmental parameter

ویژگی قابل سنجش از جنبه زیست محیطی (به زیربند ۲-۱-۱-۵ مراجعه شود) است.

۸-۱-۱-۲

#### محصولات علوفه‌ای

##### fodder crops

محصولاتی همانند گیاهان مرتعی و علوفه، لیف، گیاهان زینتی، بذر، درختان جنگل و چمن که برای مصرف انسان نیستند.

۹-۱-۱-۲

#### محصولات غذایی

##### food crops

محصولاتی که برای مصرف انسان در نظر گرفته شده‌اند، و غالباً در سه رده محصولات غذایی قابل پخت، قابل فرآوری و قابل مصرف به صورت خام طبقه‌بندی می‌شوند.

۱۰-۱-۱-۲

## آب شیرین

### freshwater

آبی که به صورت طبیعی بر روی سطح زمین (در یخ، دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و جویبارها) و یا زیر زمین به عنوان آب زیرزمینی آبخوان‌ها (به زیربند ۱-۱-۲-۲ مراجعه شود) جریان دارد.

یادآوری- آب دریا و آب لب شور شیرین شده جزء آب شیرین محسوب می‌شود اما خود آب دریا و آب لب شور جزء آب شیرین نیست.

۱۱-۱-۱-۲

## طرح آبیاری

### irrigation project

شامل طراحی، توسعه، ساخت، انتخاب تجهیزات، بهره‌برداری و پایش کارهای آبیاری با فاضلاب تصفیه شده می‌باشد.

۱۲-۱-۱-۲

## آب غیرقابل شرب

### non-potable water (NPW)

آبی که برای نوشیدن کیفیت ندارد.

یادآوری- در این استاندارد به طور معمول به فاضلاب (به زیربند ۱-۱-۲-۲ مراجعه شود) یا فاضلاب تصفیه شده ارجاع داده می‌شود اما می‌تواند شامل سایر آب‌هایی باشد که کیفیت نوشیدن ندارند.

۱۳-۱-۱-۲

## سازمان

### organization

گروهی از مردم و امکانات با آرایش و ترتیبی از مسوولیت‌ها، توانایی‌ها، اختیارات و ارتباط بین آن‌ها است.

۱۴-۱-۱-۲

## فرآیند

### process

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

یادآوری ۱- به طور معمول ورودی‌های یک فرآیند، خروجی‌های سایر فرآیندها هستند.

یادآوری ۲- فرآیندها در یک سازمان (به زیربند ۱-۱-۲-۲ مراجعه شود) به طور معمول طرح‌ریزی می‌شوند و تحت شرایط کنترل شده صورت می‌پذیرند.

۱۵-۱-۱-۲

فرآورده

محصول

**product**

هر نوع کالا یا خدمات

یادآوری - این شامل کالاها یا خدمات به هم پیوسته یا به هم وابسته می‌شود.

۱۶-۱-۱-۲

جنبه بهداشت عمومی

**public health aspect**

عنصری از فعالیت‌ها، طرح‌ها یا محصولات (به زیربند ۱۵-۱-۱-۲ مراجعه شود) یک سازمان که می‌تواند اثر متقابل با بهداشت عمومی داشته باشد.

۱۷-۱-۱-۲

اثر بهداشت عمومی

**public health impact**

هرگونه تغییر مضر یا مفید، کامل یا جزئی در بهداشت عمومی، که ناشی از فعالیت‌ها، طرح‌ها یا محصولات (به زیربند ۱۵-۱-۱-۲ مراجعه شود) سازمان است.

۱۸-۱-۱-۲

پارامتر بهداشت عمومی

**public health parameter**

ویژگی قابل سنجش از جنبه بهداشت عمومی (به زیربند ۱۶-۱-۱-۲ مراجعه شود) است.

۱۹-۱-۱-۲

خاک

**soil**

لایه‌ای از مواد سخت نشده که شامل ذرات مواد هوازده، مواد ارگانیک زنده یا مرده، هوا و محلول خاک (به زیربند ۲۰-۱-۱-۲ مراجعه شود) است.

۲۰-۱-۱-۲

محلول خاک

**soil solution**

فاز مایع خاک (به زیربند ۱۹-۱-۱-۲ مراجعه شود) و املاح آن می‌باشد.

۲۱-۱-۱-۲

ذی نفع

**stakeholder**

شخص، گروه یا سازمانی (به زیربند ۲-۱-۱-۱۳ مراجعه شود) که سهمی در یک سازمان یا فعالیت دارند. یادآوری - به طور معمول ذی نفع می تواند در یک سازمان یا فعالیت تاثیرگذار باشد و یا متاثر از آن باشد.

۲۲-۱-۱-۲

فاضلاب

**wastewater**

فاضلاب توسط ادارات و ارگان های مربوطه جمع آوری می شود که می تواند شامل آب مصرف شده یا استفاده شده در منابع خانگی، تجاری یا صنعتی و همچنین شامل فاضلاب روان آب های سطحی باشد.

۲۳-۱-۱-۲

استفاده مجدد از آب

**water reuse**

استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای استفاده مفید و سودمند از آن است. یادآوری - مترادف های آن احیاء آب و بازیافت آب است.

۲-۱-۲ استفاده از فاضلاب تصفیه شده (TWW)

۱-۲-۱-۲

کشاورزی

**agriculture**

دانش یا عمل زراعت که شامل پرورش خاک (به زیربند ۲-۱-۱-۱۹ مراجعه شود) جهت کشت محصولات و پرورش حیوانات برای تهیه غذا یا دیگر محصولات (به زیربند ۲-۱-۱-۱۵ مراجعه شود) است.

۲-۲-۱-۲

چشم انداز

**landscape**

تمام ویژگی های نمایان پهنه ای از زمین، که اغلب برحسب جاذبه زیباشناختی آنها همانند باغ های عمومی و خصوصی، پارک ها و پوشش گیاهی از جمله چمنزار یا زمین چمن مناطق تفریحی در نظر گرفته می شود.

۳-۲-۱-۲

آبیاری محدود

**restricted irrigation**

استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای کاربردهای غیرقابل شرب و در محیط‌هایی که دسترسی عمومی به واسطه موانع فیزیکی یا نهادی، کنترل یا محدود می‌شود.

۴-۲-۱-۲

آبیاری شهری محدود

**restricted urban irrigation**

آبیاری با فاضلاب تصفیه شده، در محوطه‌هایی نظیر برخی از زمین‌های بازی گلف، گورستان‌ها و میانه‌های بزرگراه‌ها که دسترسی عمومی به آن در طول آبیاری، کنترل شده می‌باشد.

۵-۲-۱-۲

آبیاری نامحدود

**unrestricted irrigation**

استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای کاربردهای غیرقابل شرب در محیط‌هایی که دسترسی عموم به آن آزاد است.

۶-۲-۱-۲

آبیاری نامحدود شهری

**unrestricted urban irrigation**

آبیاری محوطه‌هایی که در هنگام آبیاری دسترسی عموم به آن آزاد است، همانند برخی باغ‌ها و زمین‌های بازی می‌باشد.

۳-۱-۲ کیفیت فاضلاب

۱-۳-۱-۲

رده A: فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خیلی بالا

**category A: very high quality TWW**

فاضلاب خام (به زیربند ۲-۱-۳-۶ مراجعه شود) که دستخوش تصفیه فیزیکی و میکروبی، صافسازی (به زیربند ۲-۱-۳-۵ مراجعه شود) و گندزدایی (به زیربند ۲-۱-۳-۲ مراجعه شود) شده و کیفیت آن مطابق تعریف جدول ۱ (به منبع [۱۰] کتاب‌نامه مراجعه شود) است.

۲-۳-۱-۲

رده B: فاضلاب تصفیه شده با کیفیت بالا

**category B: high quality TWW**

فاضلاب خام (به زیربند ۲-۱-۳-۶ مراجعه شود) که دستخوش تصفیه فیزیکی و بیولوژیکی، صافسازی (به زیربند ۲-۱-۳-۳ مراجعه شود) و گندزدایی (به زیربند ۲-۱-۳-۲ مراجعه شود) شده و کیفیت آن مطابق با تعریف ردیف B از جدول ۱ (به منبع [۱۰] کتابنامه مراجعه شود) است.

۳-۳-۱-۲

رده C: فاضلاب تصفیه شده با کیفیت خوب

**category C: good quality TWW**

فاضلاب خام (به زیربند ۲-۱-۳-۶ مراجعه شود) که دستخوش تصفیه فیزیکی و بیولوژیکی شده و کیفیت آن مطابق با تعریف ردیف C از جدول ۱ (به منبع [۱۰] کتابنامه مراجعه شود) است.

۴-۳-۱-۲

رده D: فاضلاب تصفیه شده با کیفیت متوسط

**category D: medium quality TWW**

فاضلاب خام (به زیربند ۲-۱-۳-۶ مراجعه شود) که دستخوش تصفیه فیزیکی و بیولوژیکی شده و کیفیت آن مطابق با تعریف ردیف D از جدول ۱ (به منبع [۱۰] کتابنامه مراجعه شود) است.

۵-۳-۱-۲

رده E: فاضلاب تصفیه شده با کیفیت پایین

**category E: extensively TWW**

فاضلاب خام (به زیربند ۲-۱-۳-۶ مراجعه شود) که دستخوش فرآیند تصفیه بیولوژیکی طبیعی با زمان ماند طولانی (حداقل ۱۰ روز تا ۱۵ روز) شده و کیفیت آن مطابق با تعریف ردیف E از جدول ۱ (به منبع [۱۰] کتابنامه مراجعه شود) است.

۶-۳-۱-۲

فاضلاب خام

**raw wastewater**

فاضلابی (به زیربند ۲-۱-۱-۲۲ مراجعه شود) که هیچ‌گونه عمل تصفیه‌ای بر روی آن انجام نشده است.

۷-۳-۱-۲

باکتری‌های کلی‌فرم مقاوم به دما

**thermo-tolerant coliforms**

گروهی از باکتری‌ها که در محیط‌زیست (به زیربند ۲-۱-۱-۴ مراجعه شود) حضور دارند و به‌طور معمول نشان‌دهنده آلودگی مدفوعی هستند (در گذشته باکتری‌های مدفوعی نامیده می‌شدند).



یادآوری - به منظور تعیین کیفیت فاضلاب تصفیه شده، می توان اندازه گیری باکتری اشرشیاکلی یا کلی فرم های مدفوعی را انجام داد، زیرا اختلاف مقادیر آنها قابل توجه نیست.

## ۴-۱-۲ سامانه های آبیاری

۱-۴-۱-۲

### بازوهای آب پاش

#### boom sprinkler

ماشین آب پاشی متحرک (به زیربند ۱-۴-۱-۲ مراجعه شود) که ترکیبی از دو لوله متقارن (بازوها)<sup>۱</sup> با نازل هایی بارانی توزیع شده در یکی از لوله ها است، و با فعالیت آب پاشی توسط یک تفنگ آب پاش قرار گرفته در انتهای هر دو لوله، کامل می شود؛ نازل ها از طریق یک اثر واکنشی (شبیه یک شریان بند<sup>۲</sup> آبی) کار می کنند که در یک سرعت ثابت بازو، به صورت دورانی گردش می کنند.

۲-۴-۱-۲

### ماشین آبیاری از نوع آبفشان دوار و با حرکت جانبی

#### center-pivot and moving lateral irrigation machines

شامل یک بال آبیاری بزرگ است که بر روی چرخ هایی نصب شده و با چرخش حول یک محور عمودی، زمین را به واسطه آبپاش ها یا آبفشان ها (به زیربند ۱-۴-۱-۲ مراجعه شود) به شکل دایره آبیاری می کند. بال آبیاری از چندین دهانه تشکیل شده که بر روی برج های خودکار قرار گرفته اند.

۳-۴-۱-۲

روزنه های تعبیه شده بر روی لوله فرعی جهت خروج آب (روش نقطه ای)

لوله فرعی دارای روزنه

قطره چکان

#### emitter

#### emitting pipe

#### dripper

روزنه های تعبیه شده بر روی دستگاه آبیاری عرضی یا لوله های فرعی و برای تخلیه آب به شکل نقطه ای یا خطی (نوار مرطوب) که به جز زمان آزاد شدن جریان اولیه با فشار، سرعت در آن نباید بیشتر از ۱۵l/h باشد.

---

1- Boom  
2- Tourniquet

۴-۴-۱-۲

سامانه‌های آبیاری با جریان ثقلی

**gravity flow irrigation systems**

سامانه‌های آبیاری، (به زیربند ۲-۱-۴-۸ مراجعه شود) در جایی که آب به‌طور مستقیم به سطح خاک (به زیربند ۲-۱-۱-۱۹ مراجعه شود) می‌رسد و تحت فشار نیست.

۵-۴-۱-۲

روزنه‌های درون لوله

**in-line emitter**

روزنه‌های خروجی (به زیربند ۲-۱-۴-۳ مراجعه شود) تعبیه شده برای نصب بین دو شاخه لوله فرعی می‌باشد.

۶-۴-۱-۲

آبفشان قرقه‌ای (آب‌پاش تفنگی)

**irrigation gun**

از یک قرقه بزرگ حامل لوله پلی‌اتیلن و یک ارابه آب‌پاش تفنگی تشکیل شده است. ابزار تخلیه بزرگ آب شامل هم آب‌پاش نیم دایره و هم آب‌پاش تمام دایره‌ای می‌باشد.

۷-۴-۱-۲

پاشنده آبیاری

**irrigation sprayer**

وسیله‌ای که آب را به شکل فواره‌های ریز یا یه شکل پروانه‌ای<sup>۱</sup>، بدون حرکت چرخشی اجزاء آن تخلیه می‌کند.

۸-۴-۱-۲

سامانه آبیاری

**irrigation system**

مجموعه‌ای از لوله‌ها، تجهیزات و ابزار نصب شده در زمین برای آبیاری یک محدوده خاص است.

۹-۴-۱-۲

### سامانه خردآبیاری

#### micro-irrigation system

سامانه‌ای که قابلیت رساندن آب به گیاهان به صورت قطره‌ای، جریان‌های ریز یا پاشش‌های کوچک را دارد. هم از نوع بارانی و هم از نوع قطره‌ای می‌باشد.

یادآوری- آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی و آبیاری خردآبپاش (به زیربند ۲-۱-۴-۱۰ مراجعه شود) انواع اصلی این سامانه هستند.

۱۰-۴-۱-۲

### سامانه‌های خردآبپاش‌ها

#### micro-spray irrigation systems

سامانه‌ای از نوع بارانی که منابع نقطه‌ای آب در آن مشابه خرد آب‌پاش‌ها (به زیربند ۲-۱-۴-۲۴ مراجعه شود) در طول لوله‌های فرعی قرار گرفته و با سرعت جریان بین ۳۰l/h تا ۱۵۰l/h در ارتفاع فشار ۱۵m تا ۲۵m محدوده‌ای بین ۲m تا ۶m را خیس می‌کند.

۱۱-۴-۱-۲

### ماشین آب‌پاش متحرک

#### mobile sprinkling machine

یک دستگاه آب‌پاشی که به طور خودکار از میان سطح خاک (به زیربند ۲-۱-۱-۱۹ مراجعه شود) در زمان آبیاری، حرکت می‌کند.

۱۲-۴-۱-۲

### روزنه خروجی تعبیه شده بر روی لوله

#### on-line emitter

روزنه‌های (به زیربند ۲-۱-۴-۳ مراجعه شود) تعبیه شده (به صورت مستقیم یا غیرمستقیم) بر روی جداره یک لوله فرعی که به صورت نقطه‌ای، آب را از لوله فرعی خارج می‌کند و کشاورزان آن را قطره‌چکان می‌نامند. در هر صورت قسمت خیس شده خاک یک نقطه یا مساحت بسیار کوچک در اطراف خروجی می‌باشد.

۱۳-۴-۱-۲

سامانه لوله روزنه‌دار

#### **perforating pipe system**

لوله فرعی دارای روزنه، لوله پیوسته، و شیلنگ یا لوله مشتمل بر یک شیلنگ تاشو با سوراخ‌های ریز که تخلیه آب به صورت قطرات یا جریان خطی (نوار مرطوب) با سرعت‌های کمتر از ۱۵l/h برای هر واحد روزنه خروجی آب صورت می‌گیرد.

۱۴-۴-۱-۲

سامانه کلاسیک کاملاً ثابت

#### **permanent system**

در سامانه آبیاری بارانی ثابت، کلیه اجزاء سامانه آبیاری در موقعیت خود ثابت بوده و مجموعه آب‌پاش‌ها بر روی لوله‌های فرعی کاملاً ثابت یا ثابت با آب‌پاش متحرک قرار می‌گیرد، همانند سامانه آبیاری ساکن یا سامانه آبیاری دفن شده.

۱۵-۴-۱-۲

سامانه کلاسیک کاملاً متحرک

#### **portable system**

سامانه‌ای که تمام یا بخشی از اجزاء تشکیل دهنده واحد آبیاری بارانی قابل جابجاشدن بوده و می‌توانند از یک مزرعه به مزرعه دیگر انتقال داده شوند.

۱۶-۴-۱-۲

سامانه‌های آبیاری تحت فشار

#### **pressurized irrigation systems**

سامانه‌های شبکه لوله‌گذاری شده تحت فشار هستند.

۱۷-۴-۱-۲

آب‌پاش دوار

#### **rotating sprinkler**

ابزاری که به واسطه حرکت چرخشی آن حول یک محور عمودی، آب را روی یک سطح دایره‌ای یا بخشی از سطح دایره‌ای، توزیع می‌کند.

۱۸-۴-۱-۲

### سامانه با حرکت خودکار

#### self-moved system

دستگاهی که بال یا لوله فرعی آن در طول مرکز یک سری چرخ ها قرار گرفته شده و به عنوان یک جزء کامل حرکت داده می شود.

یادآوری - آب پاش ها / آب افشان های (به زیربند ۲-۴-۱-۲ مراجعه شود) دوار بر روی لوله فرعی قرار داده می شوند (هم چنین آب فشان غلتان نامیده می شوند).

۱۹-۴-۱-۲

### آب پاش تفنگی متحرک و خودکار

#### self-propelled gun traveller .

آب پاش تفنگی که بر روی یک چرخ یا یک یدک کش متصل به انتهای یک لوله یا شیلنگ انعطاف پذیر قرار دارد.

۲۰-۴-۱-۲

### کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک

#### semi-permanent system

مشابه سامانه کلاسیک نیمه متحرک (به زیربند ۲-۴-۱-۲ مراجعه شود) اما در این روش لوله های فرعی کاملاً متحرک و ایستگاه پمپاژ<sup>۱</sup>، لوله های اصلی و نیمه اصلی کاملاً ثابت می باشند. آب پاش ها توسط کارگر هم جابجا می شوند.

۲۱-۴-۱-۲

### سامانه کلاسیک نیمه متحرک

#### semi-portable system

مشابه سامانه کلاسیک کاملاً متحرک (به زیربند ۲-۴-۱-۲ مراجعه شود) است به استثنا این که منبع آب و ایستگاه پمپاژ ثابت هستند.

۲۲-۴-۱-۲

### سامانه یک پارچه آبیاری بارانی با لوله های ثابت

#### solid-set system

شبکه ثابت موقت (غیرمتحرک) که در آن لوله های فرعی در تمام فصل آبیاری بر روی زمین قرار می گیرند.

۲۳-۴-۱-۲

پاشش

**spray**

رهاشدن آب از یک آبپاش (به زیربند ۲-۱-۴-۲۴ مراجعه شود) است.

۲۴-۴-۱-۲

آبپاش

**sprinkler**

وسیله توزیع آب با تنوع در انواع و اندازه‌ها است، برای مثال: آبپاش ضربه‌ای، آبپاش ثابت، آبافشان و آبپاش تفنگی (به زیربند ۲-۱-۴-۶ مراجعه شود).

۲۵-۴-۱-۲

سامانه‌های آبیاری بارانی

**sprinkler irrigation systems**

سامانه‌های آبیاری (به زیربند ۲-۱-۴-۸ مراجعه شود) تشکیل شده از آبپاش‌ها (به زیربند ۲-۱-۴-۲۴ مراجعه شود) است.

۲۶-۴-۱-۲

سامانه‌های آبپاش ساکن

**stationary sprinkler systems**

شبکه‌ای از آبپاش‌های (به زیربند ۲-۱-۴-۲۴ مراجعه شود) ثابت است.

۲۷-۴-۱-۲

ماشین آبیاری سیار

**traveler irrigation machine**

ماشین آبیاری طراحی شده برای آبیاری ترتیبی قطعه به قطعه یک زمین، به صورتی که حرکت، در عرض زمین صورت می‌گیرد.

۵-۱-۲ اجزاء مربوط به سامانه فاضلاب

۱-۵-۱-۲

گندزدایی اضافی

**additional disinfection**

گندزدایی (به زیربند ۲-۱-۵-۲ مراجعه شود) فاضلاب تصفیه‌شده که در طرح استفاده مجدد (به زیربند ۲-۱-۲۳ مراجعه شود) به منظور بالا بردن کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده قبل از آبیاری در نظر گرفته می‌شود.

۲-۵-۱-۲

### گندزدایی

#### disinfection

فرآیندی (به زیربند ۲-۱-۱-۱۴ مراجعه شود) که باعث از بین بردن، غیرفعال کردن یا حذف میکروارگانیسم‌ها می‌شود.

۳-۵-۱-۲

### صاف‌سازی

#### filtration

فرآیند (به زیربند ۲-۱-۱-۱۴ مراجعه شود) یا وسیله‌ای برای حذف مواد جامد یا کلوییدی از فاضلاب (به زیربند ۲-۱-۱-۲۲ مراجعه شود) از طریق به دام انداختن فیزیکی ذرات و حذف آنها است.

۴-۵-۱-۲

### صاف‌سازی غشایی

#### membrane filtration

صاف‌سازی (به زیربند ۲-۵-۱-۳ مراجعه شود) به واسطه غشاء با اندازه منفذ  $0.45\mu\text{m}$  یا کمتر است. یادآوری - همچنین می‌توان صاف‌سازی غشایی را به عنوان واحد گندزدا (به زیربند ۲-۵-۱-۲ مراجعه شود) بر اساس کاهش لگاریمی پاتوژن‌های بیماری‌زا در نظر گرفت.

۵-۵-۱-۲

### مخزن

#### reservoir

سامانه‌ای که برای ذخیره موقت فاضلاب تصفیه شده بسته به میزان تقاضای آبیاری و میزان پساب خروجی تصفیه‌خانه در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری - انواع مختلف مخازن مدنظر به شرح زیر است:

الف - مخازن باز، عموماً برای ذخیره‌سازی کوتاه‌مدت با زمان ماندگاری آب یک روز تا دو هفته؛

ب - مخازن بسته برای ذخیره‌سازی کوتاه‌مدت با زمان ماندگاری آب نصف روز تا یک هفته؛ جهت محدود نمودن رشد مجدد باکتری‌ها و آلودگی معمول خارجی؛

پ - مخازن سطحی برای ذخیره درازمدت یا فصلی فاضلاب تصفیه‌شده به منظور نگهداشت پساب در طی دوره‌هایی می‌باشد که میزان جریان خروجی تصفیه‌خانه بیشتر از میزان تقاضای آبیاری است. لذا زمان یا فصلی که تقاضا بیشتر از میزان خروجی تصفیه‌خانه باشد، آب ذخیره شده برای نیازهای آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. زمان ماند هیدرولیکی مطابق فصل تغییر می‌کند.

ت- ذخیره درازمدت در آبخوان و بازیابی آن که به‌طور معمول با تصفیه آبخوان خاک همراه است (از طریق حوضچه‌های نفوذ). همچنین زمان ماندگاری نیز متغیر است که متأثر از میزان جریان خروجی فاضلاب تصفیه‌شده و میزان تقاضای آبیاری است. این ذخیره‌سازی آبخوان هیچ سختی با تغذیه آبخوان دارای کاربری شرب ندارد.

۶-۵-۱-۲

### ذخیره‌سازی

#### storage

نگهداری موقت فاضلاب تصفیه‌شده برای کوتاه مدت یا درازمدت، قبل از استفاده در سامانه‌های آبیاری (به زیربند ۱-۲-۴-۸ مراجعه شود) است.

۷-۵-۱-۲

### ایستگاه‌های پمپاژ و سامانه‌های انتقال فاضلاب تصفیه‌شده

#### TWW pumping stations and transport systems

سامانه خط‌لوله و پمپ‌های انتقال دهنده فاضلاب تصفیه‌شده از تصفیه‌خانه فاضلاب تا مخازن ذخیره‌سازی و محل مورد استفاده می‌باشد.

۸-۵-۱-۲

### تصفیه‌خانه فاضلاب

#### wastewater treatment plant

#### WWTP

تاسیسات طراحی‌شده برای تصفیه فاضلاب (به زیربند ۱-۲-۱-۲۲ مراجعه شود) با ترکیبی از فرآیندهای فیزیکی (مکانیکی)، شیمیایی و بیولوژیکی به منظور کاهش آلاینده‌های آلی و معدنی موجود در فاضلاب است.

یادآوری- سطوح مختلفی از تصفیه فاضلاب بر طبق کیفیت موردنظر فاضلاب تصفیه شده و سطح آلودگی وجود دارد.

### ۲-۲ کوتاه‌نوشت‌ها

BOD	Biological Oxygen Demand	نیاز زیست شیمیایی به اکسیژن
COD	Chemical Oxygen Demand	نیاز شیمیایی به اکسیژن
E C	Electrical Conductivity	هدایت الکتریکی
NPW	Non-Potabl Water	آب غیرقابل شرب
NTU	Nephelometric Turbidity Units	واحد اندازه‌گیری کدورت
SAR	Sodium Adsorption Ratio	نسبت جذب سدیم
TDS	Total Dissolved Solis	کل مواد جامد محلول
TWW	Treated Wastewater	فاضلاب تصفیه شده
UV	UltraViolet	فرابنفش



### ۳ بهبود کیفیت و استفاده از فاضلاب تصفیه شده

کیفیت شیمیایی فاضلاب وابسته به کیفیت شیمیایی آب اولیه مصرفی می‌باشد. آب اولیه از منابع مختلف دریافت می‌شود (آب زیرزمینی، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و نمک‌زدایی آب دریا یا آب لب شور). نمک‌های محلول که معمولاً به آب شیرین اولیه در هنگام مصرف اضافه می‌شوند، با تصفیه متعارف فاضلاب حذف نمی‌شوند. برای جلوگیری از اثرات مضر کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده بر روی محصولات کشاورزی و خاک، راه‌حل‌های متفاوتی را می‌توان به کار برد.

اولین گزینه، بهبود کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده با استفاده از روش‌های ذکر شده در زیر به صورت جداگانه یا ترکیبی است:

الف - افزایش کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده از طریق تامین آب با کیفیت بالاتر (غلظت پایین نمک) یا آب شیرین‌شده برای مصارف شهری؛

ب - کاهش نمک اضافی ورودی به داخل فاضلاب از قبیل کاهش نفوذ آب شور زیرزمینی به داخل فاضلاب‌روها، کاهش ورود شوینده‌های رختشویی یا نمک‌های ظرفشویی به داخل سامانه فاضلاب و یا کاهش انتقال از منبع نقطه‌ای نظیر کارخانه‌هایی با مصرف آب بالا و انتشاردهنده میزان زیادی نمک از فرآیندهای تولیدی؛

به کارگیری تجربه‌های خوب زراعت و آبیاری نظیر موارد ذیل، از دیگر گزینه‌های بهبودیافته و مورد تایید در راستای جلوگیری از اثرات منفی کیفیت فاضلاب تصفیه شده در آبیاری محصولات می‌باشد:

الف - انتخاب محصول و مدیریت؛

ب - آب‌شویی و زهکشی؛

پ - مدیریت ساختار و بافت خاک؛

ت - تنظیم استعمال کود یا اصلاح آن؛

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

زمانی که منبع اولیه آب شیرین، آب نمک‌زدایی شده باشد، توجه شود که اگر فرآیند خاص حذف عنصر بور در طی نمک‌زدایی به کار نرفته باشد، لذا لازم است غلظت عنصر بور در آب شیرین‌شده کنترل شود. همچنین اضافه نمودن کلسیم و منیزیم در مراحل بعدی تصفیه نیز باید مدنظر قرار گیرد. در هر مورد، محصولات آبیاری شده باید گونه‌های سازگار با کمیت و کیفیت نمک‌های محلول در فاضلاب تصفیه‌شده باشند.

### ۴ مبانی طرح استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری

در طرح آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده علاوه بر شرایط آب و هوایی و شرایط منطقه‌ای خاک باید پارامترهای کیفیت آب و نیازهای محصول را در نظر گرفت. کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند بر روی خاک و محصولات کشاورزی تاثیر داشته باشد. برای جلوگیری از انتقال بیماری‌ها توسط عوامل بیماری‌زا در آب،

طراحی پروژه های استفاده مجدد از فاضلاب های تصفیه شده باید مطابق با کیفیت بهداشتی فاضلاب تصفیه شده صورت گیرد.

## ۵ عوامل موثر در طرح های آبیاری با فاضلاب تصفیه شده: کیفیت آب، شرایط اقلیمی و خاک

### ۱-۵ کلیات

استفاده مفید از فاضلاب تصفیه شده با هدف آبیاری، خواستار توجه جدی به خطرات بهداشت عمومی از جمله ایمنی و رفاه کارگران و کشاورزان می باشد. این مهم نیازمند بررسی دقیق نیازهای زیرساختی شامل برنامه ریزی جهت تسهیلات و امکانات مورد نیاز، مکان یابی طرح، جمع آوری فاضلاب و تصفیه، استفاده از فاضلاب تصفیه شده، انتقال به محل های ذخیره فاضلاب تصفیه شده و انتقال به محل استفاده نهایی می باشد. به منظور اجرای موفق استانداردهای استفاده از فاضلاب تصفیه شده، توجه به بهداشت عمومی و اثرات زیست محیطی بالقوه باید در اولویت قرار گیرد. برای جلوگیری از اثرات منفی بر روی بهداشت عمومی و همچنین محیط پذیرنده و منابع آب، توسعه و استفاده از استاندارد طرح های استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده ضروری است.

وجود مواد مغذی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) در فاضلاب تصفیه شده، سودآوری طرح را به خاطر ذخیره و صرفه جویی در مصرف کود، به دنبال دارد.

### ۲-۵ کیفیت آب

#### ۱-۲-۵ ترکیبات فاضلاب

کیفیت شیمیایی فاضلاب ناشی از ترکیبات شیمیایی آب شیرین اولیه (آب تامین شده برای مصارف خانگی گوناگون، صنعتی و استفاده ای کشاورزی) و هر چیزی که هنگام استفاده در خانه یا صنعت به آن اضافه شده، می باشد. علاوه بر مشخصه های فیزیکی، شیمیایی و زیست شناختی آب، مواد مختلفی به آب در طی تصفیه و استفاده اضافه می شود که تعیین کننده ترکیب فاضلاب می باشد. اجزاء اصلی شیمیایی فاضلاب به دو رده مواد آلی و مواد معدنی تقسیم می شوند.

مواد آلی می توانند حاوی هورمون ها، مواد دارویی، محصولات مراقبت شخصی، پروتئین ها، کربوهیدرات ها، روغن ها، سوخت ها و مواد روغنی، مواد فعال در سطح<sup>۱</sup> شامل آفت کش ها و سایر مواد شیمیایی مربوط به مصارف خانگی و کشاورزی باشند.

مواد معدنی می توانند حاوی کلراید، سدیم، بور، نیتروژن (همچنین برخی از ترکیبات نیتروژن و فسفر جزء مواد آلی محسوب می شوند)، فسفر، پتاسیم، مواد گوگردی و سایر عناصر شیمیایی شامل عناصر سنگین (همانند روی، منگنز، مس، جیوه، نقره، کروم، نیکل، سرب و کادمیوم) و فلئوئور باشند.

علاوه بر این و خیلی مهم تر این که فاضلاب حاوی ارگانیک های زنده مختلف است که سر منشاء آن محصولات زائد دفع شده به سامانه فاضلاب می باشد.

---

1- Surfactants

۵-۲-۲-۱ کلیات

فاضلاب تصفیه شده می تواند حاوی مواد مغذی از جمله عناصر شیمیایی در غلظت های بالاتر از حد معمول موجود در آب شیرین باشد. فاضلاب تصفیه شده در بردارنده عناصر پرمصرف (عناصر قابل مصرف توسط گیاه در مقادیر زیاد بر حسب kg/hectar)، غالباً نیتروژن و فسفر می باشد. به طور معمول میزان پتاسیم موجود در فاضلاب تصفیه شده کمتر از میزان مورد نیاز کشاورزی می باشد.

مواد مغذی موجود در فاضلاب تصفیه شده، به طور معمول به عنوان یک منبع جایگزین برای کودهای شیمیایی است که کشاورز می تواند از آن استفاده کند. بنابراین در ادامه سه سوال اصلی در خصوص جایگزینی کودهای مرسوم با مواد شیمیایی موجود در فاضلاب تصفیه شده مطرح می شود (به عبارتی تعیین ارزش کود فاضلاب تصفیه شده).

- کمیت: آیا میزان مواد مغذی موجود در فاضلاب تصفیه شده، نیازهای گیاهان را تامین می کند؟
- دسترسی: آیا جذب مواد مغذی فاضلاب تصفیه شده توسط گیاهان به همان روش معمول جذب کودهای مرسوم صورت می گیرد؟

- زمان: مطلوبیت مواد مغذی برای گیاهان در چه فصلی می تواند مناسب باشد؟  
از جایی که کمیت آب آبیاری با توجه به شرایط آب و هوایی و نیازهای محصول تعیین می گردد، لذا میزان مواد مغذی لازم برای محصولات و نواحی خاص، به طور مستقیم به غلظت مواد مغذی فاضلاب تصفیه شده ارتباط خواهد داشت.

۵-۲-۲-۲ نیتروژن

نیتروژن موجود در فاضلاب تصفیه شده، به نیتروژن موجود در خاک اضافه شده و وارد چرخه نیتروژن خاک، می شود. فاضلاب تصفیه شده می تواند حاوی نیتروژن آلی، آمونیوم ( $\text{NH}_4$ ) و نیترات ( $\text{NO}_3$ ) باشد. نیتروژن آلی و آمونیوم از طریق فرآیند نیتریفیکاسیون در خاک، به نیترات تبدیل می شوند. در این روش، اغلب نیتروژن فاضلاب تصفیه شده برای گیاهان قابل دسترس می باشد و می تواند جایگزین نیتروژن موجود در کودهای تجاری شود. فقط یک بخش (بر اساس شرایط خاک و آب و هوا، محصولات کشاورزی و نوع ساختار و ترکیب نیتروژن) از نیتروژن به کار برده در خاک از طریق کودهای تجاری، کودهای آلی (حیوانی) و یا فاضلاب تصفیه شده، توسط گیاهان جذب می شود. نیترات ممکن است در اثر تراوش به خصوص در خاک-های ماسه ای از بین برود. در طی دوره آبیاری در شرایط pH بالا و در خاک های آهکی (با میزان بالای  $\text{CaCO}_3$ )، ممکن است مقداری از آمونیوم (موجود در ترکیب فاضلاب تصفیه شده) بر روی سطح خاک به شکل گاز آمونیاک ( $\text{NH}_3$ ) در آمده و وارد اتمسفر شود.

آبیاری با فاضلاب تصفیه شده ممکن است منجر به تامین نیتروژن در نوع و میزانی شود که منطبق با نیازهای کشت نباشد. هنگام استفاده از آب شیرین، از کودهای رویاننده در غلظت های متغیر در طی دوره کشت استفاده می شود؛ با این حال، در مراحل پایانی رشد یا رسیدن محصولات، معمول است که استفاده از هر نوع کود نیتروژن متوقف شود. در جایی که فاضلاب تصفیه شده به کار می رود، کشاورز نمی تواند غلظت نیتروژن

را کنترل کند؛ چراکه میزان نیتروژن موجود در فاضلاب تصفیه شده تحت آبیاری، به منبع اولیه آب و سطح تعیین شده تصفیه بستگی دارد.

از سوی دیگر، افزایش غلظت نیتروژن می‌تواند اثرات زیان آور شوری بر روی محصولات کشاورزی را کاهش دهد.

برخی از ترکیبات نیتروژن قابلیت حل شدن بالایی در آب دارند و می‌توانند توسط آب‌های زیرزمینی یا با جریان روان‌آب‌های سطحی آبشویی شوند، بنابراین منابع آب را تحت‌تاثیر قرار داده و به کیفیت آب سطحی آسیب می‌رسانند.

#### ۵-۲-۲-۳ فسفر

مقدار فسفر موجود در فاضلاب خروجی از تصفیه ثانویه به‌طور معمول بیشتر از میزان نیاز اغلب محصولات کشاورزی است. تحت شرایط pH بالا، حرکت فسفر در خاک محدود شده و در لایه‌های بالایی خاک به واسطه مکانیسم‌های مختلف مطابق با خواص خاک (مثل pH خاک)، انباشته می‌شود. در مورد فسفر، تنظیم زمان استفاده آن در این خاک‌ها، از اهمیت کمتری برخوردار است. بنابراین در خاک‌های اسیدی (pH پایین‌تر از ۷) حرکت فسفر افزایش می‌یابد و در بعضی موارد زمان کاربرد فسفر می‌تواند مطابق با نیتروژن باشد.

#### ۵-۲-۲-۴ پتاسیم

حرکت پتاسیم در آب محدود است و کمتر از حرکت فسفر است. افزایش غلظت پتاسیم می‌تواند اثرات زیان‌آور شوری را بر روی بازدهی محصولات کشاورزی به میزان کمتری از نیتروژن، کاهش دهد.

#### ۵-۲-۲-۵ شوری

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

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

- میزان کل نمک‌های ناشی از اثر اسمزی؛
- غلظت کلرایدها، بور و سدیم بلحاظ خاصیت سمیت ویژه آن‌ها؛
- نسبت جذب سدیم<sup>۱</sup> (SAR) بلحاظ مسئله نفوذپذیری خاک.

#### ۵-۲-۲-۵ سایر عناصر

نمونه‌هایی از سایر عناصر شیمیایی موجود در یک محیط‌زیست طبیعی در غلظت‌های پایین ولی مناسب برای آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده شامل فلورید، سیلیسیم، وانادیم، کروم، منگنز، آهن، کبالت، نیکل، مس، روی، سلنیوم، مولیبدن، استرانسیوم، ید، بور و کادمیوم است. این گروه از عناصر دربرگیرنده فلزاتی هستند که وزن مخصوص آنها نسبتاً بالا است؛ همانند آهن، کروم، جیوه، مولیبدن، سرب، استرانسیوم، مس، روی، منگنز، نیکل، کادمیوم، کبالت. رفتار این عناصر نسبت به هم متفاوت هستند.

---

1- Sodium Adsorption Ratio

اگرچه تصفیه‌خانه‌ها برای تصفیه این فلزات طراحی نشده‌اند، اما درصد بالایی از آن‌ها از طریق لجن حذف خواهند شد. این عناصر جذب مواد آلی و غیرآلی شده و یا به واسطه pH بالا، سختی و خاصیت قلیایی آب، ایجاد رسوبات با حلالیت پایین خواهند نمود.

### ۵-۲-۵ میکروارگانسیم‌ها

منابع فاضلاب ناشی از فعالیت‌های انسانی یا کشاورزی برای استفاده در طرح‌های استفاده مجدد، دربرگیرنده میکروارگانسیم‌هایی (باکتری‌ها، ویروس‌ها، کرم‌های روده ای و تک سلولی‌ها) می‌باشد که برخی از آن‌ها بیماری‌زا هستند. تصفیه‌خانه‌ها غلظت میکروارگانسیم را کاهش می‌دهند اما ممکن است آن‌ها را به طور کامل از بین نبرند. غلظت باقی‌مانده میکروارگانسیم‌ها بستگی به سطح تصفیه فاضلاب دارد.

سنجش و پایش غلظت تمام میکروارگانسیم‌ها در فاضلاب تصفیه‌شده در عمل غیرممکن است. بنابراین، آنچه که نظارت و سنجش می‌شود، غلظت شاخص‌های میکروبی است. در این استاندارد، شاخص‌های پیشنهادی کلی‌فرم‌های مقاوم به دما شامل کلی‌فرم مدفوعی یا اشریشیا کلی به عنوان شاخص‌های مرسوم در هر کشور هستند.

موانع (فیزیکی یا فرآیندی) که پس از آن مورد استفاده قرار خواهد گرفت، راهکار موثری برای تضمین سلامت و ایمنی هستند.

در طراحی هر پروژه استفاده مجدد، باید از حفاظت عموم جمعیت در معرض آب، میوه‌ها و سبزیجات مانند کارگران و مصرف‌کنندگان، اطمینان حاصل شود. این استاندارد روش ترکیبی از شاخص‌های میکروبیولوژیکی و مفهوم موانع (به منبع [۲] کتاب‌نامه مراجعه شود) و پروتکل‌های پایش و نظارت (به منبع [۴] کتاب‌نامه مراجعه شود) را بیان می‌کند.

### ۳-۵ آب و هوا

فاضلاب تصفیه‌شده یک منبع آب مهم برای کشاورزان در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (به منبع [۱] کتاب‌نامه مراجعه شود). در برخی از مناطق هم، فاضلاب ممکن است تنها منبع آب در دسترس کشاورزان باشد. راهنماها و دستورالعمل‌ها بر اساس دانش علمی به دست آمده از اقلیم خشک و نیمه خشک (به منابع [۱] و [۲] کتاب‌نامه مراجعه شود) تهیه شده‌اند. در هر حال، رفتار مواد (مواد مغذی، فلزات سنگین، میکروب‌ها و مواد شیمیایی) در خاک‌هایی که آبیاری در آن‌ها صورت می‌گیرد، بسیار متأثر از شرایط خاک، نوع محصولات، بارش و تبخیر می‌باشد. علاوه بر این، هم‌چنین شرایط آب و هوایی بر شرایط بهداشتی تاثیر می‌گذارد. به همین دلیل، لازم است تا عوامل مرتبط با آبیاری و چگونگی کنترل و سنجش آن‌ها بر طبق شرایط آب و هوایی مورد بررسی قرار گیرد.

همان‌طور که در جدول الف ۱ نشان داده شده، طبقه بندی اقلیم با استفاده از شاخص خشکی ( $AI$ ) صورت گرفته است (به منبع [۳] کتاب‌نامه مراجعه شود).  $AI$  نسبت بارش به تبخیر و تعرق بالقوه گیاه می‌باشد که در معادله (۱) آمده است:

$$AI = P/P_{PET} \quad (1)$$

که در آن:

$P$  بارش؛

$PET$  برآورد تبخیر و تعرق گیاه توسط روش پنمن<sup>۱</sup> است.

تبخیر و تعرق بالقوه گیاه به محصول و روابط ساده مورد استفاده برای تعیین آن بستگی دارد. این روابط به شرح رابطه (۲) و (۳) در ادامه آمده است.

$$ET_p = E_p + T_p \quad (2)$$

که در آن:

$E_p$  تبخیر بالقوه خاک، برحسب mm/d؛

$T_p$  تعرق بالقوه گیاه، برحسب mm/d است.

$$ET_p = kc \cdot ET_{ref} \quad (3)$$

که در آن:

$ET_p$  سرعت تبخیر و تعرق بالقوه، برحسب mm/d؛

$kc$  ضریب گیاه؛

$ET_{ref}$  سرعت تبخیر و تعرق مرجع، برحسب mm/d است.

همچنین معادله‌های ترکیبی دیگری نیز وجود دارند که پارامترهای مختلفی در آن‌ها تعیین و محاسبه می‌شود و از دیگر معادلات اصلی پنمن، مونتج، فدس، اسمیت و ... توسعه یافته‌اند (به منابع [۸] و [۹] کتاب‌نامه مراجعه شود).

اثر نمک‌ها و فلزات سنگین بر روی خاک و محصولات کشاورزی که در این استاندارد توصیف شده، به طور عمده برای مناطق خشک و نیمه‌خشک با شاخص خشکی (۰/۵ تا ۰/۵) است. در این مناطق و شرایط آب و هوایی، تبخیر و تعرق بالقوه مهمتر از بارش است؛ بنابراین جلوگیری از تجمع نمک‌ها و فلزات سنگین نشأت گرفته از آب آبیاری یک چالش و مسئله جدی خواهد بود.

در مقابل، مناطق آب و هوایی که در آن‌ها بارش بیش از تبخیر و تعرق بالقوه گیاه است (شاخص خشکی بزرگتر از ۱/۰) می‌توانند مقاوم به تجمع نمک‌ها و فلزات سنگین باشند؛ زیرا آب داخل خاک، مستقیم به سمت پایین جریان یافته و باعث شستن نمک‌ها می‌شود. در مناطقی که آب زیرزمینی وجود دارد، با این حال، شستن نمک‌های محلول، مواد مغذی و فلزات سنگین از خاک فوقانی، باعث ایجاد آلودگی آب‌های زیرزمینی خواهد گردید. علاوه بر این، تناوب و میزان بارش در طول فصل کاشت، بر استراتژی‌های تعیین معیار و پایش مواد و ترکیبات تاثیر می‌گذارد.

باید توجه شود که مناطق خشک در کشورهای رخ می‌دهد که به طور کلی بخاطر تغییرات بارش منطقه‌ای، می‌توانند مرطوب باشند. از این رو، انتخاب دستورالعمل‌ها و راهنماها برای هر منطقه، باید پس از درک و فهم صحیح ویژگی‌های منطقه‌ای و آب و هوایی صورت پذیرد.

خطرات ناشی از آبیاری با فاضلاب تصفیه شده به طور عمده به کیفیت آب و مشخصه‌های محلی و مکانی<sup>۱</sup> بستگی دارد. حساسیت خاک، ویژگی ذاتی هر خاک است و مستقل از کیفیت آب است. کیفیت ذاتی خاک به واسطه فرآیند شکل‌گیری خاک ایجاد می‌شود و هر خاک یک حساسیت طبیعی به کیفیت آب دارد. انتخاب یک محل یا مکان قابل قبول باید بر اساس مشخصه‌های خاک مربوطه و خواص زمین‌شناسی آن، توپوگرافی، هیدرولوژی، آب و هوا، منطقه‌بندی و مقاصد مدنظرکشت صورت پذیرد.

محلی برای استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری مناسب است که دارای خواص هیدروژئولوژیکی، خاک، آب و هوایی و فیزیکی با قابلیت بهره‌وری موثر از فاضلاب تصفیه شده بدون ایجاد آسیب به زمین و خاک اصلی و یا آب زیرزمینی در آینده باشد.

هم‌چنین شرایط مکانی باید طوری باشد که به طور موثر هر جابجایی زبان‌آور و مضر فاضلاب را از طریق آبشویی، مهاجرت آب‌های زیرزمینی، رواناب سطحی و یا جریان آبیاری پاششی، محدود نماید.

مشخصه‌های اصلی خاک که تعیین‌کننده میزان حساسیت خاک به کیفیت آب است، شامل: بافت، pH، میزان مواد آلی، چگالی یا غلظت حجمی، قابلیت هدایت هیدرولیکی و ظرفیت نگهداری آب است. بسیاری از شاخص‌های خاک در تعامل با سایر شاخص‌ها بوده، بنابراین میزان یکی تحت تاثیر یک یا تعداد بیشتری از پارامترهای انتخابی می باشد.

اغلب خطرات مهم برای خاک کشاورزی مربوط به آبیاری با فاضلاب تصفیه شده در جدول الف ۲ آمده است.

#### ۲-۴-۵ تحرک آلودگی‌های قابل جذب معدنی

خطر تحرک و جابجایی فلزات سنگین در خاک با کاهش مقدار pH خاک به زیر ۷، افزایش می‌یابد. اگر خاک دارای میزان بیشتری از مواد آلی و رس باشد، انتظار می‌رود تحرک آن در خاک کاهش یابد. با این حال تجمع فلزات سنگین در لایه بالایی خاک و در مقادیر pH بالا رخ می‌دهد.

#### ۳-۴-۵ فرونشست لایه بالایی خاک

حساسیت لایه بالایی خاک نسبت به فرونشست، وابسته به بافت و ساختار است. خاک با میزان سیلت بالا حساسیت بیشتری نسبت به اثرات فرونشست و ریزش بر روی سطح خاک دارند، که می‌تواند کاهش نفوذ در میزان روان‌آب بیشتر را سبب گردد. هم‌چنین مقدار ماده آلی خاک برای تثبیت ساختار خاک مهم است. مقادیر زیادی از مواد آلی، اثر مثبتی بر روی پایداری سطح خاک دارد. با این حال، سایر پارامترها همانند کانی‌شناسی رس، اکسیدها/هیدروکسیدها، کربنات‌ها و مانند این‌ها نیز باید در نظر گرفته شوند. حساسیت ذاتی خاک نسبت به فرونشست نباید با حساسیت بالقوه به پراکندگی خاک در نتیجه نسبت بالای جذب سدیم (SAR) در خاک ناشی از غلظت بالای سدیم و میزان SAR در فاضلاب تصفیه شده، اشتباه گرفته شود. خاک دارای مقدار زیادی از خاک رس، به افزایش سدیم جذب شده بیشتر حساس است.

#### ۴-۴-۵ شورشیدن خاکها

شورشیدن، فرآیند تجمع نمکها در خاکها است و در ارتباط با میزان کم آبشویی است. مقدار آبشویی وابسته به ظرفیت نگهداری آب، هدایت هیدرولیکی خاک، مقدار بارش، نوع آب مورد استفاده و تبخیر و تعرق است. برای مقدار مشابه بارش و تبخیر و تعرق، در خاکهای ماسه‌ای، آب بیشتری به زیر ناحیه ریشه<sup>۱</sup> جریان می‌یابد تا خاکهای رسی. جلوگیری از تجمع نمک در خاک رسی و خاک با نفوذپذیری کم، سخت‌تر است. زهکشی یکی دیگر از عوامل مهم در خصوص شوری است، چون نمکهای محلول به صورت اجباری از منطقه ریشه شسته می‌شوند (به منابع [۴] و [۵] کتاب‌نامه مراجعه شود).

#### 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 (به منابع [۴] و [۵] کتاب‌نامه مراجعه شود). بور در محلول خاک توسط موارد زیر تعیین می‌گردد:

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

ب- واکنشهای جذب و دفع در فاز جامد خاک.

با فرض این که همان مقدار آب با همان میزان غلظت بور به کار رود، جذب بور به مشخصه‌های خاک همانند میزان و کانی‌شناسی رس، اکسیدهای آهن و آلومینیوم و میزان ماده آلی بستگی دارد.

در میزان بیشتری از رس، مقدار بالاتری بور جذب می‌شود. جذب به نوع مواد معدنی خاک رس وابسته است: برای مثال خاکهای مونت‌موریلونتی نسبت به خاکهای کائولینیتی جذب کمتری دارند.

به طور مشابه، وجود مقادیر بالاتر مواد آلی باعث جذب مقدار بیشتری از بور می‌شود.

در مقابل، جذب بالاتر بور باعث کاهش غلظت آن در محلول خاک می‌شود و در نتیجه، خطر اثر سمی را کاهش می‌دهد. بر این اساس، در خاکهایی که از خاک رس و مواد آلی غنی هستند، خطر سمیت فوری بور برای گیاهان کم‌تر است. اگر دوره آبیاری با آب غنی از بور طولانی باشد، خاک رس و ماده آلی می‌توانند به درجه اشباع برسند و منجر به سمیت بور گردند.

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، نمکهای محلول نامطلوب، از جمله بور، را می‌توان با اعمال آب بیشتر در طی آبیاری حذف کرد. ظرفیت برای آبشویی بور تابعی از مقدار آب و حرکت آب در خاکها است و تحت‌تاثیر فرآیندهای جذب و دفع بور می‌باشد. به طور کلی، میزان آب موردنیاز برای آبشویی بور خیلی بیشتر از آبی است که برای حذف املاح غیرواکنشی (مانند کلرایدها) لازم است. اگر نگهداشت آب، بالا و هدایت هیدرولیکی پایین باشد (همانند خاکهای رسی)، آبشویی بور خیلی سخت‌تر است.

#### ۶-۴-۵ آلودگی آب‌های زیرزمینی

مواد غیرقابل جذب مانند نیترات و کلراید ها هنگامی که از طریق آبشویی به آب زیرزمینی می‌رسند، می‌توانند باعث ایجاد مشکلات گردند و تا حد زیادی به میزان آبشویی در محل بستگی دارد. میزان کم آبشویی منجر به طولانی شدن زمان ماند آب خاک داخل ناحیه ریشه گیاه می‌شود که از این رو جذب



بخشی از نیترات توسط گیاه را قادر می‌سازد. رفتار آبشویی بر طبق مشخصه‌های خاک، در رابطه با آبشویی نمک‌ها ارزیابی می‌شود.

#### ۷-۴-۵ حرکت و انباشت فسفر

چندین عوامل خاک در نگهداشت و قابلیت حرکت فسفر نقش دارند. عوامل مختلف در گروه‌های زیر قرار می‌گیرند:

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

ب - pH؛

پ - دیگر یون‌ها؛

ت - سینتیک‌ها (جنبش‌شناسی)؛

ث - درجه اشباع ترکیبات یا گروه‌های جذب سطحی.

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

به طور کلی، با افزایش pH حرکت فسفر کاهش می‌یابد. وجود فسفر به میزان حداکثر آن، در محدوده pH ۶/۵ تا ۶/۰ اتفاق می‌افتد. در pH بالاتر از ۷/۰، حضور یون کلسیم و منیزیم و همچنین حضور کربنات‌ها، منجر به ترسیب فسفرهای اضافه شده می‌گردد.

#### ۶ اثرات متفاوت بر روی بهداشت عمومی، خاک، محصولات کشاورزی و منابع آب

##### ۱-۶ اثرات بر بهداشت عمومی

خطرات بهداشت عمومی ناشی از آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده که حاوی عوامل بیماری‌زا هستند، می‌تواند از چند طریق زیر، از فاضلاب تصفیه‌شده به انسان انتقال یابد:

الف) آلودگی محصولات غذایی و علوفه ای آبیاری شده با فاضلاب تصفیه‌شده؛

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

ج) تماس مستقیم کارگران و عموم مردم با فاضلاب تصفیه‌شده.

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

در این استاندارد، راه‌های حفاظت از بهداشت عمومی کارگران و کشاورزان، عموم مردم و دام در هنگام استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده با سطوح مختلف کیفیت، ارائه شده است (به منبع [۱۰] کتاب‌نامه مراجعه شود).

## ۲-۶ اثرات بر روی خاک و محصولات کشاورزی

### ۱-۲-۶ اثر سطوح مواد مغذی

تعیین حداکثر میزان در نظر گرفته شده برای نیتروژن و فسفر در آبیاری با فاضلاب تصفیه شده برای جلوگیری از افزایش آن و در نتیجه جلوگیری از آسیب به محصول و یا محیط زیست مهم است (به جدول ب ۱ مراجعه کنید). باید توجه شود که در مناطق آب و هوایی مختلف، نیاز به تعدیل میزان نیتروژن و فسفر خواهد بود؛ چراکه مصرف آب توسط محصولات بخاطر اختلاف در تبخیر و تعرق به میزان قابل توجهی فرق خواهد کرد. با این حال، علی رغم اختلافات آب و هوایی و مصرف آب، نباید اختلافی در مصرف مواد مغذی توسط گیاه در واحد سطح وجود داشته باشد.

در هنگام کود دهی به گیاه، باید مقدار مواد مغذی موجود در فاضلاب تصفیه شده مورد استفاده در آبیاری در نظر گرفته شود.

### ۲-۲-۶ اثر شوری آب

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

یکی از اثرات محتمل غلظت بالای نمک در فاضلاب تصفیه شده، باقی مانده نمکها در محلول خاک است، که باعث تغییر در خواص محلول خاک و به خصوص سبب کاهش پتانسیل اسمزی آن می شود. کاهش پتانسیل اسمزی محلول در خارج از سلول های ریشه گیاه، فاصله بین پتانسیل آب در خاک و گیاه را کاهش می دهد و در نتیجه، دسترسی گیاه به آب ممکن است کاهش یابد و بر روی محصولات کشاورزی اثر منفی گذارد. پتانسیل اسمزی ( $\psi_o$ )، قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، آنیون ها یا کاتیون های کل و نمک های محلول کل به شکل معادله زیر به هم وابسته هستند:

$$\psi_o(atm) = EC(ds/m) \times (-0.36)$$

$$غلظت کل آنیون ها (meq/l) = EC(ds/m) \times 10$$

$$غلظت کل مواد جامد محلول (ppm) یا mg/l = EC(ds/m) \times 640$$

تحمل هر یک از محصولات کشاورزی نسبت به غلظت نمک های حل شده در محلول خاک در اطراف منطقه ریشه متفاوت است. شوری خاک تا زمانی که از حد آستانه شوری (تحمل گیاه) بیشتر نشود، به محصولات کشاورزی آسیبی نمی زند. در مقدار بالاتر از حد آستانه شوری، بازده گیاه به صورت تابع خطی از شوری، کاهش می یابد تا زمانی که گیاه از بین می رود.

#### ۲-۲-۲-۶ اثر شوری در آسیب مستقیم به شاخ و برگ گیاهان در آبیاری بارانی

هنگام استفاده از آب شور، آب پاشی از بالا می تواند اثرات سمی بر روی شاخ و برگ گیاهان داشته باشد که منجر به سوختن برگ و در نهایت، باعث از بین رفتن برگ می شود. حداکثر قابلیت هدایت الکتریکی آب برای آب پاشی از بالا به تحمل شاخ و برگ در مقابل شوری بستگی دارد (به جدول ب ۲ مراجعه کنید). به منظور جلوگیری از اثرات منفی شوری آب بر روی شاخ و برگ گیاه، یا محصولات با مقاومت بالا نسبت به شوری باید انتخاب و یا اقدامات پیشنهادی زیر انجام گردد:

الف - آبیاری در طول شب؛

ب - آبیاری در طول دوره هایی که دما پایین است و وزش باد کم است؛

پ - افزایش نرخ جریان آب (اما کمتر از سرعت نفوذ در خاک باشد)؛

ت - کاهش تناوب آبیاری؛

ث - تغییر دادن سامانه های آبیاری همانند، سامانه های خردآبیاری از طریق آب پاش ها در زیر سایبان؛

ج - افزایش اندازه قطرات آب (کاهش درجه پاشش و یا کاهش فشار).

سمیت محصول ناشی از افزایش یون های سدیم یا کلراید جذب شده از طریق برگ مرطوب، به واسطه آب پاشی از بالا می باشد. در جدول ب ۳ راهنمای تحمل چندین محصول مطابق با غلظت سدیم و کلراید، در زمان آبیاری بارانی از بالا بیان شده است. حساسیت محصولات بر اساس تجمع مستقیم نمک ها از طریق برگ ها می باشد.

#### ۶-۲-۳ اثر سدیم بر روی مشخصه های خاک

آسیب غیرمستقیم ناشی از خاک های سدیمی و آسیب به ساختار آنها و خواص رسانایی آب (نفوذ ناکارای آب باران یا آب آبیاری و حرکت نامناسب آب در خاک، و در نتیجه ایجاد مشکل در زهکشی و هوادهی) شایع تر از ایجاد آسیب مستقیم به محصولات کشاورزی ناشی از شوری می باشد.

یون جذب شده و غلظت الکترولیت از علل اصلی تاثیرگذار بر ساختمان خاک هستند. در زمان بررسی ارتباط بین ترکیب کاتیون در محلول خاک و خواص هیدرولیکی آن، معمول است که به جای غلظت مطلق سدیم، نسبت های غلظت سدیم، کلسیم، و منیزیم (که کاتیون های معمول در آب آبیاری و خاک هستند) در نظر گرفته شوند. اثر مخرب سدیم جذب شده بر روی خواص کشاورزی خاک و نقش مثبت کلسیم و منیزیم به خوبی شناخته شده است. خاک های سدیمی خاک هایی هستند که در آن ها درصد سدیم قابل تبادل بیش از ۱۵٪ و رسانایی الکتریکی محلول آن ها کمتر از ۴ dS/m است. بر طبق این تعاریف، مقدار ESP برابر ۱۵٪ (درصد سدیم قابل تبادل) به عنوان مقدار آستانه بحرانی در نظر گرفته شده است. وقتی ESP بالاتر از این مقدار بحرانی باشد، مشخصه های یک خاک سدیمی مثل تورم قابل ملاحظه و هرگونه پراکندگی خاک رس، اختلال در هدایت هیدرولیکی، هوادهی ضعیف، مشکلات زهکشی و مشکلات کشت بروز پیدا می کند. در ادامه این رویکرد، نسبت جذب سدیم به شرح زیر تعیین می شود:

$$SAR = \frac{(Na)}{\sqrt{\frac{1}{2}(Ca + Mg)}} \quad (4)$$

معادله ۴ که از محاسبه غلظت سدیم، کلسیم و منیزیم در عصاره اشباع خاک به دست می آید  $[Na^+] =$  غلظت سدیم بر حسب mEq/l و  $(Ca^{2+} + Mg^{2+}) =$  غلظت کلسیم و منیزیم بر حسب mEq/l، یک روش تشخیصی مفید برای پیش بینی مسائل مربوط به خاک سدیمی (سطوح بالای سدیم) در نتیجه استفاده از آب آبیاری است. این رابطه هم چنین برای پیش بینی خطر سدیم پذیری خاک از طریق آب

آبیاری و برای ارزیابی سطح سدیم جذب شده در خاک، مفید می‌باشد. ارتباط بین ESP و SAR در معادله (۵) زیر آمده است:

$$ESP = 100(-0.0126 + 0.0475 SAR)/1+(-0.0126 + 0.0475 SAR) \quad (۵)$$

مقدار حد آستانه برای هر کدام از ترکیب از الکترولیت و مقدار SAR، در مقادیر بالاتر از مقدار حد آستانه بحرانی فوق الذکر و تغییرات قابلیت هدایت هیدرولیکی خاک با محلول‌هایی در میزان SAR مختلف، تعیین می‌شود. مقدار حد آستانه برحسب میزان SAR در غلظت معین نمک تعریف می‌شود که باعث کاهش قابل توجهی در نفوذپذیری آب به خاک می‌شود. به عبارت دیگر، مقدار حد 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 کانی‌های رسی و میزان ماده آلی) باشد.

در جدول ب ۴، مقادیر معمول SAR و غلظت الکترولیت (اندازه‌گیری شده توسط قابلیت هدایت الکتریکی) درج گردیده است که برای راست‌آزمایی مسئله نفوذپذیری آب در خاک قابل استفاده می‌باشند.

#### ۳-۲-۶ اثر سمیت ویژه برخی یونها

##### ۱-۳-۲-۶ کلیات

علاوه بر اثر غلظت کل نمک (اثر اسمزی)، برخی یونها در محلول خاک پتانسیل آسیب رساندن به محصولات کشاورزی تحت آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده را دارند. جذب این یونها توسط محصول و تجمع آنها در گیاه ممکن است منجر به کاهش رشد و عملکرد سطح پژمرده گیاه شود.

##### ۲-۳-۲-۶ اثر کلراید

کلراید یک ماده مغذی ضروری برای گیاهان جهت ایجاد تعادل بار یونی و تنظیم خاصیت اسمزی است. بعلاوه به عنوان یک شمارنده یون در حین جابجایی کاتیون در گیاه عمل می‌کند و باعث سهولت جذب آب سلول و اتساع غشاء سلول می‌شود. کلراید از طریق منابع خاک، باران، آبیاری، کودها و آلودگی هوا در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. در شرایط کشت عادی و معمول، سمیت کلراید شایع‌تر از کمبود آن به خصوص در مورد آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده است. حساسیت گیاهان به غلظت کلراید به‌طور قابل توجهی متفاوت می‌باشد. از سوی دیگر، درختان به‌طور کلی به کلراید اضافی حساس هستند. مقاومت و تحمل محصولات هم بسته به گونه، نوع و ساقه زیرزمینی آنها، تفاوت خواهد کرد. تفاوت موجود بین ساقه‌های زیرزمینی به‌طور معمول منعکس کننده قابلیت آنها برای جلوگیری و یا ایجاد مانع برای حرکت کلراید از ریشه‌ها به شاخ و برگ و تجمع آنها در این ناحیه می‌باشد.

##### ۳-۳-۲-۶ اثر عنصر بور

بور یک عنصر ضروری مورد نیاز برای رشد معمول گیاهان است. این عنصر در تعداد زیادی از فرآیندهای گیاهی همانند: تقسیم سلولی و قد کشیدن، سوخت و ساز اسید هسته، سوخت و ساز و انتقال قندهای

تنظیم‌کننده فتوسنتز و تنفس دخالت دارد. حضور آن برای سامانه هورمونی حیاتی است و در غشاهای سلولی یافت می‌شود. در جایی که از آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده استفاده می‌شود، بور رایج است. بور در مقادیر بیش از حد مجاز، برای گیاهان سمی است؛ باعث سفیدک در نوک گیاهان می‌شود و در طی مراحل بعدی باعث ریزش برگ‌های آن شده و حتی می‌تواند گیاه را نابود کند.

#### ۴-۳-۲-۶ اثر سدیم

غلظت غیرطبیعی سدیم در فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند اثر مستقیم ناشی از سمیت سدیم را در گیاهان ایجاد کند. این سمیت به‌طور عمده بر روی درختان میوه (آوکادو، درختان مرکبات و درختان میوه دارای هسته همانند آلو، هلو، زردآلو) در غلظت بیش از  $50\text{mg/L}$  ( $120\text{mg/L}$ ) تاثیرگذار است (به منبع [۶] کتاب‌نامه مراجعه شود). 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 روی ساختار خاک می‌باشد و به‌طور غیرمستقیم بر روی هوادهی خاک و حرکت آب در آن تاثیر می‌گذارد.

#### ۴-۲-۶ اثر مربوط به سایر عناصر شیمیایی

اضافه کردن سایر عناصر شیمیایی به خاک به شیوه کنترل‌نشده نامطلوب است؛ زیرا اگر آن‌ها در خاک تجمع پیدا کنند، حذف آن‌ها در مراحل بعدی دشوار خواهد بود و به احتمال زیاد باعث مسمومیت گیاهان می‌شوند. جذب بیش از حد آن‌ها توسط محصولات زراعی باعث تجمع سموم در بافت‌های گیاهی شده (این سموم برای انسان‌ها یا حیوانات مصرف‌کننده محصول، خطرناک هستند) و هم‌چنین انتقال و جابجایی این عناصر شیمیایی به داخل آب‌های زیرزمینی دور از انتظار نخواهد بود. مقادیر میانگین حسابی و مقادیر حداکثر این عناصر در جدول ب ۶ ارائه شده است. گاهی اوقات در خاک با PH اسیدی، میزان این عناصر بیشتر مورد توجه است (مقادیر بیشینه و کمینه) مشاهده می‌شود که ناشی از بالا بودن میزان فلزات سنگین است.

#### ۵-۲-۶ توصیه‌هایی برای مدیریت اثرات روی خاک و محصولات کشاورزی

##### ۱-۵-۲-۶ توصیه‌هایی برای جلوگیری از آسیب آب‌پاشی از بالای شاخ و برگ گیاهان

برای افزایش تحمل و مقاومت 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 جریان آب (اما کمتر از سرعت نفوذ در خاک باشد)؛

چ - کاهش تناوب آبیاری؛

ح - تغییر دادن سامانه آبیاری که آب در آن در تماس با شاخ و برگ نباشد، همانند سامانه‌های خردآبیاری از طریق آبپاش‌ها در زیر سایبان؛

خ - افزایش اندازه قطرات آب (کاهش درجه پاشش و یا کاهش فشار).

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

برای غلبه بر آسیب ناشی از تجمع نمک در خاک، نیاز به اجرای راهکارها و فنون مدیریتی است. برخی از تجارب را می‌توان برای کنترل شوری در منطقه ریشه گیاهان مورد استفاده قرار داد. اقدامات داخل خود مزرعه به طور معمول دربرگیرنده فنون و راهکارهای زراعی و مهندسی قابل اعمال توسط کشاورز می‌باشد (به منبع [۴] کتاب‌نامه مراجعه شود).

#### ۶-۲-۵-۱ اصول مدیریت

اقدامات مدیریتی برای استفاده ایمن از آب آبیاری (و به‌طور خاص فاضلاب تصفیه‌شده) به طور کلی شامل موارد زیر است:

- انتخاب محصولات یا انواعی از یک محصول که تحت شرایط موجود یا پیش‌بینی شده شوری یا سدیمی خاک، عملکرد قابل قبولی خواهند داشت؛
  - روش‌های کاشت ویژه که تجمع نمک در مجاورت دانه را به حداقل برساند؛
  - آبیاری، برای حفظ میزان نسبتاً زیادی از رطوبت خاک و برای به انجام رساندن آبشویی دوره‌ای خاک؛
  - آماده‌سازی زمین برای افزایش یکنواختی توزیع آب و نفوذ، آبشویی و از بین بردن شوری.
- محصول رشد کرده، کیفیت آب مورد استفاده برای آبیاری، الگوی بارندگی و آب و هوا و خواص خاک، تا حد زیاد نوع و گستره اقدامات مدیریتی موردنیاز را تعیین می‌کند.

#### ۶-۲-۵-۲ انتخاب محصولات کشاورزی یا تنوعی از یک محصول

در جایی که شوری را نمی‌توان به واسطه آبشویی در حد قابل قبولی حفظ کرد، باید محصولات کشاورزی را طوری انتخاب نمود که بتوانند عملکرد قابل قبولی را در شرایط شوری داشته باشند. در انتخاب محصولات، باید توجه خاصی به تحمل آن‌ها به نمک، در طی مدت جوانه زدن داشت. بعضی از محصولات که در طی مراحل بعدی رشدشان در برابر شوری مقاوم هستند، در مراحل اولیه رشد کاملاً حساس به شوری هستند. طرح فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند برای یک منطقه با محصولات کشاورزی موجود برنامه‌ریزی شود. اگر محصولات یک ساله هستند، تنوع یا وارپته‌های یک محصول را می‌توان با توجه به کیفیت آب تغییر داد. با این حال، در محصولات 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، برنامه‌ریزان و طراحان باید رشد محصولات کشاورزی را متناسب با کیفیت آب در نظر بگیرند.

#### ۶-۲-۵-۳ روش‌های کشت ویژه

با علم به این حقیقت که سرعت جوانه‌زنی در صورت وجود شوری مازاد، کاهش می‌یابد؛ در بسیاری از موارد دستیابی به حالت قابل قبول عملکرد محصولات بر روی خاک‌هایی با درجه شوری متوسط در آبیاری شیاری یک مسئله جدی است. این شکست‌ها به طور معمول ناشی از تجمع نمک محلول در بسترهای برآمده است که به واسطه آبیاری شیاری، مرطوب هستند.

برای کاهش تجمع نمک در نزدیکی دانه باید اصلاحاتی در روش‌های آبیاری و شکل بستر صورت گیرد. در طول آبیاری، بیشترین گرایش نمک‌ها به تجمع در نزدیکی دانه، در ردیف‌های تکی با بسترهای دایره‌ای

است. نمک کافی برای جلوگیری از جوانه‌زنی می‌تواند در منطقه حضور بذر تمرکز کند؛ حتی اگر مقدار متوسط نمک خاک نسبتاً کم باشد.

از نقطه‌نظر کنترل شوری، کاشت در زمین‌های شیاری (شخم‌زده) یا آبگیرها قابل قبول است، اما عملکرد بسیاری از محصولات زراعی در کاشت ردیفی به دلیل مشکلات مربوط به پوسته پوسته شدن و هوادهی ضعیف، نامطلوب است.

#### ۴-۲-۵-۲-۶ روش‌های آبیاری

گاهی اوقات شورشدن آب و خاک در آبیاری اجتناب ناپذیر هستند؛ نمک موجود در آب آبیاری در خاک باقی می‌ماند و آب خالص از طریق فرآیندهای تبخیر و تعرق گیاه به اتمسفر بازگردانده می‌شود. بنابراین باید 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 و یا بارش) باید در یک دوره طولانی، در بیش از مقدار موردنیاز برای تبخیر و تعرق (ET) بکار رود و باید از منطقه ریشه در حداقل میزان خالص عبور کند. این مقدار، به عنوان نیاز آبشویی<sup>۱</sup> (LR) نسبت داده می‌شود؛ بخشی از آب نفوذی که برای حفظ شوری در سطح قابل قبول، از میان ناحیه ریشه گیاه عبور می‌کند.

در زمین‌های آبیاری شده با شرایط پایدار و با مدیریت عادی آبیاری، غلظت نمک موجود در آب خاک، صرف‌نظر از بخش آبشویی<sup>۲</sup> (LF) و بخش آب نفوذی عبوری از میان ناحیه ریشه گیاه، اساساً در نزدیکی سطح خاک یکنواخت است. این میزان شوری در عمق، با کاهش LF، افزایش پیدا می‌کند. به طور مشابه، میانگین شوری ناحیه ریشه با کاهش LF افزایش می‌یابد؛ و هنگامی که میزان تحمل شوری از حدش فراتر رود، بازده محصول کاهش می‌یابد.

روش‌های محاسبه نیاز آبشویی و پیش‌بینی تلفات عملکرد محصول ناشی از اثرات شوری، در متون و کتابچه راهنمای کاربردی ذکر شده است (به پیوست ت مراجعه کنید). هنگامی که محلول خاک به بیشینه سطح شوری سازگار با سامانه کشت رسیده باشد، مقدار نمک مازاد باید توسط آبیاری اضافی از منطقه ریشه حذف شود. این فرآیند حفظ تعادل نمک نام دارد.

سطح متوسط زمانی شوری ناحیه ریشه، تحت تاثیر درجه‌ای است که آب موجود در خاک در فاصله بین آبیاری‌های تناوبی، کم یا کاملاً خالی می‌شود. چنانچه زمان بین آبیاری‌ها افزایش یابد، میزان آب خاک کاهش می‌یابد؛ به طوری که خاک خشک می‌شود و پتانسیل‌های رطوبتی و اسمزی آب خاک کاهش می‌یابد و در نتیجه نمک‌ها در حجم آب کاهش یافته تجمع پیدا می‌کنند. جذب آب و عملکرد محصولات بسیار وابسته به زمان و عمق متوسط کل آب بالقوه خاک، همانند آب رطوبتی و آب اسمزی، است. این دلالت بر این دارد که:

---

1- Leaching requirement

2- Leaching fraction

- برای به حداقل رساندن اثرات مضر آبیاری با آب شور، می‌توان از روش‌هایی نظیر آبیاری قطره‌ای که در آن تنش‌های رطوبتی به حداقل می‌رسد، استفاده کرد؛

- برای به حداقل رساندن تجمع (از این‌رو اثرات مضر) میزان زیادی از شوری در ناحیه ریشه، می‌توان آبخوبی‌های بخشی را به کار برد.

درجه شورش‌دگی پروفیل یا مقطع عرضی خاک، نیز تابعی از نحوه کاربرد آب و هم‌چنین آبخوبی بخشی است. به‌طور کلی نمک بیشتری به ازای هر واحد آبخوبی در آبیاری بارانی نسبت به آبیاری غرقابی حذف می‌شود. بنابراین، در شرایط یکسان، شوری آب به کار رفته در آبیاری بارانی تا اندازه‌ای 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 تاثیر محل رشد و نمو یا بذریابی است. در آبیاری شیاری، نمک‌ها تمایل به تجمع مقدارزیاد در نواحی خاصی از محل رشد و نمو دارند. بستر بذریابی و شکل شیاری را می‌توان طوری طراحی نمود که این مشکلات به حداقل برسد. از استراتژی‌های قرار دادن بذر و آبیاری سطحی (برای مثال شیاری تناوبی، عمق آب در شیاریها و همانند این‌ها) می‌توان برای بهینه‌کردن استقرار گیاه در شرایط شور استفاده نمود. روش آبیاری بارانی می‌تواند در آبخوبی شوری بیش از حد از خاک رویی موثر باشد. از این رو یک محیط کم شور مطلوب در لایه بالایی خاک ایجاد می‌شود که برای ابقاء و پایداری نهال حساس به نمک لازم است. در آبیاری قطره‌ای، به‌طور معمول میزان نمک در زیر لایه رویی پایین‌ترین مقدار و در اطراف قطره‌چکان‌ها یا روزنه‌ها و در حاشیه ناحیه مرطوب بالاترین مقدار را دارد. حذف نمک تجمع یافته در اطراف ناحیه مرطوب، باید در درازمدت مورد ملاحظه قرار گیرد.

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

برای تقلیل اثرات نمک‌ها می‌توان فاضلاب تصفیه‌شده را به همراه آب‌های دیگر استفاده نمود. با این حال، قبل از به‌کارگیری استراتژی‌های رقیق‌سازی بیان شده در ذیل، اولویت باید بهبود کیفیت فاضلاب تصفیه شده با کاهش میزان نمک در طی تولید فاضلاب باشد (به منبع [۵] کتاب‌نامه مراجعه شود).

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

چرخش آب: 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 نمایید. آب با شوری کمتر در تمام زمانهای دیگر رشد استفاده می‌شود.

هشدار: در هر دو استراتژی بالا احتمال این که فاضلاب تصفیه‌شده در دیگر سامانه آب نفوذ کند و متعاقباً خطرات بهداشتی 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 شکاف هوایی، بین هر سامانه آب



غیرآشامیدنی و سامانه آب آشامیدنی باعث اجتناب از این خطرات می‌شود. یک راهکار هم ریختن آب آشامیدنی در یک مخزن جداگانه و سپس پمپاژ آن به سامانه آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده است.

### ۳-۶ اثرات بر روی منابع آب

#### ۱-۳-۶ کلیات

برای مناطقی که از نظر هیدرولوژیکی آسیب‌پذیرند، نباید سامانه‌های آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده به کار گرفته شود (به دلیل خطر بالای نشت و نفوذ به منابع آب‌های سطحی با کاربری شرب). با توجه به امکان ترکیبگی و یا نشت خطوط لوله انتقال فاضلاب تصفیه‌شده و سامانه‌های توزیع آبیاری به مزارع، نشت فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند به آب آبخوان و یا آب سطحی برسد و آن را آلوده کند.

برای جلوگیری از این خطر، لازم است تا خطوط اصلی انتقال فاضلاب تصفیه‌شده را با یک فاصله معینی از منابع آب آشامیدنی (چاه) جدا کرد؛ به طوری که اطمینان حاصل شود که جریان فاضلاب تصفیه‌شده به طور مستقیم به داخل چاه‌ها راه پیدا نمی‌کند، تعیین فاصله باید بر این اساس باشد که فاضلاب تصفیه‌شده نشت یافته به خاک، برای رسیدن به چاه حداقل ۴۰ روز سپری کرده باشد (زمانی که نابودی کامل آلاینده‌های بیماری‌زا رخ خواهد داد).

اقدامات مدیریتی خوب برای حفاظت از منابع آب آشامیدنی در بند ۶-۶ قسمت ۳ این استاندارد (به منبع [۱۱] کتاب‌نامه مراجعه شود). ارائه شده است.

اثرات غلظت مواد مغذی موجود در فاضلاب تصفیه‌شده بر منابع آب، دو خطر اصلی را به دنبال دارد:  
الف - آب‌شویی فسفر در خاک‌های اسیدی همانند آب‌شویی نیتروژن در تمام خاک‌ها به درون آب‌های زیرزمینی؛

ب - جاری شدن فسفر از لایه فوقانی خاک‌های با pH بالا به داخل منابع آب سطحی.

یادآوری - هنگامی که نیتروژن و فسفر از فاضلاب حذف می‌شوند، این اقدامات احتیاطی را می‌توان کاهش داد.

کمبود آب شیرین در دسترس برای کشاورزی، نیاز به استفاده از منابع آب با کیفیت پایین‌تر مواد شیمیایی و زیست‌شناختی را افزایش می‌دهد. منبع اصلی چنین آبی، آب بازیافتی (به عنوان مثال فاضلاب تصفیه‌شده) است. هدف از این بند توصیه معیارهایی است که ضمن ممکن ساختن آبیاری محصولات با فاضلاب تصفیه‌شده، هم‌زمان بتوان خطرات منابع آب طبیعی را به حداقل رساند.

#### ۲-۳-۶ اصول حفاظت از منابع آب

الف - برخی از مشکلات افراد درگیر کارهای خاک و آب‌شناسی، ناهمگونی و تنوع سامانه‌های طبیعی است. بسیار دشوار است پروفیل یا مقطع عرضی خاک محلی را مشاهده نمود که همگن باشد و از همه دشوارتر تعمیم دادن کل مزرعه و مقایسه قطعی یک مزرعه با دیگری است. از این رو، این استاندارد، تنها یک راهنما است و الزام به انجام آزمایشات جداگانه بر روی فاضلاب تصفیه‌شده خاص، جهت نظارت بر منابع آب و سامانه‌های آبرسانی به لحاظ جلوگیری از آلودگی می‌باشد. این استاندارد، حداقل الزامات ضروری برای آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده را پیشنهاد می‌کند. در تمام موارد، باید مطالعه بیشتر آب‌شناسی محلی صورت گیرد.

ب - این استاندارد، ترکیبی از روش‌های آسان عملی و کاربردی را جهت حفاظت حداکثری از منابع آب با در نظر گرفتن معیارها و روش‌های آزمون ارائه می‌نماید.

پ - در این استاندارد فرض می‌شود که منبع اولیه فاضلاب تصفیه‌شده از سامانه فاضلاب شهری است. از این رو، محتمل است که فاضلاب تصفیه‌شده در بردارنده انواع نسبتاً مشخصی از آلاینده‌های معمول در اغلب فاضلاب‌های شهری باشد. استفاده از فاضلاب‌های صنعتی نیازمند در نظر گرفتن معیارهای اضافی دیگری است.

پارامترهای کیفیت آب که به صورت بیشینه مقدار مجاز بیان می‌شوند، به منظور جلوگیری و یا به حداقل رساندن آسیب به خاک، محصولات کشاورزی و منابع آب (سطحی یا زیرزمینی) و یا خطرات بهداشت عمومی است. در ادامه طبقه‌بندی این پارامترها آمده است:

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

- عناصر شیمیایی دیگر (فلزات سنگین)؛

- پارامترهای میکروبی.

این پارامترها مربوط به اثرات ممکن هر عامل و همچنین امکان جلوگیری از ورود آلودگی 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، نمک، و ریزآلاینده‌های آلی) و مقادیر پارامترهای بیانگر شوری (EC و TDS) را پیشنهاد می‌کند.

- باید تصریح شود تهیه یک استاندارد که مقادیر حد آستانه را برای تمام آلاینده‌های بالقوه موجود در فاضلاب در نظر بگیرد، عملاً غیرممکن است. بنابراین همان طوری که قبلاً ذکر شد، پیشنهاد می‌شود سطوحی برای تعدادی از عناصر معرف و شاخص (غیر از چهار گروه ذکر شده) به همراه توصیف سطح تصفیه تعریف گردد. رعایت این سطوح آستانه در بسیاری از موارد، اطمینان از حفاظت سامانه‌های آب‌های طبیعی را به دنبال دارد. با این حال، برای شرایط مرتبط با مکان‌های خاص ممکن است نیاز به تعدیل سطوح باشد.

- حفاظت از منابع آب طبیعی فقط از طریق جلوگیری از رسیدن آلاینده‌ها به آن‌ها امکان‌پذیر است. در جایی که اغلب آلاینده‌ها نمود دارند، در نظر گرفتن زمان انتقال یا رسیدن آلودگی مناسب نیست (به جز در خصوص آلاینده‌های قابل تجزیه، عوامل بیماری‌زا و عمدتاً ریزآلاینده‌های آلی). یک مانع فیزیکی مانند آسترهای پلاستیکی باید از نفوذ آب و شسته‌شدن جلوگیری کند. در مکان‌هایی که تخلیه فاضلاب تصفیه شده مجاز و قابل تنظیم است، نیازی به مانع فیزیکی نیست.

- سرعت جریان رواناب‌های سطحی از نظر بزرگی، بالاتر از سرعت جریان‌های زیرزمینی است. در نتیجه، خطر بالقوه فوری را برای منابع آب ایجاد می‌کند. از این رو، هدف باید این باشد که جریان مستقیم فاضلاب تصفیه‌شده به کانال‌های زهکشی در هنگام باران کاهش یابد. بنابراین، طبقه‌بندی خطرات برای منابع آب سطحی، بر اساس تخمین میزانی از فاضلاب تصفیه‌شده است، که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم، به سامانه‌های زهکشی سطحی جریان می‌یابند. در جایی که سامانه آبیاری به خوبی طراحی شده (تناوب‌های

آبیاری مطابق با خواص خاک باشد) تمایزی بین حالت‌ها و موقعیت‌ها وجود دارد، به طوری که هیچ رواناب سطحی در طول آبیاری قابل انتظار نباشد.

با این حال، حتی در یک سامانه با طراحی بهینه، رواناب اتفاقی وجود دارد. بنابراین، وضعیت تعریف شده با عنوان «بدون هیچ رواناب» شامل جایی است که حجم احتمالی رواناب 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 آلودگی‌ها و به‌طور عمده نمک‌های اصلی (کاتیون‌ها) و فلزات سنگین در خاک، به‌طور عمده در سطح رس‌ها صورت می‌گیرد. هم‌چنین زمان ماندگاری نیز به واسطه ترکیب خاک و به‌طور عمده با میزان رس کنترل می‌شود. بنابراین، شاخص اصلی مورد استفاده برای توصیف خاک‌های مناسب آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده، میزان خاک رس می‌باشد. باید تاکید شود که این فقط یک شاخص تقریبی است. به منظور توصیف یک پارامتر ساده و قابل اندازه‌گیری، پیشنهاد می‌شود از میزان متوسط رس در عمق ۲ متری به عنوان شاخص حساسیت محل به آلودگی آب زیرزمینی، استفاده شود.

#### ۳-۳-۶ مثال‌هایی از گروه‌های حساسیت آب‌های زیرزمینی

در پیوست پ مثال‌هایی از گروه‌های حساسیت برای حفاظت از آب‌های زیرزمینی آمده است.

#### ۴-۳-۶ مثال‌هایی از گروه‌های حساسیت آب‌های سطحی

گروه‌های حساسیت آب سطحی مطابق با میزان جریان آب، به طور مستقیم یا غیرمستقیم، از آب آبیاری تا سامانه‌های زهکشی قابل نفوذ به سامانه‌های آب طبیعی، مجزا از هم می‌باشند. بنابراین، نیاز به تعیین رده حساسیت آب است. رده بالاترین حساسیت سامانه (I)، جایی است که رواناب سطحی در هنگام آبیاری و یا تجمع سطحی ناشی از شستشو در مواقع بارانی به وجود آید. طراحی صحیح و راه‌اندازی یک سامانه آبیاری باید در اصل، از بروز چنین مشکلاتی جلوگیری کند. در گروه‌های حساسیت II، III و IV فرض می‌شود که در هنگام آبیاری رواناب سطحی ایجاد نمی‌شود. گروه II حساسیت شامل سامانه‌هایی است که دارای سامانه زهکشی زیرزمینی کم عمق موثر می‌باشد (در عمق ۸۰cm یا کمتر). در چنین سامانه‌هایی، بخش قابل توجهی از آب آبیاری بلافاصله بعد از اتمام آبیاری به سطح سامانه‌های زهکشی، زهکش می‌شوند. گروه حساسیت III، شامل سامانه‌های زهکشی عمیق (بیش از ۸۰cm) است، در جایی که آب آبیاری بعد از نگهداشت در زیرزمین، به سامانه‌های زهکشی سطحی، زهکش می‌شود.

گروه حساسیت IV، کمترین حساسیت از منظر آب‌های سطحی و سامانه‌ای است که در تمام موارد، شامل زهکشی زیرزمینی نمی‌شود. درک این نکته مهم است که سه طبقه بندی آخر بر مبنای این فرض است که طراحی و بهره‌برداری سامانه آبیاری از تولید رواناب سطحی مستقیم آب آبیاری جلوگیری نماید. مشابه معیار خطر آب زیرزمینی، عبور جریان آب از مقطع زیرزمین باعث صاف‌سازی آلودگی‌ها می‌گردد. وجود زهکشی موثر زمین، میزان آب داخل خاک را کاهش می‌دهد، اما ممکن است افزایش باری را برای سامانه‌های آب‌های سطحی به دنبال داشته باشد.

در حال حاضر، این استاندارد شامل رواناب سطحی ناشی از بارش که آلودگی‌ها را از لایه بالایی خاک می‌زداید، نمی‌شود.

### ۵-۳-۶ خلاصه‌ای از مثال معیارها

سطح خطر حد آستانه آلاینده‌ها در فاضلاب تصفیه‌شده، در جدول پ ۱ ذکر شده است.

پیوست الف  
(آگاهی دهنده)

مثال‌هایی از معیارهای آب و هوا و خاک

جدول الف ۱- رده‌بندی آب و هوا با استفاده شاخص خشکی (AI)<sup>[3]</sup>

ملاحظات	بارندگی متغییر در طی سال	بارش سالیانه	مقدار AI	آب و هوا
کمبود رطوبت سالانه	< ۱۰٪		$AI < ۰,۱۰۵$	بیش از حد خشک
	۱۰٪ تا ۵۰٪	< ۲۰۰ mm	$۰,۱۰۵ < AI < ۰,۲۰$	خشک
	۲۵٪ تا ۵۰٪	< ۸۰۰ mm در تابستان < ۵۰۰ Mm در زمستان	$۰,۲۰ < AI < ۰,۵۰$	نیمه خشک
	< ۲۵٪	بارش فصلی زیاد	$۰,۵۰ < AI < ۰,۶۵$	خشک نیمه مرطوب
	-	بارش فصلی زیاد	$۰,۶۵ < AI < ۱,۰۰$	مرطوب
مازاد رطوبت سالانه	-	$۱,۰۰ < AI$		
خیلی سرد برای رشد محصولات	-	-	-	کوهستانی سرد

جدول الف ۲- بررسی اجمالی خطرات مربوط به خاک (اصلاح شده منبع [۷] کتاب‌نامه)

پارامترهای خاک موثر در رفتار خاک	معیار	خطرات
بافت، ماده آلی و pH	ظرفیت بافری برای آلاینده‌های قابل جذب معدنی (همانند فلزات سنگین)	جابجایی آلاینده‌های قابل جذب معدنی
بافت و ماده آلی	فرونشست لایه بالایی خاک	فرونشست لایه بالایی خاک
بافت، چگالی حجمی، عمق منطقه ریشه، عمق خاک، ظرفیت زمین، هدایت هیدرولیکی اشباع و میزان آبشویی	شوری خاک	شوری خاک‌ها
بافت، ماده آلی و pH	ظرفیت بافری بور	حرکت و جابجایی بور
بافت، ماده آلی و pH	ظرفیت بافری برای مواد غیرقابل جذب (همانند نترات)	آلودگی آب‌های زیرزمینی
میزان رس و کانیایی، اکسیدها، ماده آلی و pH	تجمع و آبشویی فسفر در خاک	تجمع و حرکت فسفر

یادآوری- فلزات سنگین در خاک‌های اسیدی حرکت و جابجایی زیادی دارند که این خاک‌ها در مناطق مرطوب می‌باشند.

## پیوست ب

### (آگاهی دهنده)

مثال‌هایی از بیشینه سطوح مواد مغذی و پارامترهای شوری در فاضلاب تصفیه‌شده مورد استفاده برای آبیاری

این سطوح برای آبیاری فصلی مزارع از ۵۰۰mm تا ۶۰۰mm (۵۰۰۰ m<sup>3</sup>/ha تا ۶۰۰۰ m<sup>3</sup>/ha) و در رابطه با مصرف نیتروژن و فسفر توسط محصولات کشاورزی تعریف گردیده است.

جدول ب-۱-مثالی از بیشینه سطوح مواد مغذی در فاضلاب تصفیه‌شده مورد استفاده برای آبیاری

پارامتر	واحد	میانگین حسابی ماهانه	بیشینه مقدار
نیتروژن آمونیوم	mg/L	۲۰	۳۰
نیتروژن کل	mg/L	۲۵	۳۵
فسفر کل	mg/L	۵	۷

جدول ب-۲-مثالی از بیشینه هدایت الکتریکی آب آبیاری مطابق با تحمل گیاه هنگامی که آبیاری توسط آب‌یاش از بالا انجام شود [اصلاح شده منبع ۶]

بیشینه هدایت الکتریکی آب آبیاری (dS/m)	تحمل شاخ و برگ محصولات کشاورزی
۰٫۵	خیلی کم تحمل <sup>الف</sup>
۱٫۰	کم تحمل
۲٫۰	تحمل متوسط
۴٫۰	تحمل بالا
۸٫۰	تحمل خیلی بالا

الف- شامل اغلب درختان میوه (همانند مرکبات، سیب، گلابی، آلو، زردآلو، هلو، و همانند این‌ها)، لوبیا و توت فرنگی).

جدول ب ۳- مثالی از تحمل نسبی محصولات کشاورزی نسبت به آسیب شاخ و برگ ناشی از آب شور اعمال شده توسط آب پاش‌ها از بالا (به منبع [۶] کتاب‌نامه مراجعه شود)

غلظتهایی از $\text{Na}^+$ یا $\text{Cl}^-$ که به برگ گیاهان آسیب می‌رساند (mEq/L)			
< ۵	۵ تا ۱۰	۱۰ تا ۲۰	> ۲۰
بادام	انگور	یونجه	گل کلم
زردآلو	فلفل	جو	پنبه
مرکبات	سیب‌زمینی	ذرت	چغندر قند
آلو	گوجه‌فرنگی	خیار	آفتابگردان
		گلرنگ	
		کنجد	
		ذرت خوشه‌ای	
یادآوری - $1 \text{ mEq/L Na}^+ = 23 \text{ mg/L Na}^+$ $1 \text{ mEq/L Cl}^- = 35.5 \text{ mg/L Cl}^-$			

جدول ب ۴- اثر ترکیبی هدایت الکتریکی ( $\text{EC}_w$ ) آب آبیاری و مقدار جذب سدیم (SAR) بر روی مسائل و مشکلات نفوذپذیری آب (به منابع [۲] کتاب‌نامه مراجعه شود)

درجه محدودیت استفاده			مشکل بالقوه آبیاری
خیلی شدید	خفیف تا متوسط	ندارد	
هدایت الکتریکی - آب آبیاری (dS/m)			SAR (mEq/L) <sup>1/2</sup>
< ۰٫۲	۰٫۲ تا ۰٫۷	> ۰٫۷	۰ تا ۳
< ۰٫۳	۰٫۳ تا ۱٫۲	> ۱٫۲	۳ تا ۶
< ۰٫۵	۰٫۵ تا ۱٫۹	> ۱٫۹	۶ تا ۱۲
< ۱٫۳	۱٫۳ تا ۲٫۹	> ۲٫۹	۱۲ تا ۲۰
< ۲٫۹	۲٫۹ تا ۵٫۰	> ۵٫۰	۲۰ تا ۴۰
<p><b>یادآوری ۱-</b> مشکل نفوذپذیری آب در میان خاک (ناشی از تورم خاک رس و پراکندگی و نابودی دانه‌های خاک) فقط به مقدار SAR خاک (در نتیجه SAR آب) بستگی ندارد، اما بر روی غلظت نمک‌ها در آب (غلظت الکترولیت) موثر است. هرچه مقدار SAR بیشتر باشد، غلظت الکترولیت مورد نیاز بیشتری برای حفظ شرایط حرکت مناسب آب در خاک نیاز است. بنابراین، هر مقدار SAR در جدول میزان معادل هدایت الکتریکی را دارد که در آن ممکن است مشکلات نفوذ آب موجود داشته یا نداشته باشد.</p> <p><b>یادآوری ۲-</b> در فاضلاب تصفیه‌شده که در آن مقدار SAR بالا است، به طور کلی غلظت‌های بالای نمک برای حفظ ثبات ساختار خاک و جلوگیری از مشکلات حرکت آب در خاک وجود دارد. با این وجود، در زمان 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 مشخصه‌های خاک دارد) و در نتیجه سبب مشکلات رواناب سطحی و فرسایش گردد.</p> <p><b>یادآوری ۳-</b> مقدار میانگین ماهانه SAR مجاز در فاضلاب تصفیه‌شده در فلسطین برابر با <math>5 \text{ (mEq/L)}^{1/2}</math> با بیشینه مقدار <math>6.5 \text{ (mEq/L)}^{1/2}</math> است.</p>			

جدول ب-۵-مثالی از میزان حداکثر پارامترهای شوری در فاضلاب تصفیه شده مورد استفاده برای آبیاری مطابق با

حساسیت محصولات کشاورزی

حساسیت محصولات کشاورزی								واحد	پارامتر
مقاوم		مقاوم متوسط		حساسیت متوسط		حساس			
بیشینه مقدار اندازه گیری شده	میانگین حسابی ماهانه	بیشینه مقدار اندازه گیری شده	میانگین حسابی ماهانه	بیشینه مقدار اندازه گیری شده	میانگین حسابی ماهانه	بیشینه مقدار اندازه گیری شده	میانگین حسابی ماهانه		
۷٫۸	۶٫۰	۵٫۲	۴٫۰	۲٫۶	۲٫۰	۱٫۸	۱٫۴	dS/m	هدایت الکتریکی الف و ب
۱۵۰۰	۱۴۰۰	۱۱۰۰	۱۰۰۰	۴۴۰	۴۰۰	۲۸۰	۲۵۰	mg/L	کلراید
۵٫۲	۴٫۰	۲٫۶	۲٫۰	۱٫۳	۱٫۰	۰٫۵	۰٫۴	mg/L	بور <sup>۳</sup>
-	-	-	-	-	-	۲۰۰	۱۵۰	mg/L	سدیم <sup>ت</sup>

یادآوری ۱- این جدول برای آبیاری در فلسطین تهیه شده است

یادآوری ۲- مقادیر ارائه شده در جدول ب-۳ مربوط به شرایط در کشور فلسطین با آبیاری محصولات، بخشی با آبیاری تحت فشار و اکثر آن با آبیاری قطره ای می باشد.

یادآوری ۳- تحمل گیاهان به شوری در واکنش به غلظت واقعی نمک در محلول خاک است. در همان کیفیت آب، غلظت نمک هایی که ریشه گیاه در معرض آن ها خواهد بود، نیز به سامانه آبیاری و مدیریت آبیاری (آبیاری تناوبی) بستگی دارد. هر چه میزان آب در خاک کمتر باشد، در بین آبیاری ها غلظت نمک بیشتر است. در نتیجه، در سامانه آبیاری قطره ای، 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 تحت آبیاری بارانی و یا آبیاری باز با فواصل آبیاری بیشتر و بهره برداری بیشتری از آب موجود در خاک برای آبیاری بعدی می باشند، وجود دارد.

الف حساسیت محصولات به شوری اغلب به نسبت غلظت در عصاره اشباع خاک و یا در محلول خاک بیان شده است. معنای مقادیر غلظت در آب آبیاری در خصوص هدایت الکتریکی است که بدین صورت محاسبه می شود: هدایت الکتریکی خاک =  $۱.۵ \times$  هدایت الکتریکی آب. با این فرض که آبشویی جزئی در حدود  $۰.۲۰$  (۲۰٪) داده شده است.

ب غلظت نمک های محلول در آب هم چنین می تواند برحسب کل مواد جامد محلول (TDS)(mg/L) بیان شود. ارتباط بین هدایت الکتریکی (EC) و TDS در معادله زیر بیان شده است:

$$TDS (mg/L) \approx EC (dS/m) \times 640 \quad \text{برای} \quad 0.1 \leq E_c \leq 5.0 \text{ dS/m}$$

$$TDS (mg/L) \approx EC (dS/m) \times 800 \quad \text{برای} \quad E_c > 5.0 \text{ dS/m}$$

ب غلظت مشخص شده بور در جدول به بور موجود در آب آبیاری اشاره دارد، با این حال محصولات به بور در محلول خاک، پاسخ می دهند. بور عنصری است که می تواند توسط خاک رس و مواد آلی در خاک جذب شود. از این رو، عکس العمل یک محصولات 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 مشابه، عکس العمل منفی محصولات زراعی در خاک با مقدار رس بالاتر به تعویق می افتد. این پدیده در نتیجه جذب بالاتر بور در خاک رس و بنابراین جذب بور با غلظت های پایین تر در محلول خاک توسط گیاه است.

ت در جایی که سدیم وجود دارد و هم چنین توسط رس در خاک جذب می شود، اثر اصلی بر روی ساختار و خواص خاک است.



جدول ب ۶- مثالی از میزان میانگین و میزان بیشینه عناصر شیمیایی در فاضلاب تصفیه شده بر حسب mg/L

عناصر	میانگین حسابی ماهانه	حداکثر مقدار در یک اندازه گیری منفرد
آلومینیوم	۵	۱۲٫۵
بلریم	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
فلوریت	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 ۱- داده های اصلی اصلاح شده از مرجع [۲] می باشند.  
 یادآوری ۲- این جدول برای آبیاری در فلسطین تهیه شده است.

## پیوست پ

### (آگاهی دهنده)

#### مثالی از گروه‌های حساسیت آب زیرزمینی

##### پ-۱ کلیات

گروه‌های حساسیت به‌طور عمده مطابق با میزان خاک رس در زمین تعیین می‌شوند. گروه حساسیت چهارم برای مواردی است که هیچ آبخوانی زیر نواحی تحت آبیاری وجود ندارد. برای تعیین میزان رس خاک، باید آزمایش الک‌کردن ساده در خاک، برای شناسایی هرگونه ذرات رس کمتر از  $2\mu\text{m}$  انجام شود (به منبع [۱] کتاب‌نامه مراجعه شود).

##### پ-۲ گروه حساسیت اول (I)

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

##### پ-۳ گروه حساسیت دوم (II)

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

##### پ-۴ گروه حساسیت سوم (III)

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

##### پ-۵ گروه حساسیت چهارم (IV)

حساسیت «صفر» خاص مناطقی است که در آن هیچ آبخوانی در زیر منطقه تحت آبیاری و هیچ تداوم هیدرولوژیکی برای انتقال آب به آبخوان مجاور وجود ندارد (مانند یک لایه خاک سخت). این مهم است که تاکید شود که در صورت عدم وجود دانش قبلی مشخصی از آب‌شناسی زیرزمینی، محل را باید طوری در نظر گرفت مثل اینکه یک آبخوان در زیر سطح وجود دارد (به عنوان مثال استفاده از گروه حساسیت چهارم باید تنها پس از تجزیه و تحلیل هیدرولوژیکی کامل انجام شود). اندازه‌گیری میزان رس باید حداقل در سه مکان از هر هکتار انجام شود (در جایی که منطقه همگن است، به عبارتی هیچ تغییری در خاک وجود ندارد).

جدول پ ۱- مثالی از سطح خطر آب زیرزمینی و آب سطحی برای توصیف حد آستانه آلاینده‌ها در فاضلاب  
تصفیه شده

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	I	آبخوان کم عمق یا بدون لایه حفاظتی رس	۱	۲	۳	۳	
	II	آبخوان عمیق با لایه حفاظتی رس	۱	۲	۳	۳	
	III	آبخوان عمیق با لایه حفاظتی قابل توجهی از خاک رس	۱	۱	۲	۲	
	IV	بدون آبخوان با تداوم هیدرولوژیکی	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 سطحی
				رواناب سطحی			

## کتابنامه

- [1] WHO. Guidelines for the Safe Use of Wastewater. Excreta and Greywater, 2006.
- [2] Ayers R.S., & Westcot D.W. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29. Food and Agriculture Organization. United Nations, Rome, 1994.
- [3] UNEP. World Atlas of Desertification. 1997.
- [4] Rhoades J .D. K andiah A., Mashali A.M. 1992. The use of saline waters for crop production. FAO irrigation and drainage paper 48.
- [5] Hoffman G.J., Rhoades J.D., Letey J. In: Management of Farm Irrigation Systems. Edited by: G.J. Hoffman, T.A. Howell and K.H. Solomon. The American Society of Agricultural Engineers, Michigan, US, 1990, pp. 667-715.
- [6] Maas E.V. In: Salt tolerance of plants. The Handbook of Plant Science in Agriculture. (Christie B.R., & Press C.R.C. eds). Bora Raton Florida, 1984
- [7] Schacht K., Gonster S., Juschke E. Evaluation of soil sensitivity towards the irrigation with treated wastewater in the Jordan river region. Water. 2011, 3 (4) pp. 1092-1111
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] ISO 16075-2, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 2: Development of the project
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۱۳۴۷: سال ۱۳۹۵، طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری - قسمت ۲: توسعه طرح - راهنما، با استفاده از ISO 16075-2:2015 تدوین شده است.
- [11] ISO 16075-3, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 3: Components of a reuse project for irrigation
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۳-۲۱۳۴۷: سال ۱۳۹۵، طرح‌های استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری - قسمت ۳: اجزاء طرح استفاده مجدد برای آبیاری - راهنما، با استفاده از ISO 16075-3:2015 تدوین شده است.
- [12] ISO 16075-4, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 4: Monitoring