برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي كيمائي مياه الصرف الصحي – الدرجة الثانية

إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية ـ الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي V1 1-7-2015

المحتويات

إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ٢
مقدمة ٢
الخصائص الطبيعية والكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة ٣
الخصائص الطبيعية لمياه الصرف الصحي المعالجة ٦
الخصائص الكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة ٧
المعايير ٨
المواد الكيميائية الأخرى ١٧
العناصر المغذية للنباتات في مياه الصرف الصحي المعالجة ١٨
قيمة العناصر الغذائية التي تحتويها مياه الصرف الصحي المعالجة ١٨
محتوى النتروجين والفسفور والبوتاسيوم في مياه الصرف الصحي المعالجة ٢١
مشاكل زيادة عنصر النتروجين في مياه الصرف الصحي المعالجة ٢٢
تنظيم مناوبات الري ٢٤
خلط مياه الصرف الصحي المعالجة بالمياه العذبة ٢٥
المشكلات الأخرى - الانسداد ٢٥
الحلول المقترحة لتلافي مشكلة الانسداد ٢٦
كفاءة وحدات محطات المعالجة وخصائص نوعية مياه الصرف الصحي المعالجة ٢٦
معايير نوعية مياه الصرف الصحي المعالجة والمستعملة كمياه للري ٢٧
الملوحة ٢٩
القلوية: ٣٣
المواد العضوية: ٣٤
الأيونات ذات التأثيرات السمية الخاصة ٣٤
التدابير الموصي بها للتغلب على سمية الأيونات ٣٦
الخصائص البيولوجية لمياه الصرف الصحي المعالجة ٣٦
الفيروسات ٣٧
البكتريا ٤٠
البروتوزوا ٤١
الديدان الطفيلية ٤٢
استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في زراعة الجاتروفا ٤٤
الغابات الصناعية للأشجار الخشبية بمزارع محطات المعالجة ٤٥
أنواع الأشجار بالغابات الصناعية بمزارع محطات المعالجة ٤٦
أولاً أشجار النيم: ٤٦
ثانياً أشجار الجيتروفا: ٤٦
وقد تم الحصول على النتائج في جمهورية مصر العربية وهي كما يلى: ٤٦
الأعمال الهندسية اللازمة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ٤٧
رؤية استراتيجية لإعادة استخدام مياه الصرف المعالج في مصر بحلول عام ٢٠٣٠ ..... ٤٩

إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة

مقدمة

طبقاً لما تم ذكرة سابقاً فإن الغرض الرئيسي من معالجة مياه الصرف الصحي هو الحصول على فائض المعالجة بمعايير معينة تجعل المخاطر التي تتعرض لها الصحة العامة والبيئة في المستوى المناسب والمقبول، ولذلك فإن أنسب طرق معالجة مياه الصرف الصحي هي التي توفر وتضمن مياها بالنوعية الكيميائية والمكروبيولوجية المطلوبة لاستعمالات معينة بتكلفة منخفضة وبأقل قدر من متطلبات التشغيل والصيانة. وبصرف النظر عن نوع وحدات معالجة مياه الصرف الصحي، فإنها تؤدى إلى تقليل المواد الصلبة العضوية العالقة، وتزيل المحتويات الكيميائية التي قد تكون لها أثار سمية على المحاصيل وكذلك المكونات البيولوجية (أي الكائنات الممرضة) التي تعد أهم مصادر القلق بالنسبة للصحة العامة.

وكما سبق الإشارة فإنه تتم معالجة مياه الصرف الصحي على أربعة مستويات:

المرحلة الأولى (المعالجة التمهيدية): إزالة الأحجام الكبيرة من المواد الصلبة العالقة والتي تحملها مياه الصرف الصحي الخام وهذه المواد غريبة عن مكونات مياه الصرف الصحي.

المرحلة الثانية (المعالجة الابتدائية): إزالة المواد الصلبة العضوية وغير العضوية والقابلة للترسيب وحجز المواد الطافية من الزيوت والشحوم.

المرحلة الثالثة (المعالجة الثانوية (البيولوجية)): إزالة المواد العضوية وغيرها من المواد الصلبة المتبقية بعد المرحلة الأولى من المعالجة.

المرحلة الرابعة (المعالجة الثلاثية و/أو المتقدمة): إزالة مكونات محددة من مياه الصرف الصحي، مثل العناصر الغذائية، والمعادن الثقيلة التي يتم إزالتها باستخدام المرحلة الثانية. وعادة ما يتم في هذه المرحلة الرابعة تعقيم المياه بالكلور لتقليل مستوى المكونات البيولوجية وهذه المعالجة الثلاثية غير موجودة بمحافظة سوهاج.

وتعتبر مياه الصرف الصحي المعالجة فريدة في تركيبها، ولذلك يجب عند استخدامها في أغراض الري مع مراعاة مكوناتها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية. ويتضمن هذا الفصل عرضاً موجزاً للمشكلات المرتبطة بذلك، مع التركيز على الحلول المناسبة لهذه المشكلات، وكذلك فيعرض هذا الفصل شرح بعض مناهج وطرق الإدارة المتكاملة للتخفيف من حدة هذه المشكلات أو التغلغل فيها.

الخصائص الطبيعية والكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة

يتضمن جدول رقم (١) المكونات الواجب مراعاة تواجدها في مياه الصرف الصحي المعالجة والمعالم القياسية لها ودواعي القلق عند استخدام مثل هذه النوعية من المياه كمياه للري.

جدول رقم (١) المعالم الرئيسية للمكونات الواجب مراعاة تواجدها في مياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة كمياه للري ودواعي القلق منها

المكونات	المعالم القياسية	دواعي القلق
المواد الصلبة العالقة	مواد صلبة منها المتطايرة ومنها الثابتة.	في حالة صرف مياه الصرف الصحي غير المعالجة في بيئة مائية، يمكن أن تؤدى هذه المواد إلى ترسب الحمأة وعدم التهوية كما أن كثرة المواد الصلبة العالقة تؤدى إلى انسداد شبكة الري.
المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي	كمية الأكسجين التي تستهلكها المواد العضوية عند التأكسد البيولوجي والتأكسد الكيماوي	تتألف أساسا من البروتينيات والكربوهيدرات والدهون، وإذا تم تصريف هذه المواد في البيئة المائية فإن تحللها الكيماوي يمكن أن تؤدى إلى استنزاف الأكسجين المذاب في المياه المستقبلة لها، كما يمكن أن تؤدى إلى ظاهرة تعفن هذه المياه. يمكن انتقال الأمراض المعدية عن طريق الكائنات الممرضة الموجودة في مياه الصرف الصحي مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات.
الكائنات الممرضة	كائنات تستخدم كمؤشرات ومنها البكتريا البرازية	يمكن انتقال الأمراض المعدية عن طريق الكائنات الممرضة الموجودة في مياه الصرف الصحي مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات.

جدول رقم (١) المعالم الرئيسية للمكونات الواجب مراعاة تواجدها في مياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة كمياه للري ودواعي القلق منها

المكونات	المعالم القياسية	دواعي القلق
العناصر الغذائية	نتروجين، فسفور، بوتاسيوم	النتروجين والفسفور والبوتاسيوم عناصر غذائية لا غنى عنها لنمو النبات، ووجودها يزيد من قيمة المياه في الري. وعند تصريف النيتروجين والفسفور في بيئة مائية يمكن أن يؤديا إلى نمو أحياء مائية غير مرغوبة أما النتروجين فعندما يتم تسريبه بكميات زائدة في الأرض، فإنه يؤدى إلى تلوث المياه الجوفية.
المواد العضوية الثابتة (مستعصية)	مركبات معينة (مثل أنواع الفينول، والمبيدات، والهيدروكربونات المعاملة بالكلور)	هذه المواد العضوية تميل إلى مقاومة الطرق التقليدية لمعالجة مياه الصرف الصحي، وبعض المركبات العضوية سامة للبيئة، وقد يؤدى وجودها في مياه الصرف الصحي إلى الحد من صلاحيتها للري.
نشاط أيونات الهيدروجين	درجة حموضة أو قلوية الماء (pH)	درجة حموضة أو قلوية مياه الصرف الصحي تؤثر على قدرة المعادن على الذوبان كما تؤثر على قلوية التربة، وتتراوح هذه الدرجة في مياه الصرف الصحي الناتجة عن الصرف الصحي المنزلي بين ٦,٥، ٨,٥، ولكنها تختلف كثيراً في مياه الصرف الصناعي.
المعادن الثقيلة	عناصر معينة (مثل الكادميوم، والرصاص، والنيكل، والزئبق)	بعض المعادن الثقيلة تتراكم في البيئة وقد تكون سامة للنبات والحيوان، وقد يقلل وجودها من صلاحية مياه الصرف الصحي للري.

جدول رقم (١) المعالم الرئيسية للمكونات الواجب مراعاة تواجدها في مياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة كمياه للري ودواعي القلق منها

المكونات	المعالم القياسية	دواعي القلق
المواد غير العضوية المذابة	إجمالي المواد الصلبة الذائبة، والتوصيل الكهربائي، وعناصر معينة (مثل الصوديوم، والكالسيوم، والماغنسيوم، والكلور والبورون)	الملوحة الزائدة ربما تتلف بعض المحاصيل. وبعض الأيونات مثل الكلور يد والصوديوم والبورون قد تؤدى إلى تسمم بعض المحاصيل. أما الصوديوم فإنه ربما يسبب مشكلات تتعلق بنفاذية التربة.
الكلور المتبقي	كلور منفرد وكلور متحد	وجود كميات زائدة من الكلور المنفرد المتاح (>5mg/L Cl_2) ربما يؤدى إلى احتراق أطراف أوراق النبات وإلى أضرار على النباتات الحساسة. ولكن معظم الكلور الموجودة في مياه الصرف الصحي المعالجة يكون متحداً مع غازات أخري، ولهذا لا يؤدى إلى إتلاف المحصول، وهناك إحتمال أن تتسبب المواد العضوية المكلورة إلى تلوث المياه الجوفية.

الخصائص الطبيعية لمياه الصرف الصحي المعالجة

١ العكارة

وهي تنتج من وجود الغرويات العالقة في مياه الصرف الصحي وهي تصلح كمؤشر أولى لتواجد المواد الصلبة غير الذائبة في حالة التركيزات المنخفضة منها.

٢ اللون

لون مياه الصرف الصحي المعالجة لا يعطى دلالة مباشرة عند استخدامها في الري، ولكنه يعطى دلالة أولية عن مدى التحلل ونسبة الطحالب الخضراء التي تسبب بعض المشاكل في بعض نظم الري.

٣ الرائحة

تصبح الرائحة ذات أهمية ملموسة، ويجب مراعاتها عندما تحيط كتلة سكنية بالمنطقة الزراعية التي يتم ريها بمياه الصرف الصحي المعالجة. وعموما ترتبط الرائحة بشكل أو بآخر بنوع أو طريقة المعالجة. فهناك طرق معالجة مثل برك الأكسدة اللاهوائية لها أثر بالغ في أحداث الرائحة الكريهة، بينما هناك طرقا أقل أثرا مثل طريقة التهوية الممتدة أو البرك المهواة.

٤ درجة الحرارة

وهي تؤثر على معظم متغيرات الصرف الصحي، فهي تؤثر على معدل النمو الحيوي ومعدلات التخلص من المسببات المرضية وعلى معدلات الترسيب للمواد الصلبة بمياه الصرف الصحي.

الخصائص الكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة

١ – المواد الصلبة

تلعب المواد الصلبة دورا رئيسياً عند استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة ولذا فإن مؤشرات المواد الصلبة الذائبة والغير الذائبة القابلة لترسيب ومؤشرات أساسية عند تصميم وتنفيذ نظم المعالجة، كما أن نوع الأيونات وتركيزات الأملاح في المياه تؤثر إلى حد بعيد على نوعية المياه وتلعب دوراً رئيسياً في اختيار نظم المعالجة المناسبة للري.

٢ – الأكسجين المستهلك حيويا كيمياوياً (BOD_5, COD)

وهما من أهم مؤشرات تركيز المواد العضوية في مياه الصرف الصحي المعالجة ويعبران عن كميات الأكسجين التي تحتاجها المياه حتى يتم أكسدة جميع المواد الذائبة سواء بطريقة حيوية أو بطريقة كيماوية ولذلك فإن تلك المؤشرات تعكس مستوى تركيز المواد الذائبة العضوية وغير العضوية في مياه الصرف الصحي وتستخدم تلك المؤشرات في الحكم على مدى تلوث مياه الصرف الصحي وعلى كفاءة عمليات المعالجة وجودة المخرجات كما هو موضح بالجداول أرقام (٢)،(٣)،(٤) بالنسبة لبعض الولايات بأمريكا.

جدول رقم (٢) معايير مياه الصرف الصحي المعالجة في قنوات الري في كلورادو Colorado , USA

المعايير / العناصر	الحد الأعلى (ملليجرام / لتر)	
	متوسط ٧يوم	متوسط ٣٠ يوم
– الأكسجين الحيوي الممتص BOD_5	٤٥	٣٠
– المواد العالقة S.S		
– معالجة ثانوية	٤٥	٣٠
– برك أكسدة مهواه	١١٠	٧٥
– برك أكسدة غير مهواة	١٦٠	١٠٥
– الكلور المتبقي	< ٠,٥	
– الزيوت والشحوم	١٠	لا يوجد

٣ – الملوحة ونوعية الأملاح المختلفة

من المعروف أن قيمة مياه الري تعتمد بالضرورة على نوع الأملاح الذائبة، ودرجات تركيزها المختلفة. فالأملاح المذابة في المياه تؤثر على الأراضي المروية بها فنتيجة للمتغيرات التي تحدثها التركيزات المرتفعة للأملاح المذابة على الضغط الأسموزي تقل قدرة جذور النباتات على امتصاص المياه من النطاق الرطب في التربة. كما أن هناك بعض الأملاح الذائبة (الكلوريدات) ذات أثر سام على النبات. كما أن البورون عند تركيزات شديدة الانخفاض يضر بشده العديد من المحاصيل المختلفة. ولا يتوقف أثر الأملاح المذابة على النباتات بل يمتد أثرها وبدرجات مختلفة على التربة وغالباً ما تأتى بنتائج غير مرغوب فيها كما هو موضح بالجدول رقم (٣).

٤ –العناصر النادرة Trace elements

هي مجموعة من العناصر المعدنية التي توجد في التربة وفي مياه الصرف الصحي المعالجة وبتركيزات قليلة لذا تعرف بالعناصر النادرة لأن تركيزاتها لا تتجاوز عدة ملليجرامات/لتر. وتعرف هذه العناصر في مجال تغذية النبات وخصوبة التربة بأنها العناصر الصغرى،

(minor elements) أو العناصر الغذائية الدقيقة (Micronutrients) وهذا يشير إلى درجة تركيزها وليس إلى أهميتها وذلك على غرار الدور الذى تقوم به الفيتامينات في جسم الإنسان فمثلا وجود بضعة أجزاء في المليون من الحديد في التربة يعد من الأمور الأساسية لسلامة نمو النبات ولا تتضمن التحاليل الروتينية للتربة ولمياه الري في العادة تقدير هذه العناصر الغذائية الدقيقة مالم يكن هناك ما يشير إلى نقص (deficiency) أحد هذه العناصر.

جدول رقم (٣) معايير الحدود المسموح بها لاستخدام المياه في الزراعة Utah , USA

المعايير / العناصر	لا توجد مشاكل	بداية المخاطر	مخاطر شديدة
– الأملاح الكلية الذائبة ملليجرام / لتر	< ٤٨٠	٤٨٠	١٩٢٠<
– الأملاح الكلية الذائبة بعد الترسيب ملليجرام /لتر	< ١٢٨	١٩٠<	٣٢٠
– صوديوم المدمص SAR		٣٢٠>	
– الأس الهيدروجيني	٦>	٩–٦	٩>
– سمية بعض العناصر:			
– البورون ملليجرام / لتر	< ٠,٥	٢,٠– ٠,٥	١٠
– الصوديوم (ري سطحي) ملليجرام / لتر	٣>	٩–٣	٩<
– الصوديوم (رش) ملليجرام / لتر	٦٩>	٦٩ <	
– الكلوريد (ري سطحي) ملليجرام / لتر	١٤٢>	٣٥٥– ١٤٢	٣٥٥<
– الكلوريد (رش) ملليجرام / لتر	١٠٦>	١٠٦<	

– تأثير بعض العناصر:			
– النتروجين ملليجرام / لتر	٥>	٣٠	٣٠<
– البيكروبونات ملليجرام / لتر	٩٠>	٩٠–٢٥٠	٢٥٠<

جدول رقم (٤) المعايير القياسية لمياه الصرف الصحي المعالجة USA , Utah

المعايير / العناصر	معالجة ثانوية	معالجة ثانوية ونهائية
– الأكسجين الحيوي الممتص BOD_5(ملليجرام/لتر)		
– المتوسط	٢٥	٠
– متوسط ٧يوم	٣٥	٢٠
– التخلص %	٨٥	–
– المواد الصلبة العالقة (ملليجرام / لتر)		
– متوسط ٣٠ يوم	٢٥	١٠
– متوسط ٧ يوم	٣٥	١٢
– التخلص	٨٥	–
– بكتريا القولون (خلية /١٠٠مل)		
– متوسط ٣٠ يوم	٢٠٠٠	٢٠٠
– متوسط ٧يوم	٢٥٠٠٠	٢٥٠
– بكتريا القولون البرازية (خلية /١٠٠مل)		
– متوسط ٣٠ يوم	٢٥	---
– متوسط ١٠يوم	٢٥٠	---
– رقم الـ pH		٩ .٦

أما في تحليل المياه الصرف الصحي المعالجة، فإن تحديد هذه العناصر يعد من الضروري الالتزام بالحدود القصوى كما هو موضح في جداول أرقام (٥)، (٦) وخصوصاً إذا كانت مخلفات المصانع تصرف على شبكة الصرف الصحي. وبالرغم من أن بعض هذه المعادن تعد ضرورية لتغذية النبات فإن وجودها بتركيزات عالية في مياه الري يمكن أن تكون له أثار سمية (Toxic) ضارة بالنبات.

وفي والواقع أن جميع المعادن المشار إليها في الجداول أرقام (٥)، (٦) ليست كلها ضرورية لنمو النباتات. والمعادن التي تعد ضرورية لتغذية النبات هي الحديد (Fe) والمنجنيز (Mn) والزنك (Zn) والنحاس (Cu) والبورون (B) والمولبدنيوم (Mo).

جدول رقم (٥) الحدود القصوى المسموح بها من العناصر النادرة لمياه الري FAO200

العناصر	الحدود المسموح بها (ملجم / لتر)	
	الاستعمال طويل الأجل (١)	الاستعمال قصير الأجل (٢)
الألومنيوم (Al)	٥,٠	٢٠,٠٠
الزرنيخ (As)	٠,١٠	٢,٠٠
والبورون (B)	٠,٧٥	٢,٠٠
الكادميوم (Cd)	٠,٠١	٠,٠٥
الكروميوم (Cr)	٠,١٠	١,٠٠
الكوبلت (Co)	٠,٠٥	٥,٠٠
البريليوم (Be)	٠,١٠	٠,٥
النحاس (Cu)	٠,٢٠	٥,٠٠
الفلور (F)	١,٠٠	١٥,٠٠
الحديد (Fe)	٥,٠٠	٢٠,٠٠
الرصاص (Pb)	٥,٠٠	١٠,٠٠

جدول رقم (٥) الحدود القصوى المسموح بها من العناصر النادرة لمياه الري FAO200

العناصر	الحدود المسموح بها (ملجم / لتر)	
	الاستعمال طويل الأجل (١)	الاستعمال قصير الأجل (٢)
الليثيوم (Li)	٢,٥	٢,٥
المنجنيز (Mn)	٠,٢٠	١٠,٠٠
المولبدنيوم (Mo).	٠,٠١	٠,٠٥
النيكل (Ni)	٠,٢٠	٢,٠٠
السيلينيوم (Se)	٠,٠٢	٠,٠٢
الفناديوم (V)	٠,١٠	١,٠٠
الزنك (Zn)	٢,٠٠	١٠,٠٠

(١) يمكن استعمال نوعية مثل هذه المياه في جميع أنواع الأراضي.

(٢) يمكن استعمال المياه لمدة لا تزيد عن ٢٠ سنة وفي الأراضي الرملية المتعادلة.

جدول رقم (٦) الحدود القصوى لتركيزات العناصر الثقيلة في مياه الري طبقاً لمواصفات منظمة الأغذية والزراعة (FAO)

العناصر	التركيز الأقصى الموصي به (ملجم/ لتر)	ملاحظـــات
الألومنيوم	٥,٠	يمكن أن يؤدى إلى نقص الإنتاجية عندما ينخفض الرقم الهيدروجيني عن ٥,٥ pH أما في حالة الزيادة عن ذلك فإن هذا الأثر يختفي.
الزرنيخ	٠,١	تختلف تأثيراته السامة من نبات إلى أخر فيمكن لعشب السودان أن يحتمل ١٢ ملجم / لتر. بينما لا يمثل الأرز أكثر من ٠,٥ ملجم / لتر
البريليوم	٠,٠١	سام لكل من الفاصوليا والبنجر واللفت عند تركيزات تصل إلى ٠,١ ملجم/ لتر. وروعي في وضع الحد الأقصى أقل من هذه القيمة نظراً لقدرة العنصر العالية على التراكم في النباتات والتربة إلى تركيزات خطيرة للإنسان.
الكوبلت	٠,٠٥	يؤدى إلى تسمم الطماطم عند ٠,١ ملجم / لتر، ويمكن أن ينخفض تأثيره في التربة القاعدية والمتعادلة
الكروميوم	٠,١	وضعت هذه القيمة القصوى نظراً لمحدودبة المعلومات المتوافرة عن تأثير هذا العنصر.
النحاس	٠,٢	يمكن أن يؤدى إلى تسمم العديد من النباتات في المدن من ٠,١ الى ١,٠٠ ملجم / لتر.
الفلوريد	١,٠	تحبط التربة القلوية والقاعدية تأثيراته.
الحديد	٥,٠	لا يؤثر على النباتات في التربة المهواه، ولكنه يمكن أن يسهم في زيادة الحامضية وفقد بعض من الفسفور والمولدنيوم الضروري للتربة

اللثيوم	٢,٥	يمكن احتمال معظم المحاصيل لتركيزات تصل الى ٥ ملجم / لتر، لكن الموالح تتأثر إلى حد كبير بتركيزاته المنخفضة (أكبر من ٠,٧٥ ملجم / لتر)
المنجنيز	٠,٢	يمكن أن يؤثر بالضرر على عدد كبير من المحاصيل في المدى من عدة أعشار إلى عدة ملليجرامات في اللتر، ولكن التربة الحامضية تلاشى تأثيره.
المولدينيوم	٠,٠١	عند التركيزات العادية لا يؤدى إلى أضرار للمحاصيل، ولكنه يؤدى إلى أثار ضارة على الثروة الحيوانية عند استخدام الأعلاف المزروعة في تركيزات مرتفعة للعنصر.
النيكل	٠,٢	يؤثر على العديد من المحاصيل في المدة من ٠,٥ الى ١,٠٠ ملجم / لتر، لكن هذا الأثر يتلاشى في التربة القاعدية أو المتعادلة.
الرصاص	٠,٥	يعوق نمو الخلايا النباتية بوجه عام عند التركيزات المرتفعة.
السيلنيوم	٠,٠٢	يؤدى إلى تسمم النباتات عند التركيزات التي تزيد عن ٠,٠٢٥ ملجم/ لتر، ويؤثر على الثروة الحيوانية في حالة استخدام الأعلاف المزروعة في ظروف التركيزات المرتفعة. كما أنه عنصر ضروري للنباتات عند تركيزاته المخفضة.
القصدير	–	احتمال النباتات له غير معرفة
التتانيوم	–	احتمال النباتات له غير معرفة
النجستين	–	احتمال النباتات له غير معرفة
الفناديوم	٠,١	يؤثر على العديد من النباتات عند التركيزات المنخفضة
الزنك	٢,٠	يؤثر على العديد من النباتات وهذا التأثير ينخفض عندما يرتفع الرقم الهيدروجينى عن ٦,٠٠ وأيضا عندما تتميز التربة بالنعومة وارتفاع تركيزات المواد العضوية بها.

نلخص من ذلك بأن وجود هذه العناصر في مياه الري باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة، بتركيزات معينة يعد مفيداً وله قيمته.

ومع ذلك فإن أكبر المخاطر الصحية فيما يتصل بهذه العناصر، التي تسمى أيضاً بالمعادن الثقيلة (التي تتجاوز كثافتها ٤ جم/سم^{٣}) هي المخاطر المرتبطة بتلوث المحاصيل، وأخطر هذه العناصر الكادميوم (Cd) والسيلينيوم (Se) الزئبق (Hg).

ويساعد انخفاض رقم حموضة التربة (إلى أقل من ٦ pH) على إحداث هذا الأثر ولحسن الحظ أن ذلك لا يعد شائعا في معظم أنواع التربة بمنطقة الشرق الأوسط الذى تنشر فيه أنواع التربة القلوية (رقم الحموضة أعلى من ٧ pH).

ومن الجوانب الأخرى المناسبة في هذا الصدد أن معظم هذه المعادن الثقيلة تكون على شكل أوكسيدات أو هيدروكسيدات في مياه الصرف الصحي المعالجة ويتم ترسيبها أثناء عمليات المعالجة وبذلك تصبح جزءا من المواد الجامدة أو الحمأة (Sludge) الناتجة من عملية المعالجة.

لذلك فمن المهم تقنين معدلات إضافة الحمأة إلى التربة بطريقة مأمونة ومناسبة لتلافي مخاطر التلوث بالمعادن الثقيلة نتيجة لإضافة الحمأة إلى التربة وتراكمها لسنوات طويلة، وقد وضعت في كثير من البلدان بعض الخطوط التوجيهية وطبقت معايير للأمان فيما يتعلق بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بما في ذلك نوع التربة والمحاصيل ونظم الري والظروف المناخية وغيرها. ومن الواضح أنه من المطلوب إجراء المزيد من البحوث في هذا المجال لوضع خطوط توجيهية تنظم الاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي المعالجة ونواتجها.

الاعتبارات الواجب مراعاتها عند وجود العناصر النادرة والمعادن الثقيلة:

تنحصر المشكلة في إذا ما كانت هذه العناصر النادرة تمثل مخاطر صحية و/أو بيئية شديدة وعموماً فإن المعادن الثقيلة والعناصر النادرة لا ينبغي النظر إليها على أنها تمثل مشكلة ملحة أو خطيرة لسببين هما:

- أن تركيز المعاد الثقيلة في مياه الصرف الصحي الناتجة عن الاستهلاك المنزلي منخفض نتيجة لقلة أنشطة الصناعات الثقيلة.

- كما أن أنواع التربة المصرية التي ترتفع فيه غالبا نسبة كربونات الكالسيوم والتي تؤدى إلى تجاوز الرقم الهيدروجيني (pH) لرقم ٧، وهذا يؤدى إلى تثبيط نشاط المعادن الثقيلة والحد من انتقالها إلى المحاصيل وتركيزها فيها، وفي مثل هذه الظروف تصبح المعادن الثقيلة غير متاحة للامتصاص وتكون الحدود القصوى والتركيزات التي تتجاوز ما جاء في الجدولين السابقين (٥)، (٦) مقبولة. ولذلك يمكن القول أنه:

١. ينبغي مراعاة ظروف أنواع التربة الكلسية باعتبار أن المعادن الثقيلة الموجودة في مياه الصرف الصحي المعالجة تمثل مشكلة حقيقية، وبالتالي فليس من اللازم تطبيق معاملات إدارية خاصة.

٢. أما في حالة التربة الحامضية يمكن أن تمثل المعادن الثقيلة مشكلة، وفي هذه الحالات يوصى باتباع التدابير على مستوى المزرعة:

- إضافة المواد الكلسية إلى التربة (باستخدام كربونات الكالسيوم) وبهذه الطريقة يرتفع الرقم الهيدروجيني في التربة مما يقلل من قابلية المعادن الثقيلة للذوبان.
- تجنب التسميد بالأسمدة ذات التأثير الحامضي.
- اختيار المحاصيل القادرة على تحمل مقادير معينة من المعادن الثقيلة.
- واختيار المحاصيل قليلة القدرة على تجميع معادن ثقيلة معينة وتركيزها في أنسجتها أو في أجزاء منها.

وينبغي تشجيع المزارعين على الرجوع للمختصين قبل قرارات نهائية بهذا الشأن.

المواد الكيميائية الأخرى

بالإضافة إلى المعادن الثقيلة أو العناصر النادرة المشار إليها، تحتوى مياه الصرف الصحي المعالجة أيضاً على مجموعة من المواد الكيميائية (العضوية وغير العضوية)، وهذا يرجع أساساً إلى تصريف المخالفات الصناعية في شبكة الصرف الصحي. ومن الكيماويات العضوية التي توجد في مياه الصرف الصحي الكثير من الكيماويات كالفينولات والهيدروكربونات والمبيدات الحشرية، ومبيدات الأعشاب. ويؤدى وجود معظم هذه المواد العضوية إلى الإصابة بالسرطان مما يجعلها من أهم المخاطر الصحية، ولذلك لقيت اهتماما كبير من جانب منظمة الصحة العالمية (WHO) ومن المرجح أن المخاطر الصحية المرتبطة بهذه المركبات تنشأ من سوء استخدامها في المناطق المروية أكثر من مما تنشأ من استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة التي تحتوى على نسب من هذه المركبات.

ومن ناحية أخري، تعد النترات NO_3 من أهم المركبات غير العضوية التي تضر بالبيئة بالإضافة إلى المعادن الثقيلة المشار إليها ومع أن جميع التقارير والوثائق تؤكد على وجود النترات في مياه الصرف الصحي المعالجة، فإن تركيزها أعلى بكل تأكيد في مياه الصرف الزراعي نظراً لتسرب الكميات الزائدة من الأسمدة النيتروجينية التي تضاف إلى التربة في مياه الصرف الزراعي. وقد أسترعى تلوث موارد المياه الجوفية بالنترات اهتماما واسعا في جميع أنحاء العالم.

ولا سيما من جانب الباحثين والمعنيين بشئون البيئة. ومن الأمثلة التي تؤكد خطورة هذه المشكل أن الاستثمارات التي أنفقتها الولايات المتحدة الأمريكية للتحكم في نسب تركيز النتروجين والفسفور بمنطقة البحيرات الكبرى على مدى عشر سنوات فقط تجاوزت قيمتها عدة مليارات من الدولارات.

العناصر المغذية للنباتات في مياه الصرف الصحي المعالجة

إن قدرة مياه الصرف الصحي المعالجة على تزويد التربة بما تحتويه من عناصر غذائية يمكن أن يكون من العوامل الإيجابية في نمو المحصول ولكن قد يمثل أيضاً مصدر تلوث للبيئة، وهذا يعتمد أساساً على الأساليب التي يطبقها المزارعون. ويعد وجود العناصر الغذائية من الخصائص التي تنفرد بها مياه الصرف الصحي المعالجة وهذه يحرص عليها المزارعون بدرجة كبيرة. ولهذا السبب، وضعت مدونة سلوك للتسميد الجيد ضمن هذا الدليل والغرض منها هو توضيح الأبعاد الجديدة لاستعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الري بطريقة رشيدة، ومريحة ومأمونة من الناحية البيئية.

قيمة العناصر الغذائية التي تحتويها مياه الصرف الصحي المعالجة

تحتوى المواد العالقة والغروية والمذابة في مياه الصرف الصحي المعالجة على عناصر غذائية كبري (macronutrients) وعناصر غذائية صغري (micronutrients) لها دور أساسي في تغذية المحاصيل. ومع ذلك قد يتجاوز ما تحتويه من العناصر الغذائية احتياجات المحصول، ما يمثل خطرا محتملاً لتلوث المياه الجوفية، كذلك قد تؤدى هذه العناصر الغذائية الزائدة عن حاجة النبات إلى مشكلات تتصل بزيادة نمو المجموع الخضري للنبات، وتأخر النضج أو عدم انتظامه، أو الأضرار بجودة المحاصيل لذلك يجب حساب الناصر الغذائية الموجودة في مياه الصرف الصحي المعالجة ومراعاتها في البرنامج العام للتسميد. وهنا من اللازم إجراء تحليل لمياه الصرف الصحي المعالجة مرة واحدة على الأقل قبل بداية موسم الزراعة.

وتوجد بمياه الصرف الصحي المعالجة عناصر غذائية عديدة لها أهميتها في زراعة المحاصيل والحدائق، ومنها النتروجين، والفسفور، وأحيانا البوتاسيوم، والزنك والبورون، والكبريت وعلاوة على ذلك، فإن المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي المعالجة لها تأثير طويل الأجل على خصوبة التربة، ويمكن أن تسهم في تثبيت بنية التربة.

ويمكن بالاستعانة بالجدول رقم (٧)، للوصول إلى التقدير السليم للعناصر الغذائية التي تحتويها مياه الصرف الصحي المعالجة، استنادا إلي نتائج تحليلها الكيماوي.

وهنا تجدر الإشارة إلى أنه قد لا يكون من اللازم استخدام أية أسمدة في حالة زراعة محاصيل معينة كما يمكن أن يساعد استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة على زيادة المحصول وتحسين نوعيته.

جدول رقم (٧) مستويات مختلفة من العناصر الغذائية المحملة في مياه الصرف الصحي المعالجة وما يقابلها من كميات العناصر السمادية.

مقننات مياه الري(م^3/ هكتار/ سنة)	مستويات تركيز العناصر المغذية في مياه الصرف الصحي المعالجة (ملليجرام /لتر)								
	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠	٥٠
	كميات العناصر المغذية المضافة مع الري (كجم/هكتار/سنة)								
١٠٠٠	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠	٥٠
٢٠٠٠	١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠
٣٠٠٠	١٥	٣٠	٤٥	٦٠	٧٥	٩٠	١٠٥	١٢٠	١٥٠
٤٠٠٠	٢٠	٤٠	٦٠	٨٠	١٠٠	١٢٠	١٤٠	١٦٠	٢٠٠
٥٠٠٠	٢٥	٥٠	٥	١٠٠	١٢٥	١٥٠	١٧٥	٢٠٠	٢٥٠
٦٠٠٠	٣٠	٦٠	٩٠	١٢٠	١٥٠	١٨٠	٢١٠	٢٤٠	٣٠٠
٧٠٠٠	٣٥	٧٠	١٠٥	١٤٠	١٧٥	٢١٠	٢٤٥	٢٨٠	٣٥٠
٨٠٠٠	٤٠	٨٠	١٢٠	١٦٠	٢٠٠	٢٤٠	٢٨٠	٣٢٠	٤٠٠
٩٠٠٠	٤٥	٩٠	١٣٥	١٨٠	٢٢٥	٢٧٠	٣١٥	٣٦٠	٤٥٠
١٠٠٠٠	٥٠	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠	٣٥٠	٤٠٠	٥٠٠

١ النتروجين

يتراوح محتوى مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة عن الاستخدام المنزلي من النتروجين، بعد مرحلة المعالجة الثنائية، بين ٢٠ و٦٠ ملليجرام/لتر. وعليه يمكن أن تكون كمية النتروجين المضاف بمياه الصرف الصحي المعالجة أكثر من احتياجات المحصول. ومن الضروري معرفة نسبة تركيز النتروجين في مياه الصرف الصحي المعالجة وأساليب الإدارة السليمة للنتروجين والفسفور والبوتاسيوم حتى يمكن التغلب على المشكلات المرتبطة باحتمال ارتفاع نسبة تركيز النتروجين.

٢ الفوسفور

يتراوح محتوى مياه الصرف الصحي المعالجة من الفسفور، بعد مرحلة المعالجة الثنائية، بين ٦ و ١٥ ملليجرام /لتر (أو ما يعادل ١٣٥ بصورة P_2O_5)، مالم يتم التخلص من هذه النسبة أثناء المعالجة. وينبغي أن تتم عملية تقييم الفوسفور في المياه العادمة جنباً إلى جنب مع إجراء الأجراء الاختبارات على التربة حتى يمكن وضع خطة التسميد المناسبة.

٣ البوتاسيوم

أن تركيز البوتاسيوم في مياه الصرف الصحي المعالجة لا يتسبب في تأثيرات ضارة على النبات أو البيئة، حيث أن البوتاسيوم من العناصر الغذائية الكبرى التي تحدث تأثيرات إيجابية على خصوبة التربة، وغلة المحصول، ونوعيته. ويتراوح محتوى مياه الصرف الصحي المعالجة من البوتاسيوم، بعد مرحلة المعالجة الثنائية، بين ١٠ –٣٠ جرام/لتر (أو ما يعادل ١٣٦ بصورة K_2O) ويجب أن يؤخذ هذا المقدار في الإعتبار، لدى وضع برنامج التسميد تبعاً لاحتياجات المحصول.

العناصر المغذية الأخرى

تحتوى مياه الصرف الصحي المعالجة، في معظم الحالات على مقادير كافية من الكبريت، والزنك والنحاس وغيرها من العناصر الغذائية الصغرى. أما البورون فيجب أن يكون محل اهتمام خاص. فرغم أن مياه الصرف الصحي المعالجة تحتوى على عنصر البورون بمقدار يكفي لتصحيح نقص هذا العنصر، فانه يوجد بمقادير زائدة في بعض أنواع مياه الصرف الصحي المعالجة، مما يؤدى إلى المشكلات المرتبطة بإصابة النبات بالتسمم. وللتغلب على مشكلة البورون، يوصى بإتباع نفس التدابير التي تتبع في حالة المياه المحتوية على نسب عالية من الأملاح الذائبة (أي اختيار المحاصيل، وغسيل التربة، وتنظيم مناوبات الري، واختيار نظام الري الملائم). وينبغي عموماً أن يتذكر المزارعون ما يلى فيما يتعلق بعنصر البورون:

- أن أشجار الفواكه أكثر حساسية للبورون من محاصيل الخضر.
- وأنه في حالة وجود البورون بتركيزات عالية نسبياً فمن المفضل زراعة المحاصيل الحولية.

محتوى النتروجين والفسفور والبوتاسيوم في مياه الصرف الصحي المعالجة

يمكن أن يختلف تركيز النتروجين والفسفور في مياه الصرف الصحي المعالجة بعد المرحلة الثنائية من المعالجة اختلافا كبيراً تبعاً لمصدر مياه الصرف الصحي المعالجة وعملية المعالجة نفسها. وعادة تكون تركيزات النتروجين والفسفور في مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة عن وحدات المعالجة التقليدية أعلى مما هي في المياه الناتجة عن برك التهوية أو الأكسدة وعموما، تنخفض نسبة النتروجين والفسفور أثناء عملية المعالجة ولكن البوتاسيوم يبقى في حدود المستويات التي كانت قبل المعالجة.

ويوضح الجدول رقم (٨) مقادير تركيز النتروجين والفسفور والبوتاسيوم الممكن إضافتها لدى استخدام ١٠٠٠ مم للهكتار في مياه الصرف الصحي المعالجة المستعملة في الري. ومن الواضح أن كمية العناصر المغذية تعتمد على الكمية إجمالية للمياه المضافة. ومن المفترض أنه لزيادة فعالية العناصر المغذية ينبغي أن يستند الري على الاحتياجات المائية للمحاصيل.

جدول رقم (٨) إمكانيات التسميد عن طريق استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة للري (المكتب الإقليمي للشرق الأوسط سنة ١٩٩٢)

تركيز العناصر الغذائية (ملجم/لتر)	النتروجين	الفوسفور	البوتاسيوم
العناصر الغذائية التي تضاف سنوياً (كجم) من خلال مياه الري المضافة بمعدل ١٠٠٠٠ متر مكعب/هكتار(١٠٠٠مم)	٤٠ ٤٠٠	١٠ ١٠٠	٣٠ ٣٠٠

وهذه المعدلات توفر لعدد من المحاصيل الزراعية جميع احتياجاتها أو ربما اكثر من عنصر النتروجين، كما توفر جانباً كبيراً من احتياجات النبات من الفوسفور والبوتاسيوم. وفي هذا الصدد، ينبغي دراسة كل محصول على انفراد بعناية لتقدير احتياجاته من الأسمدة التكميلية وقد تكون العناصر الغذائية المتوافرة في مياه الصرف الصحي المعالجة، في بعض الحالات، أكثر مما هو مطلوب لتحقيق النمو المتوازن للمحصول. وقد يمثل ذلك مشكلة بالنسبة لبعض المحاصيل مثل دوار الشمس، والقطن وبعض أصناف الفاكهة. وفي هذه الحالة، يمكن التغلب على المشكلة باختيار التركيب المحصولي المناسب و/أو خلط مياه الصرف الصحي المعالجة بمياه عذبة للتقليل من مقادير العناصر السمادية المضافة من خلال الري.

مشاكل زيادة عنصر النتروجين في مياه الصرف الصحي المعالجة

١ – تقدير نسبة تركيز النتروجين

من اللازم إجراء تحليل كيميائي لتقدير نسبة النتروجين في مياه الصرف الصحي المعالجة. وعلى أساس هذا التحليل يمكن للمزارع أن يحسب مقدار النتروجين المضاف إلى التربة من خلال مياه الصرف الصحي المعالجة المستعملة في الري. وينبغي خصم هذه الكمية من مقدار السماد اللازم للمحصول ولسهولة الوصول إلى هذه التقديرات، ينبغي على المزارع أن يتذكر أن:

جزء في المليون = ملليجرام / لتر = واحد جرام / متر مكعب من مياه الري

يعتمد مقدر النتروجين وغيره من العناصر الغذائية إلي تضاف إلى التربة عن طريق المياه الصرف الصحي المعالجة على كمية مياه الري، ولذا يجب أن يكون المزارع مدركاً لطريقة الري المناسبة.

اختيار المحصول المناسب اعتمادا على مستوى النتروجين

من اللازم اختيار المحصول اعتمادا على مستوى النتروجين في مياه الصرف الصحي المعالجة لغرضين هما:

الغرض الأول: تحقيق أفضل استفادة ممكنة من النتروجين الموجودة في مياه الصرف الصحي المعالجة

إذا كان المقدار النتروجين الموجود في مياه الصرف الصحي المعالجة غير كاف، يلزم إعطاء كمية من السماد النيتروجيني حتى يمكن تحقيق غلة اقتصادية من المحصول. وفي حالة الاستخدام طويل الأجل للمياه العادمة، ينبغي ضبط مستويات السماد النيتروجيني المضاف لتعويض كميات النتروجين التي يمتصها النبات بالإضافة إلي الكميات التي تفقد من جراء تطاير النتروجين وتلك التي تفقد بالغسيل. وتتضمن الفصول التالية تحديد احتياجات أهم المحاصيل من النتروجين والفسفور والبوتاسيوم.

الغرض الثاني : تجنب حدوث تلوث بالنترات

تتمتع بعض المحاصيل (مثل حشيشة السودان، وحشيشة برمودا، والسوداكس، وحشيشة رودس) بقدرة عالية على إزالة النتروجين من التربة، وإلا فإنه يتسرب إلى أعماق التربة في صورة نترات (NO_3–N) مما يؤدى إلى تلوث المياه الجوفية. وترجع قدرة هذه المحاصيل على إزالة النترات من التربة للأسباب التالية:

أ. قدرتها على تجميع النترات.

ب. يمكن حشها أكثر من مرة في الموسم الواحد، وبذلك يمكن الاستفادة من قدرة المحصول على النمو.

ج. محتواها من النتروجين لا يتضاءل بمرور الوقت.

د. وجذورها عميقة.

تنظيم مناوبات الري

لما كانت العناصر الغذائية توجد على الدوام في مياه الصرف الصحي المعالجة، فإن أي مياه زائدة عن احتياجات المحصول قد تتسبب في مشكلة. ويمكن أن تكون هذه المشكلة بيئية أو زراعية أو كلهما. وينبغي على المزارع أن يذكر أنه في حالة الري بمياه الصرف الصحي المعالجة. يكون التقيد بمناوبات الري السليمة أكثر أهمية من التقيد بها في حالة الري بمياه ذات نوعية جيدة.

كمية مياه الري

ينبغي أن يكون الري بما يتفق مع حاجة المحصول إلى المياه وينبغي التأكيد على أنه لما كانت كمية مياه الري تختلف من مكان لآخر تبعاً للظروف المناخية، يمكن أن تكون العناصر الغذائية الموجودة في مياه الصرف الصحي المعالجة زائدة على احتياجات المحصول أو أقل منها رغم تماثل حالة الخصوبة في المواقع المختلفة. وكذلك فإن مياه الصرف الصحي المعالجة، حتى إذا تماثلت في نوعيتها، يمكن أن تكون لها أثار بيئية في مكان ما ولكن استعمالها يكون مأمونا في مكان آخر. ولذلك فمن الصعب إعطاء أرقام مطلقة للتسميد في حالة استعمال مياه الصحي المعالجة، بينما يختلف الأمر عن ذلك في حالة استعمال المياه العذبة.

عدد الريات

ينبغي أن يدرك المزارعون أنه حتى عندما تصل المحاصيل إلى مرحلة النمو الكامل يجب أن تكون كمية المياه المستعملة في كل رية متماثلة على الدوام حتى يمكن للماء أن يصل إلى عمق التربة المعين الذى تركز فيه الجذور النشطة. فنظراً لأنه لا توجد كمية مطلقة من مياه الري في جميع الظروف المناخية، ينبغي تغيير عدد الريات مع بقاء كمية المياه المستخدمة في كل رية ثابتة.

نظام الري

لتجنب التلوث بالنترات ينبغي أن يكون نظام الري من النوع الذى يتضمن انتظام تدفق المياه. وفي المحصلة النهائية، فإنه كما ارتفعت كفاءة نظام الري ارتفعت قدرة المحصول على امتصاص النتروجين وانخفضت احتمالات فقد النترات واحتمالات التلوث. ومراعاة العناية في تصميم وتركيب وادارة نظم الري بالتنقيط أو الري الدقيق أو الموضعي (micro irrigation) تزيد من كفاءة الري. وفي حالة الري بالخطوط، يجب أن يراعى المزارع أن تكون الخطوط قصيرة الطول خاصة إن لم تكن تسوية سطح الأرض جيدة.

خلط مياه الصرف الصحي المعالجة بالمياه العذبة

تخلط مياه الصرف الصحي المعالجة بالمياه العذبة إن أمكن وذلك بغرض خفض تركيز عنصر النتروجين في مياه الري.

المشكلات الأخرى – الانسداد

ينبغي الاهتمام بالمكونات التي تحتوى عليها مياه الصرف الصحي المعالجة والتي قد تتسبب في انسداد شبكات الري. وقد تكون المشكلات المترتبة على انسداد شبكات الري بالرش، أو الري بالرشاشات الصغيرة، أو الري بالتنقيط، شديدة التأثير على كفاءة الري. فنمو الفطريات الغروية والبكتريا، وغيرها عند فوهات الرشاشات والفوارات أو في خطوط الأنابيب وكذلك وجود تركيزات عالية من الطحالب والمواد العالقة يمكن أن يؤدى إلى الانسداد.

وتحدث أخطر مشاكل الانسداد في حالة الري بالتنقيط. ولذلك يجب ترشيح مياه الصرف الصحي المعالجة قبل استعمالها. ومن هذا تحتاج شبكة الري بالتنقيط عند استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة إلى مزيد من الاهتمام والعناية.

الحلول المقترحة لتلافي مشكلة الانسداد

ومن الحلول المقترحة لتلاقى مشكلة الانسداد ما يلى:

١. لتلافي المشاكل الناجمة عن الطحالب العالقة التي تتراكم على سطح الماء والمشاكل الناجمة عن تراكم الحمأة في قاع الخزان، ينبغي تثبيت المضخة على عمق متر واحد تقريباً من سطح الماء.
٢. الترشيح: يجب ترشيح المياه قبل استعمالها في الري، وهذا يتوقف على درجة تركيز المواد الصلبة والطحالب وغيرها من الشوائب. ومن اللازم استخدام مرشحات الحصى أو الرمال أو غيرها من أنواع المرشحات في حالة نظم الري الموضعي (micro-irrigation systems).
٣. اختيار طريقة الري: ينبغي تجنب استخدام نظم الري الموضعي في حالة وجود شوائب وعدم وجود نظام للترشيح. وقد يكون من الأفضل استخدام الري بالرش، وهذا يتوقف على نوع المحصول. وربما كان من الأفضل إتباع طريقة الري السطحي بشرط مراعاة العناية بتسوية الأرض.

كفاءة وحدات محطات المعالجة وخصائص نوعية مياه الصرف الصحي المعالجة

من المرغوب فيه بدرجة كبيرة، في النظم المتكاملة للمعالجة للحصول على مياه الصرف الصحي المعالجة واستعمالها في أغراض الري، أن يكون هناك ضمان لدرجة كفاءة المعالجة مع استمرار عملية الرصد، وهذه الجوانب أيضاً لا تقع تحت سيطرة المزارع، ولذلك فعند التخطيط لإقامة مشروعات جديدة لمعالجة مياه الصرف الصحي والحصول على مياه الصرف الصحي المعالجة واستعمالها وتنفيذ هذه المشروعات ينبغي أن تكون الاستخدامات المقصودة من مياه الصرف الصحي المعالجة والمستخدمة كمياه للري هي التي تحكم مستوى المعالجة ومدى إمكانية الوثوق بها وكيفية تشغيلها، ومع ذلك ففي وحدات المعالجة القائمة تكون نوعية مياه الصرف الصحي المعالجة الناتجة معروفة سلفاً ويكون المزارعون مضطرين إلى تعديل طرق الإدارة التي يطبقونها بما يتفق مع نوعية مياه الصرف الصحي المعالجة التي يحصلون عليها.

معايير نوعية مياه الصرف الصحي المعالجة والمستعملة كمياه للري

تكون الخواص الكيميائية والفيزيائية مياه الصرف الصحي المعالجة مماثلة لأي مياه أخري تستعمل في الري. وفي هذا الصدد، يمكن استخدام الخطوط التوجيهية العامة الموضحة في الجدول رقم (٩) لتقييم مياه الصرف الصحي المعالجة لاستعمالها في أغراض الري من حيث محتوياتها من المواد الكيميائية مثل الأملاح المذابة، ونسبة الصوديوم المدمصة والأيونات ذات السمية. وتكون التدابير المتبعة في ذلك هي نفس التدابير التي تطبق مع أنواع المياه الأخرى.

جدول رقم (٩) الخطوط التوجيهية لتحديد نوعية مياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة في الري (منظمة الأغذية والزراعة سنة ١٩٨٥)

مشاكل الري المحتملة	الوحدة	درجة تفيد الاستعمال		
		لا توجد قيود	قيود خفيفة إلى متوسطة	قيود مشددة
الملوحة: التوصيل الكهربائي (EC)[1]	(dS/m)	٠,٧>	٠,٣ – ٠,٧	٣,٠<
المواد الصلبة الذائبة (TDS)	ملجم/لتر	٤٥٠>	٢٠٠٠-٤٥٠	٢٠٠٠<
التسرب: معدل أدماص الصوديوم (SAR).				
والتوصيل الكهربى (ES_o)				
صفر – ٣	DS/M	٠,٧>	٢,٠-٠,٧	٠,٢<
٦-٣		١,٢>	١,٠,٣	٠,٣<
١٢-٦		١,٩>	٠,٥٠-١,٩	٠,٥<
١١٢		٢,٩	١,٣-٢,٩	١,٣<
١٢٠		٥,٠	٢,٩-٥,٠	٢,٩
٤٠-٢٠				

جدول رقم (٩) الخطوط التوجيهية لتحديد نوعية مياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة في الري (منظمة الأغذية والزراعة سنة ١٩٨٥)

مشاكل الري المحتملة	الوحدة	درجة تفيد الاستعمال		
		لا توجد قيود	قيود خفيفة إلى متوسطة	قيود مشددة
التسمم بأيونات الصوديوم				
الري السطحي	(SAR)	٣<	٩-٣	٩>
الري بالرش	meq/1	٣<	٣>	
الكلوريد	meq/1			١٠>
الري السطحي	mg/1	٤<	١٠-٤	
الري بالرش		٣<	٣>	
البورون		٠,٧<	٣,٠-٠,٧	٣,٠>
تأثيرات متنوعة				
النترات (NO_3-N)	meq/1	٥>	٣٠	٣٠>
بيكربونات (HCO_3)	meq/1	١,٥>	١,٨,٥	٨,٥>
الرقم الأيدروجيني	تتراوح النسبة المعتمدة بين ٦,٥ – ٨,٤			

(١) يقاس التوصيل الكهربائي بالديسى سايمنز /م (dS/m) في درجة حرارة ٢٥ مئوية.

(٢) NO_3-N تعنى نترات ويعبر عنها بالنتروجين كعنصر. وينبغي أيضاً اختيار NH_4-N والنتروجين العضوي في مياه الصرف الصحي المعالجة.

الملوحة

تعتبر نوعية المياه المستخدمة في الأغراض المنزلية في معظم البلدان هي أفضل نوعية متاحة من المياه وعادة ما يكون مستوى ملوحتها منخفضاً. ومع ذلك، فقد تمثل الملوحة مشكلة في الظروف التي تكون فيها المياه شحيحة. وتعد كمية ونوع الأملاح الموجودة في المياه مهمة في تقيد مدى ملائمة مياه الصرف الصحي المعالجة للري أما المشكلات المحتملة فتكون مرتبطة بالمحتوى الإجمالي من الأملاح، ونوعها أو بمدى تركيز واحد أو أكثر من العناصر المالحة وللتغلب على مشكلة الملوحة على مستوى المزارعين، يجب زيادة الاهتمام بما يلى:

أ - اختيار المحاصيل

حيث يتم اختيار المحاصيل التي تتحمل ملوحة مياه الصرف الصحي المعالجة وتكون مريحة في نفس الوقت. وقد يكون الجدول رقم (١٠) دليلا للمزارعين في اختيار التركيب المحصولى المناسب تبعاً لدرجة ملوحة المياه ودرجة تحمل المحاصيل للملوحة فإذا كانت درجة الملوحة أقل من ٣ ديسى سايمنز/ متر (ds/m) يمكن بالإدارة الجيدة زراعة معظم محاصيل الفواكه والخضر. وكلما ارتفعت درجة الملوحة ازدادت صعوبة اختيار المحاصيل، وباستثناء بعض محاصيل الخضر، يصبح اختيار مقصوراً تقريباً على محاصيل الأعلاف.

ب - اختيار المحاصيل المتحملة للملوحة والقادرة على امتصاص مقادير كبيرة من الأملاح دون أن تكون لذلك تأثيرات سميه خاصة (المحاصيل التي تجمع الأملاح)

وفي حالة الري بمياه الصرف الصحي المعالجة التي تكون نسبة الملوحة فيها مرتفعة، ولا سيما في المناطق التي تكون إمكانيات الرشح الطبيعي للتربة فيها محدود نظراً لقلة الأمطار، من المحتمل أن تؤدى زراعة المحاصيل القادرة على امتصاص الأملاح لفترات طويلة، على خفض درجة تراكم الأملاح في التربة. ومن بين المحاصيل التي يوصى بزراعتها في هذه الظروف السوداكس، والذرة الرفيعة، وحشيشة برمودا والشعير.

ج - اختيار نظام الري الذى يضمن توزيع المياه بشكل منتظم

وبمستوى كفاءة مرتفعة ويوفر إمكانية زيادة عدد الريات. وباستخدام نظم الري التي تعمل تحت الضغط وخصوصا الري بالتنقيط والري بالرشاشات الصغيرة، يمكن التجاوز عن ارتفاع مستويات الملوحة المسموح بها للمحاصيل المروية. وفي مثل هذه النظم، تكون الخطوط التوجيهية الخاصة بتحمل المحاصيل للملوحة مجرد تقديرات عامة، إذ يمكن تحقيق غلة أفضل بهذه المستويات الحرجة من الملوحة عند تطبيق الإدارة المناسبة واستخدام نظم الري الحديثة.

د - تنظم مناوبات الري

تعد كمية مياه الري وعدد مرات الري من العوامل الحرجة في التحكم في درجة الملوحة. ويمكن باستخدام نظم الري الدقيق زيادة عدد الريات والإبقاء على مستوى منخفض لملوحة التربة في المنطقة القريبة من النبات المروى.

جدول رقم (١٠) مستويات تحمل بعض المحاصيل الزراعية للملوحة (مأخوذه بتصرف من منظمة الأغذية والزراعة، ١٩٨٥)

التوصيل الكهربائي لمياه الري (ds/m ,and mg/l)					
أقل من ٢ أقل من ١٢٨٠	**٣ ١٢٨٠- ١٩٢٠**	**٣-٤ ١٩٢٠- ٢٥٠٠**	**٤-٥ ٢٥٦٠- ٣٢٠٠**	**٧ ٣٢٠٠- ٤٤٨٠**	**أكثر من ٧ أكثر من ٤٤٨٠**
الحمضيات	التين	الذرة الرفيعة	فول صويا	القرطم	القطن
التفاح	الزيتون**	الفول السوداني	نخيل التمر**	القمح	الشعير
الخوخ	البروكلى	الأرز	حشيشة هاردنج	بنجر السكر	القمح (كعشب)

جدول رقم (١٠) مستويات تحمل بعض المحاصيل الزراعية للملوحة (مأخوذه بتصرف من منظمة الأغذية والزراعة، ١٩٨٥)

التوصيل الكهربائي لمياه الري (ds/m ,and mg/l)					
أقل من ٢ **أقل من ١٢٨٠**	**٣** **١٢٨٠-١٩٢٠**	**٣-٤** **١٩٢٠-٢٥٠٠**	**٤-٥** **٢٥٦٠-٣٢٠٠**	**٧** **٣٢٠٠-٤٤٨٠**	**أكثر من ٧** **أكثر من ٤٤٨٠**
العنب	الطماطم	البنجر	البرسيم	حشيشة الراى	
الفراولة	الخيار	عكرش Tall facue	الخرشوف	الشعير (كعشب)	
البطاطس	الكانتلوب			حشيشة برمودا	
الفلفل	البطيخ			السوداكس (suduax)	
الجزر	السبانخ				
البصل	البيقية				
الفول	حشيشة السودان				
الذرة	البرسيم الحجازى				

* ١ديسى سايمنز / متر = ٦٠ ملجم/لتر

** إشارات التقارير إلى أن مستوى التوصيل الكهربائي كانت أعلى بكثير من ذلك (وصلت إلى ٦ ديسى سايمنز/ متر) في حالة الزيتون في تونس.

*** جاء في أحد التقارير أن مستوى التوصيل الكهربي كان أعلى من ذلك بالنسبة لأشجار نخيل التمر في الجزائر (وصلت إلى ٧-٨ ديسى سايمنز/ متر) ACSDK

هـ - غسل التربة

رغم أن غسل التربة من العمليات المعتادة التي يلجأ إليها المزارعون، فربما لا تكون أفضل الحلول في حالة ندرة الموارد المائية أو عدم توافر مرافق (أعمال) كافية للصرف، أو عند ارتفاع مستوى الماء الأرضي. فبمرور الوقت، يجب أن تظل كمية الأملاح التي تدخل التربة مع مياه الصرف الصحي المعالجة (أملاح الداخلة إلى التربة) ومعدل إزالة الأملاح عن طريق غسل التربة وامتصاص المحاصيل للأملاح (الأملاح الخارجة من التربة) متساوية تقريباً. وتعد الطريقة التي سيقع عليها الاختيار لإخراج الأملاح من التربة مهمة جدا في اختيار التركيب المحصولى وتحقيق الإدارة الفعالة الاستعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الري. والمحاصيل ذات القيمة اقتصادية القادرة على حصاد الأملاح، مثل السوداكس والذرة الرفيعة، تحقق نتائج جيدة. ولذلك توصى الدراسات بزراعة أحد المحاصيل القادرة على حصاد الأملاح كل عام أو من حين لآخر.

و - التقليل من استخدام البوليمرات أو غيرها من مصلحات التربه

لا توصى الدراسات باستخدام البوليمترات و/أو غيرها من مصلحات التربة رغم كفاءتها في ظروف ولفترات معينة في حالة زراعة المحاصيل في الحقول المكشوفة. فغالباً ما تكون فترة الحياة بالنسبة لها قصيرة وأسعارها عالية.

ز - الصرف

يعد وجود مرافق (أعمال) للصرف من بين التدابير اللازمة للحيلولة دون إصابة التربة بالتطبيل (التغدق) والملوحة في المناطق الجافة وشبه الجافة. فالصرف، بالإضافة إلى وضع مناوبات مناسبة للري، يسمح بغسل الأملاح الزائدة من منطقة جذور النبات.

القلوية:

إن مرحلة تفرق غرويات التربة، واستقرار حبيباتها، وتركيبها ونفاذيتها للمياه تعد كلها شديدة الحساسية لنوع الأيونات القابلة للتبادل في مياه الري. وأي زيادة في قلوية التربة نتيجة لارتفاع تركيز عنصر الصوديوم، حتى في حالة غسل التربة، تقلل من نفاذية التربة للمياه، ولا سيما بالقرب من سطحها، لأن المواد الطينية الموجودة في التربة تتفرق وتنتفخ نتيجة لارتفاع مستوى الصوديوم المتبادل (esp). ومع ذلك فعند نسب معينة للصوديوم المدمص (SAR) في المياه يرتفع معدل التسرب أو ينخفض مع مستوى الملوحة. لذلك ينبغي الجمع بين استخدام معدل أدمصاص الصوديوم(SAR) والتوصيل الكهربائي للماء (ECW) في تقييم المشكلات التي يمكن أن تحدث في المستقبل.

وقد لخصت الدراسات إلى التوصية بالحلول التالية في مجال الإدارة:

- **المحسنات الكيميائية:**

من الشائع استخدام المواد الجبرية الأصل مثل الجبس في تحسين خواص التربة عند ارتفاع الصوديوم في السعة التبادلية للكاتيونات (CEC) أو عند الري بمياه يكون معدل أدمصاص الصوديوم (SAR) فيها مرتفع. والصوديوم الموجود في التربة قابل للتبادل مع الكالسيوم الوجود بالجبس وبذلك يقلل تفرق الغرويات. وينبغي تكرار استخدام الجبس من حين لآخر تبعاً لمحتوى المياه من الصوديوم وطاقة تبادل الأيونات في التربة. ومن المفضل أن يحاول المزارعون الحصول على مساعدة الفنيين لتقدير كمية الجبس اللازم استخدامها ومرات الاستخدام.

- **نظام الري المناسب:**

غالباً ما تتكون فترة خارجية على سطح التربة نتيجة الري بمياه معدل إدمصاص الصوديوم (SAR) فيها مرتفع. وهذه المشكلة تتفاوت حدتها حسب نظم الري. وعموماً، تؤدى نظم الري السطحي بمياه معدل إدمصاص الصوديوم فيه مرتفع إلى تكوين قشرة سميكة فوق سطح التربة، ويحدث نفس الشيء عند الري بالرش عندما تكون طاقة تصريف الرشاشات مرتفعة. وهذا يؤثر على نفاذية التربة للمياه كما يمنع التربة من الحصول على التهوية اللازمة وبالتالي يؤثر على إنبات البذور. ومع ذلك يمكن الحد من تكون القشرة على سطح التربة عن طريق اختبار نظام الري الذى يقوم على استخدام رشاشات ونقاطات ذات معدلات تصرف صغيرة لما يوفره ذلك من إطالة مدة الري والسماح بوقت كاف لنفاذ المياه إلى داخل التربة.

المواد العضوية:

كذلك يمكن حل مشكلة القلوية عن طريق إضافة مواد عضوية إلى التربة مثل القش، أو غيره من المواد النباتية أو السماد العضوي.

الأيونات ذات التأثيرات السمية الخاصة

توجد عادة في مياه الصرف الصحي المعالجة أيونات ذات تأثيرات سميه خاصة أهمها الصوديوم والكلوريد والبورون الذى يتسبب في أكثر حالات التسمم. ورغم أن البورون يعد أحد العناصر الأساسية للنبات في دليل استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الري إلا أن وجودة بتركيزات زائدة تتجاوز ٠,٥ ملليجرام/ لتر يمكن أن يؤدى إلى تسمم المحاصيل الحساسة، كما هو موضح بالجدول رقم (١١).

جدول رقم (١١) قدرة النباتات النسبية على تحمل البورون في مياه الري (Ayers, 1977)

نباتات حساسة (جرام/ لتر)	نباتات متوسطة القدرة على تحمل البورون (٢ ملليجرام/ لتر)	نباتات عالية التحمل للبورون (٣ ملليجرام/ لتر)
الحمضيات	الفاصوليا	الجزر
الأفوكاتو	الفلفل	الخس
المشمش	الطماطم	الكرنب
الخوخ	الذرة	البصل
الكريز	الزيتون	بنجر السكر
العنب	الفجل	نخيل التمر
التفاح	القرع العسلي	الأسباراجوس
الكمثري	القمح	اللفت
البرقوق	البطاطس	----

التدابير الموصي بها للتغلب على سمية الأيونات

١. من الصعب تصحيح مشكلة التسمم بالبورون في المحاصيل الحساسة بدون تغيير المحصول أو تغير إمدادات المياه وفي حالة استعمال مياه ذات مستوى تركيز معين من البورون، ينبغي اختيار المحاصيل التي تتحمل هذه النسبة من التركيز.

٢. قد يساعد غسل التربة في المحافظة على نسبة تركيز البورون في التربة في مستويات مماثلة لما هو موجود في المياه المستعملة في الري. وعادة يضاف مقدار إضافي معين من مياه الري إلى احتياجات الري التقديرية، تبعاً لنوع التربة.

٣. يساعد تكرار الري على التخفيف من تركيز البورون في محلول التربة.

٤. يساعد استخدام نظم الري الدقيق على التحكم في كمية المياه وفي عدد مرات الري.

ويعد الكلوريد والصوديوم أقل سمية من البورون. ونظراً للارتفاع النسبي لمحتوى المياه من الصوديوم والكلوريد في المناطق الجافة وشبه الجافة، فقد يؤدى استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة إلي ارتفاع نسبة تركيز هذين العنصرين. ومع ذلك يمكن بالإدارة المناسبة للري (نظام الري، وعدد الريات، وغسل التربة) خفض التأثيرات السمية بدرجة كبيرة، وبذلك لا يكون هناك ما يحول دون استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة.

الخصائص البيولوجية لمياه الصرف الصحي المعالجة

تعتبر زيادة محتوى مياه الصرف الصحي المعالجة من الكائنات الحية الدقيقة والموضحة في الجدول رقم (١٢) من أهم الفروق الجوهرية بين مياه الصرف الصحي المعالجة والمياه العذبة. ومن الجدير بالذكر أن هذه الكائنات الدقيقة ليست كلها بالضرورة مسببة للأمراض بل أنه في معظم الأحيان تكون نسبة تلك الكائنات المسببة للأمراض (فيروسات، بكتريا، طفيليات، ديدان) أقل بكثير من الكائنات الغير ضارة. إلا أن خطورة الكائنات المسببة للأمراض تكمن في قلة أعدادها اللازمة لإحداث المرض للإنسان والحيوان وذلك سيتم التركيز في عرض الخصائص البيولوجية لمياه الصرف الصحي على تلك الكائنات المسببة للأمراض من فيروسات وبكتريا وبروتوزوا وديدان طفيلية.

الفيروسات

هي مجموعة كبيرة غير متجانسة من الكائنات الحية الدقيقة والمتناهية في الصغر، حيث لا يمكن رؤيتها إلا من خلال المجهر الإلكتروني. ومن أهم الخصائص التي تجمع تلك الطائفة من الكائنات الدقيقة وتميزها عن غيرها هي أنها تعتبر من الطفيليات الإجبارية، أي التي لا تستطيع أن تحيا وتنمو وتتكاثر دون الاعتماد على عائل وسيط من الخلايا الحية.

وتتباين أشكال الفيروسات وأحجامها بالكبير منها يبلغ حجمه ربع خلية بكتيرية تقريباً، وفي نفس الوقت فإن هناك أحجاما من الفيروسات تستطيع عدة آلاف منها العيش في خلية بكتيرية واحدة وتنمو الفيروسات في أنسجة النباتات والحيوانات والحشرات وبداخل الخلية البكتيرية، وتلك الأخيرة يطلق عليها اسم بكتيروفاج.

جدول رقم (١٢) أهم مجموعات الفيروسات التي يمكن أن تتواجد في مياه الصرف الصحي

مجموعة الفيروسات	الأمراض التي تسببها
– فيروس الغدد (أدينوفيروس)	أمراض الجهاز التنفسي والتهاب العين
– الفيروسات المعوية فيروس شلل الأطفال الأيكوفروس الكوكساكى فيروس	شلل الأطفال، الشلل، أمراض أخري الالتهاب السحائي، إسهال، أمراض الجهاز التنفسي، الالتهاب السحائي، إسهال
– فيروس الالتهاب الكبدي	مرض الصفرة أو الالتهاب الكبدي
– الروتافيروس وأنواع أخري	الإسهال

جدول رقم (١٣) أهم مجموعات البكتريا المسببة للأمراض والتي يمكن تواجدها في مياه الصرف الصحي

مجموعة البكتريا	الأمراض التي تسببها
– مجموعة القولون المرضية	الإسهال
– مجموعة السالمونيلا سالمونيلا التيفي سالمونيلا البراتيفي أنواع أخري	 حمى التيفود حمى الباراتيفود التسمم الغذائي والدسنتاريا الباسيلية
– مجموعة الشيجيلا أنواع أخري	دوسنتاريا الإسهال
– بكتريا القولون E.Coli	الإسهال
– أنواع أخري	الكوليرا

والكثير من الفيروسات لا يضر ولا يسبب أذى للإنسان أو الحيوان أو النبات، بل قد يكون مفيداً في بعض الأحيان. فمثلاً عندما يصاب النبات بصل الزينة بالفيروس فإن ذلك يتسبب في إنتاج أزهار ذات تخطيطات جميلة بدلاً من تميزها بلون واحد، وهذا التغير يرفع من قيمتها الجميلة والمادية.

وأبرز خصائص الفيروسات أنها طفيليات إجبارية، تتكاثر أو يزداد تركيزها فقط في أنسجة معينة، كما أن كل نوع من أنواعها له نسيج خاص يزداد تركيزه فيه. والفيروسات لا تستطيع التكاثر بعيدة عن خلايا العائل فلكى تتكاثر يجب تتواجد في خلايا العائل التي تخترها لحسابها، بمعنى أن وجود جزيئات الفيروس في الخلايا يجبرها على تجهيز البروتينات والأحماض الأمينية وكل ما يلزم من أجل تكاثر الفيروس.

وتلك طوائف عديدة من الفيروسات تسبب الأمراض للإنسان والحيوان والنبات، ومن أبرز تلك الطوائف فيروسات الجهاز الهضمي، وهي تصيب الإنسان بالعدوى المرضية وتخرج مع البراز، وتعود فتصيب الإنسان عن طريق التنفس بالفم. إن جراماً واحدا من براز الإنسان يحتوى على ١٠-٩ من الفيروسات المعوية، بعضها يصيب الإنسان بالأمراض، وهذه الفيروسات لا تستطيع التكاثر إلا في خلايا مناسبة، لكنها يمكنها البقاء بمفردها دون عائل مناسب لعدة أسابيع في البيئة، خاصة إذا كانت درجة الحرارة أقل من ١٥ درجة مئوية.

وعند قياس تركيزات الفيروسات المعوية في مياه الصرف الصحي الخام، وجد أنها تبلغ حوالى ١٠ فيروس معوي لكل لترمن مياه الصرف الصحي. هذا وقد تم فصل العديد من الفيروسات المسببة للأمراض من تربة تعرضت للبراز الأدمي.

ويمكن تقسيم الفيروسات التي تخرج من البراز وتسبب أمراضاً للإنسان إلى عدة أنواع والجدول السابق (١٢) يوضح أنواع الفيروسات المعدية واثرها على الإنسان، وحالات شلل الأطفال التي يسببها البوليوفيروس لا تظهر فيها أمراض مرضية كاملة، وفي بعض الحالات تظهر العدوى في صورة أعراضاً شبيهة بأعراض الأنفلونزا أو الالتهاب السحائي أو الشلل الكامل، غالباً ما تنتهي بإعاقة دائمة وأحيانا بالموت. وقد وجد أن شلل الأطفال في العالم كله يحدث بنسبة ١ : ١٠٠٠ حالة من الإصابة بالفيروس، ومعظم الحالات المصابة بالشلل تنتمى إلى الدول النامية.

وتسبب فيروسات الأسكو والكوكسالى أمراضاً مصحوبة بأعراض متنوعة، بدءاً من لحمى البسيطة الالتهاب السحائي وأمراض التنفس والشلل، وانتهاء أمراض القلب. كما أن فيروسات الروتا وجدت في براز عدد كبير من الأطفال المصابين بالإسهال، وهي تمثل مجموعة مهمة من الفيروسات المعوية، وتعتبر دورها في حدوث الأمراض غير محدد ولكنها مسئولة عن نسبة كبيرة من الإسهال في صغار الأطفال.

أما فيروس الالتهاب الكبدي "أ" فهو يؤدى الى ظهور الصفراء، ولكن عادة لا تظهر له أعراض، خصوصا في صغار الأطفال.

البكتريا

تضم البكتريا مجموعة كبيرة من الميكروبات واسعة الانتشار في الكرة الأرضية، وهي توجد في كل مكان تقريباً ولا يخلو منها أماكن محدودة للغاية. وهي عبارة عن كائنات حية دقيقة لا تري بالعين المجردة، بل تحتاج إلى ميكروسكوبات ذات قوة تكبير عالية لمشاهدتها، وتتكاثر البكتريا بالانقسام الثنائي البسيط كما أنها تتميز بالصفات الأربع الهامة التي تميز الكائنات الحية، وهي: النمو والتكاثر والتنفس "الأيض "أو التمثيل الغذائي.

توجد البكتريا في التربة الزراعية بأعداد كبيرة تصل إلى ١٠ مليون خلية في الجرام الواحد، وتكون أعدادها أكبر ما يمكن في الطبقة السطحية من الأرض الخصبة، وتقل مع العمق. كما يحتوى الماء الصالح للشرب على أقل من ١٠ خلية في كل ١٠سم^{٣} واللبن الممتاز غير المبستر يحتوى على ٥٠,٠٠٠ ميكروب في كل ١سم^{٣}، كما تحتوى مخلفات الحيوان والإنسان على ملايين الميكروبات، فربع براز الإنسان عن ميكروبات.

وتلعب البكتريا دوراً أساسيا في الحفاظ على الحياة على وجه الأرض، فهي تقوم بخطوات عملها في تحويل العديد من العناصر الغذائية للنبات والحيوان إلى صورة صالحة، كما أنها تلعب دوراً أساسيا في تحلل المواد العضوية في التربة. ونتيجة لسرعة تكاثرها المدهش، فإن الاتجاهات الحديثة في تكنولوجيا توفير الغذاء تبحث في الاعتماد على البكتريا وغيرها من الميكروبات المفيدة كمصدر رئيسي للبروتينات والمواد الغذائية وبعض منتجات الطاقة.

ومن المعروف أن معدل تفاعلات التمثيل الغذائي يزداد بزيادة النسبة بين سطح الخلية وحجمها وهذا يفسر القدرة المدهشة للخلايا البكتيرية على النشاط، بالبكتريا المخمرة لسكر اللاكتوز قادرة على هدم كمية كبيرة من هذا السكر، وتتراوح بين ألف إلى عشرة آلاف مرة وزنها في خلال ساعة واحدة من الزمن.

وفي المقابل، فإن هناك أنواع من البكتريا تسبب أضرارا هامة وخطيرة للإنسان والكائنات الحية، فهي تصيبه بالعديد من الأمراض وتسبب في فساد الأغذية والمشروبات، وتصيب الحيوان بأمراض خطيرة يمكن أن ينتقل بعضها للإنسان.

ومن المعروف أن بعض أنواع البكتريا العصوية المستقيمة والكروية والحلزونية لها القدرة على التجرثم (التحوصل). ويتميز الطور المتجرثم لتلك الأنواع من البكتريا بالقدرة الهائلة على مقاومة الظروف والتغيرات البيئية، الشاذة، فبينما يمكن قتل البكتريا غير المتجرثمة في درجات حرارة أقل

من ٧٠ درجة مئوية، فإن البكتريا المتجرثمة يمكنها أن تظل حية لمدة تزيد عن العشر ساعات في درجة ١٠٠ درجة مئوية، ولذلك تستعمل معقمات البخار تحت ضغط عال في إبادتها.

ونظراً لأن الكشف عن الميكروبات المرضية في المياه يحتاج إلى ظروف خاصة لتنميتها، فإنه يجري الكشف عن تلوث المياه بفحصها بكتريولوجيا وقياس تركيز بكتريا مجموعة القولون فيها. والمعروف أن هذه المجموعة البكتيرية موطنها الأصلي أمعاء الإنسان والحيوان، وبالرغم من أن معظم هذه الميكروبات غير مرضية إلا إنها تعتبر مؤشراً هاما لوجود مسببات الأمراض في المياه.

ويوضح الجدول السابق (١٣) الأنواع الرئيسية البكتيرية للأمراض الموجودة في مياه الصرف الصحي والأمراض التي تصيب الإنسان بها.

البروتوزوا

وهي أحياء دقيقة حيوانية وحيدة الخلية، واسعة الانتشار في الأراضي وخصوصا الرطبة والمسمدة بالأسمدة العضوية كما توجد في البحار والمحيطات والبرك والمستنقعات وأيضاً في أمعاء الحيوانات. والبروتوزوا منها " الرمي" الذى يتغذى على مواد عضوية ميتة، ومنها ما يتغذى على الكائنات الحية الأصغر كالبكتريا، ومنها ما هو متطفل ويسبب أمراضاً للإنسان. والبروتوزوا أشكال عديدة، لعل أشهرها الأمبيبا التي تتميز بأنها ليست بها شكل ثابت بحيث يمكن لمحتويات الخلية أن تتجه أي اتجاه مكونة أقدام عادية، وبذلك تتحرك الخلية ككتلة واحدة في اتجاه الأقدام.

"والتحوصل" شائع في البروتوزوا بأنواعها المختلفة، فإذا ما تعرضت البروتوزوا لظروف سيئة مثل الجفاف أو تراكم نواتج الغذائي والفضلات فإنها تتحوصل بأن تتركز مادتها وتصبح أكثر كثافة، ثم تحيط نفسها بجدار سميك. والخلايا المتحوصلة أكثر مقاومة للجفاف والظروف السيئة من الخلايا الغير المتحوصلة، وعندما تتحسن الظروف وتخرج البروتوزوا من جديد وتمارس نشاطها.

وتعتبر البكتريا من أكثر الكائنات أهمية كغذاء للبروتوزوا، فهي تلتهمها بشراهة، ولقد قدر أن بعض أنواع البروتوزوا تستطيع الواحدة منها التهام ٤٠,٠٠٠ خلية بكتيرية أثناء دورة حياتها، ولذلك في تعتبر من الأعداء الطبيعية للبكتريا.

وهناك أعداد عديدة من البروتوزوا تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان من أبرزها الدوسنتاريا والملاريا وغيره. والجدول رقم (١٤) يبرز الأنواع المختلفة من البروتوزوا والأمراض التي تسببها للإنسان والموجودة في مياه الصرف الصحي.

جدول رقم (١٤) أهم الكائنات الحيوانية وحيدة الخلية (البروتوزوا) التي يمكن تواجدها في مياه الصرف الصحي

نوع الكائن وحيد الخلية	الأمراض التي تسببها
البالنتيديوم كولاى	الإسهال – الدوسنتريا – قرحة الأمعاء
الأنتاميبا هيستولتيكا	قرحة الأمعاء – الدوسنتاريا الميبية – خراج الكبد
الجبارديا لامبليا	الإسهال – سوء الهضم

الديدان الطفيلية

هناك عديد من الديدان الطفيلية تعتمد على الإنسان كعائل أساسي لها وبعض هذه الديدان تصيب الإنسان بأمراض متباينة في خطورتها.

ومن أخطر هذه الديدان الطفيلية دودة البلهارسيا، ومنها نوع يخرج فيه البيض مع البول، والنوع الأخر يخرج فيه البيض مع البراز.

وهناك فرق هام جوهري بين الديدان والأنواع الأخرى من المسببات المرضية التي تصيب الإنسان، وهو أن الديدان تتكاثر ذاتياً داخل الإنسان، بالرغم من أنها تحتاج الإنسان كعائل على خلاف الميكروبات التي تتكاثر ذاتيا داخل الإنسان، وهذا الفرق يعتبر على درجة كبيرة من الأهمية، ففي حالة الميكروبات المختلفة لا تتوقف الحالة المرضية المصاحبة على الجرعة التي أحدثت العدوى، بينما في أغلب الديدان يكون للجرعة التي تحدث العدوى علاقة مباشرة بحجم أعراض المرض وكثافته.

ومن أشهر الديدان التي تصيب المصريين: البلهارسيا والإسكارس والأنكلستوما والدودة الشريطية وغيرها. والجدول رقم (١٥) يوضح عدد الديدان الطفيلية الهامة في حياة المصريين، والتي تخرج بويضاتها مع البراز وأطوار حياتها.

جدول رقم (١٥) أهم الديدان الطفيلية التي يمكن توجدها في مياه الصرف الصحي

نوع الدودة الطفيلية	الاسم الشائع	المرض الذى تسببه	دورة الانتقال
إنكلستوما الاثني عشر	الإنكلستوما	الإنكلستوما	الإنسان – التربة – الإنسان
الإسكارس الخرطومية	ثعبان البطن	الإنكلستوما	الإنسان – التربة – الإنسان
الدودة الدبوسية	الدبوسية	الدبوسية	الإنسان – الإنسان
التنياساجناتا	الدودة الشريطية	الشريطيات	الإنسان – البقرة – الإنسان
التنياسوليم	الدودة الوحيدة	الشريطيات	الإنسان – الخنزير – الإنسان
الترايكيورس ترايكويورا	الدودة السوطية	السوطيات	الإنسان – التربة – الإنسان
الشستوسوما	دودة البلهارسيا	البلهارسيا	الإنسان – القوقع– المياه – الإنسان

استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في زراعة الجاتروفا

المشكلة العالمية والتي تتأثر بها جميع الدول حاليا هي استخدام فائض الحبوب في الدول الغنية لاستخراج الوقود الحيوي مما أدى إلي نقص شديد في الحبوب بالدول الفقيرة التي لم تجد ما تستورده منها، والحل الذى تحاول أن نطرحه في هذا الجزء ومن الممكن تطبيقه في مصر لتحقيق مصالح جميع المواطنين فهو زراعة الهوهوبا والجاتروفا للحصول على زيوت تستخدم في تصنيع الوقود الحيوي بدون الحاجة لاستخدام الحبوب الغذائية في صناعته، ولكن كيف يتم ذلك ؟

وقضية الوقود الحيوي التي أصبحت حديث العالم حاليان أثارها الرئيس مبارك خلال افتتاح منتدى دافوس الأخير بشرم الشيخ عام ٢٠٠٨ ووجه الدعوة لحوار دولي عاجل لبحث أزمة أسعار الغذاء في العالم وفي نفس الاتجاه تعقد هذه الأيام قمة الغذاء بالعاصمة الإيطالية روما برعاية منظمة الفاو للتوصل إلي توافق يمنع الدول التي تمتلك فائضا من الحبوب من تحويلها إلي طاقة وقود حيوي خاصة أن هناك ٣٧ دولة مهددة بالمجاعة ومعظمها للأسف في قارة أفريقيا.

إذا فالوقود الحيوي أصبح المتهم الأول وراء غلاء أسعار المواد الغذائية على مستوي العالم لأنه بديل الطاقة الذي تسعي إليه الدول المتقدمة.

في البداية يؤكد الدكتور محمد محمود يوسف . أستاذ علوم وتكنولوجيا الأغذية بجامعة الإسكندرية أنه بسبب الطفرة التي حدثت في أسعار البترول والذي وصل إلي فوق ١٠٠ دولار للبرميل وبسبب ظاهرة الاحتباس الحراري التي يعاني منها العالم نتيجة للتلوث الناجم عن حرق الوقود المستخرج من البترول اتجه العالم إلي استخدام الوقود الحيوي (الوقود الأخضر) الذي يمكن الحصول عليه بواسطة عمليات تخمير بسيطة لبعض المحاصيل الغذائية فيمكن الحصول على الإيثانول الحيوي (البيوايثانول) من الذرة والقمح وقصب السكر والبطاطس والبنجر والحصول علي الديزل الحيوي (البيوديزل) من الزيوت ولاسيما زيت النخيل ويوضح أن البرازيل وسنغافورة تمكنتا من إجراء تعديل هندسي لمحرك سيارة لكي يعمل بزيت النخيل بدلا من البنزين كما حلقت في بداية العام الحالي ٢٠٠٨ أول طائرة باستخدام الديزل الحيوي . أدى هذا الي تنافس قوي على المحاصيل الغذائية ولذلك لم تعد هذه المحاصيل مقصورة على كونه مصدر غذاء للإنسان أو عليقه للحيوان وإنما أصبحت مصدرا للوقود ومن هنا جاء التعبير المختصر 3F (Fuel- Feed- Fccd) وقال أن السعي وراء الوقود الحيوي جاء نتيجة لعدة عوامل منها أن مصادره متجددة عكس مصادر البترول المتوقع نضوبه في خلال ٥٠ أو ١٠٠ عام كما أن حرق الوقود الحيوي لا يلوث الهواء بعكس البترول ومشتقاته لأن الوقود الحيوي عند حرقة ينتج كميات قليلة من ثانى

أكسيد الكربون المؤدى لظاهرة الاحتباس الحراري واستخدامه بفتح أسواق جديدة في هذا المجال الزراعي.

الغابات الصناعية للأشجار الخشبية بمزارع محطات المعالجة

في حالات صرف مياه الصرف الصحي المعالجة على سطح الأرض فإن احتمالية تسرب مثل هذه النوعية من مياه الصرف الصحي المعالجة إلى المياه الجوفية مما قد يؤدى إلى تلوثها مع الأخذ في الاعتبار من أن الري يتم بناء على مقننات مائية تحدد بمدى احتياجات الأشجار دون السماح بتسرب مياه الري الزائدة إلى المخزون الجوفي للمحافظة على نقاوة هذا المخزون وعدم تلوثه.

وبحساب العائد الاقتصادي في نهاية فترة عمر الشجرة والذى يتراوح من ١٠ – ١٥ سنه على أساس وزن الشجرة الواحدة فإنها تعطى ٠,٤ طن خشب كما أن السعر السائد الأن وهو ٥٠ جنيهاً للطن. وخصم المصروفات فسوف يكون هناك عائد اقتصادي.

مع الأخذ في الاعتبار إجراء عمليات الإحلال لهذه الأشجار ليستمر العائد متصل كذلك فإن المحافظة على الصحة العامة تعتبر هدفاً اقتصاديا يفوق هذه الأرقام السابقة حيث أن إنتاجية الفرد تصبح عالية نتيجة لتحسن الحالة الصحية له.

إن إنشاء الغابات الصناعية وما ينتج عنها من كميات كبيرة من الأشجار الخشبية يؤدى إلى الإقلال من الاستيراد وإقامة صناعات خشبية كثيرة تؤدي إلى الإقلال من البطالة حيث أنها تمتص عمالة كبيرة وبذلك يرتفع المستوى المعيشي والمستوى الاجتماعي.

أنواع الأشجار بالغابات الصناعية بمزارع محطات المعالجة

يتم زراعة العديد من الأصناف مثل الصنوبريات والحور واللوسينا وأبو المكارم والسرسوع والصفصاف والزنزلخت والنيم والسنط ولسان الطير والتكسوديوم والأرثيرينا كما يمكن زراعة أشجار الصفصاف على حواف المجاري المائية.

والأصناف الجديدة من الأشجار الممكن زراعتها في الغابة الصناعية كما يلى:

أولاً أشجار النيم:

وقد تم استيراد البذور حديثاً وموطنها الأصلي جنوب شرق أسيا وأهميتها الاقتصادية تتمثل في استخراج المبيدات الحشرية من جميع أجزاء الشجرة وهي تؤثر على حوالى ١٢٠ نوع من أنواع الحشرات حيث أنها تنقى الهواء من التلوث ومن الحشرات الضارة.

ثانياً أشجار الجيتروفا:

وقد دخلت حديثاً في مصر وموطنها الأصلي في الهند ولها أهمية اقتصادية كبيرة حيث يتم استخراج الزيت من بذورها ويستخدم في إدارة الآلات بديلاً من الزيوت البترولية.

وقد تم الحصول على النتائج في جمهورية مصر العربية وهي كما يلى:

أولاً: تلاحظ ارتفاع نسبة نجاح الشتلات عند زراعتها وكانت النسبة تصل إلى حوالى ٨٥% مما كان له الأثر في استمرار عملية الزراعة.

ثانياً: تلاحظ ارتفاع معدلات نمو الأشجار حيث أنه في خلال عامين وصل ارتفاع الأشجار إلى حوالى ٦ أمتار وهذا يعتبر معدل نمو مرتفع جداً بالنسبة لهذه الأشجار في أماكن كثيره وهذا يعطى مردود عالي من الأخشاب في فترة قصيرة حيث يكون العائد الاقتصادي كبير.

ثالثاً: تقوم هذه الأشجار بامتصاص الماء الزائد وتعتبر كصرف بيولوجي يمنع تلوث المياه الجوفية.

رابعاً: الإقلال من صرف هذه المياه الملوثة إلى المصارف والمجاري المائية التي تؤدى إلى تلوث الزراعات في الوادي.

خامساً: بعض هذه الأشجار لها تأثير مفيد بالنسبة للبيئة حيث أنها تقضى على الذباب والبعوض مثل اشجار النيم والتي ثبت فعاليتها حيث أنه تلاحظ عدم وجود الذباب والبعوض في غابة النيم كذلك فإن بعض الأشجار لها رائحه ذكيه تقلل من نسبة الروائح الكريهة الناتجة من أحواض الترسيب كما أن الأشجار تعمل على تثبيت التربة ومنعها من الانجراف نتيجة عوامل التعرية.

سادساً: منذ البدء في زراعة الأشجار الخشبية توقفت زراعة المحاصيل الحقلية مثل الذرة والتي كانت مصدراً للتغذية الأدمية والحيوانية والتي كانت تروى بمياه الصرف الصحي المعالجة.

الأعمال الهندسية اللازمة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة

كما سبق ذكره فإن الغرض الأساسي من معالجة مياه الصرف الصحي هو فصل المواد الصلبة الغير عضويه وكذلك فصل المواد العضوية العالقة أو الذائبة وذلك بتثبيتها حتى يمكن فصلها والحصول على مياه الصرف الصحي المعالجة حتى يمكن التخلص منها دون إضرار للبيئة أو المسطحات المائية التي يتم الصرف فيها وكذلك من الممكن التخلص منها في باطن الأرض لشحن الخزان الجوفي دون أن تؤثر على نوعية المياه الجوفية وفي حالة توفر أراضي رملية قابلة للاستزراع بالتالي يمكن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة كمياه للري وبالتتالي يكون هذا الحل هو الأفضل وحتى لو تم زراعة مصدات للرياح أو سياج شجري أو غابات شجرية وفي حالة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة كمياه للري فيجب أن تخضع للمعايير والاشتراطات السابق ذكرها في بنود (٢)، (٤)، (٥).

وتشمل الأعمال اللازمة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة على الآتي:

١. خزانات لتجميع مياه الصرف الصحي المعالجة (خزانات موازنه لمياه الري) بموقع محطة المعالجة وملحقاتها أو بمنطقة المزرعة.

٢. محطة طلمبات الضخ والرفع لمياه الصرف الصحي المعالجة وملحقاتها.

٣. خطوط مواسير الطرد الناقلة (الحاملة) لمياه صرف صحي معالجة (مياه الري) وكذلك إنشاء أعمال الحماية من المطرقة المائية لخطوط الطرد.

٤. أعمال توزيع مياه الري على الأراضي المستصلحة (مواسير وقنوات التوزيع).

٥. استصلاح وإعداد الأراضي الصحراوية بالمساحات المطلوبة للمزرعة.

٦. غرس المزروعات والنباتات والأشجار المطلوبة.

٧. إعداد برنامج لمراقبة المزرعة بيئيا واجتماعيا واقتصاديا.

٨. في حالة الرغبة في الحصول على مياه صرف صحي معالجة ذات كفاءه عالية يمكن استخدامها لري المساحات الخضراء الموجودة داخل الكتل السكنية يجب إضافة مرشحات رملية بطيئة المعدل أو سريعة المعدل أو تحت ضغط ضمن وحدات محطات المعالجة مع إنشاء الأعمال التكميلية المساعدة كما يجب أيضاً إضافة مواد التعقيم لمياه الصرف الصحي المعالجة مع إنشاء خزانات التلامس الخاصة بها.

٩. دق مجموعة آبار الملاحظة حول المزرعة للتأكد بصفة مستمرة من عدم تلوث المياه الجوفية بتلك المناطق.

١٠. إمداد مناطق المزارع بمصدر مائي (مياه سطحية) مجاوره بغرض إجراء عمليات غسيل التربة بصفة مستمرة ومن حين لآخر حتى تمنع تراكم الأملاح بالتربة.

١١. إنشاء المصارف الزراعية في حالة الاحتياج لها.

رؤية استراتيجية لإعادة استخدام مياه الصرف المعالج في مصر بحلول عام ٢٠٣٠

١. اصبحت هناك حاجه ملحه للغاية الي ايجاد موارد بديله في الوقت الحاضر مقارنه باي وقت مضي. نظرا للاستغلال الكامل للمياه السطحية في مصر، مضافه الي وصول معدلات ضخ المياه الجوفية الي الحد الأقصى لها.

٢. لقد وصلت معدلات التغطية بمياه الشرب في مصر الي ١٠٠% في عام ٢٠٠٨ ولكنها تراجعت الي ٩٩% في عام ٢٠١١ نظرا للزيادة السكانية، ومن المتوقع ان تتراجع بشكل اكبر في غضون الاعوام الخمسة القادمة نتيجة لانخفاض المتوقع في الاستثمارات. ويصل الانتاج السنوي من مياه الشرب الي ٨,٣ مليار متر مكعب سنويا.

٣. بحلول عام ٢٠١١، وصل حجم مياه الصرف الصحي المنتجة الي ٧ مليار متر مكعب، من بينهما ٣,٦ مليار متر مكعب غير معالجه ٢,٤ مليار متر مكعب تتم معالجتها معالجه ثانويه ٠,٩ مليار متر مكعب منها تتم معالجتها معالجه اوليه، و ٠,٠٦٨ مليار متر مكعب منها فقط تتم معالجتها معالجه ثلاثية. ويتم مباشره اعاده استخدام ٠,٢٧١ مليار متر مكعب فقط في الزراعة، من اجمالي الـ ٣,٤ مليار متر مكعب من مياه الصرف الصحي المعالجة بينما يتم توجيه الكميه المتبقية الي شبكه الصرف ولقد تم اصدار العديد من القوانين والاكواد والمراسيم التي تتعلق بإعادة استخدام المياه المعالجة وتقدم هذه الرؤية الاستراتيجية خيارات خاصه لإعادة الاستخدام لكل محافظه علي حدي، موضحه تصور كامل عن عمليه اعاده الاستخدام ،فيما يتعلق بمستويات معالجه مياه الصرف الصحي الموصي بها وحجم مياه الصرف الصحي المعالجة المتوقع انتاجها، ونمط اعاده الاستخدام المتوقع، واذا كان يجب اعاده الاستخدام بشكل مباشر او نقل عبر الشبكات او القنوات وبغرض تنفيذ هذه الرؤية الاستراتيجية لإعادة الاستخدام بحلول عام ٢٠٣٠، تم تقسيم محافظات الجمهورية الي قسمين كلا منهما له استراتيجياته الخاصة به، ويشمل القسم الاول المحافظات التي ليس لديها خطط توسع زراعي وهي تتضمن محافظات الدلتا (المنوفية، الدقهلية، كفر الشيخ، الغربية، القليوبية) بالإضافة الي القاهرة والإسكندرية وبورسعيد، والقسم الآخر يتمثل في كافه المحافظات ذات الظهير الصحراوي او خطط مستقبليه للتوسع الزراعي.

٤. سيتم اعتبار الوضع القائم في عام ٢٠١١ وصفا مرجعيا لبناء الرؤية الاستراتيجية المستقبلية وتتمثل هذه الرؤية في الحفاظ علي معدلات المعالجة الثلاثية لمياه الصرف الصحي لعام ٢٠١١ حتي عام ٢٠٣٠ وذلك بسبب العبء المالي الكبير الذي قد تتكبده الحكومة من جراء رفع تلك المعدلات والذي ستكون علي حساب المناطق المحرومة.

٥. وفيما يتعلق بالمعالجة الثانوية فأن تقييم الوضع الحالي اوضح ان حجم مياه الصرف الصحي المعالجة معالجه ثانويه قد تخطي كثيرا حجم المياه المعالجة حجم المياه المعالجة معالجه اوليه في كافه المحافظات وبناء علي ذلك فانه من الممكن افتراض كافه المنشآت التي تقوم حاليا للمعالجة الأولية سوف يتم تطويرها للمعالجة الثانوية بحلول عام ٢٠٣٠ وذلك لضمان الارتقاء بمستوي المعالجة لمياه الصرف الصحي بكافه الجمهورية بحلول عام٢٠٣٠.

٦. ولقد تم تقدير التعداد السكاني بحلول عام ٢٠٣٠ في كل محافظه علي حدا استنادا الي معدل نمو السكان ٢,٢ % كما تم وضع سيناريو لخروج السكان من الوادي والذي يقترح ان يتم توزيع كل الزيادة السكانية بمحافظات الدلتا وكذلك المحافظات التي ليس لديها خطط توسع زراعي علي كافه المحافظات الأخرى وبشكل موحد من المتوقع ان يصل التعداد السكاني بحلول عام ٢٠٣٠ الي ١١٢ مليون نسمه ان الاختلاف الاساسي بين القسم التي قسمت لهم محافظات الجمهورية هوا انه في حاله محافظات الدلتا التي قد قامت بالفعل باستغلال كل الامكانات الزراعية لأراضيها، فان مياه الصرف الصحي المعالجة معالجه ثانويه سيتم توجيهها الي شبكه الصرف، مما يمكن من اعاده الاستخدام في المصب من خلال محطات ضخ الصرف الزراعي المختلط، التي تنقل بدورها تلك الكميات الي المناطق المخطط اقامه التوسع الزراعي بها في الشمال، مثل شمال سيناء في الشمال الشرقي وغيرها من مناطق في الشمال الغربي بينهما، في حاله المحافظات ذات الظهير الصحراوي والتي لديها خطط توسع زراعي محدده، فان مياه الصرف الصحي التي تعالج معالجه ثنائيه يتم استخدامها في الزراعة مباشره.

٧. سيصل اجمالي مياه الصرف الصحي المعالجة المنتجة محليا في عام ٢٠٣٠، وفقا لهذه الرؤية الاستراتيجية الي ١١,٦ مليار متر مكعب. وبافتراض ان كافه المحطات التي تقوم بالمعالجة الأولية سيتم تطويرها لتقوم بالمعالجة الثانوية، فان الحجم الكلي لمياه الصرف التي سيتم معالجتها ثانويا في كافه ارجاء الجمهورية سيصل الي ١١,٦ متر مكعب بحلول عام ٢٠٣٠ وهو ما يمثل تقريبا اجمالي كميه المياه المنتجة ،حيث ان الكميه المتبقية القليلة والتي تقدر ٦٧,٧ مليون متر مكعب هي حجم مياه الصرف الصحي التي تعالج معالجه ثلاثية والتي سيتم الابقاء علي معدلاتها كما هيا حتي عام ٢٠٣٠.

٨. طبقا لهذه الرؤية الاستراتيجية فان ٥,٨ مليار متر مكعب سيتم استغلالها بالشكل المباشر في مناطق التوسع الزراعي بينما ٥,٨ مليار متر مكعب سيتم توجيهها الي المصارف وطبقا لوزارة الزراعة واستصلاح الاراضي فان مساحه الاراضي التي من المقرر استصلاحها

وزراعتها بحلول عام ٢٠٣٠ ستصل الي ١,٤ مليون فدان وتقدر متطلبات المياه لهذه الاراضي بحلول ٥,٤ مليار متر مكعب سنويا طبقا لاستراتيجية الزراعة المستدامة لعام ٢٠٣٠ وفقا لهذه الرؤية الاستراتيجية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة معالجه ثانويه بحلول عام ٢٠٣٠.

٩. ان الرؤية الاستراتيجية تتوقع ان يتم استصلاح ما يقرب من ١,٤٥ مليون فدان اضافيا استنادا الي الكميات المحتملة المتبقية من مياه الصرف الصحي المعالجة معالجه ثنائيه وهي ٤ مليار متر مكعب من محافظات الظهير الصحراوي و٥,٥ مليار متر مكعب من محافظات الدلتا بمعدل استهلاك للمياه يصل الي ٤١٠٠متر مكعب / فدان/ عام

١٠. تتطلب تنفيذ الرؤية الاستراتيجية المقترحة في خلال ١٦ عاما القادمة حجم استثمارات كلي يقدر ١٥,٠٥ مليار يورو (١٥٠ مليار جنيه مصري) مقسمه الي تكلفه استثماريه تقدر بـ ٨,٥٧ مليار يورو (٨٥,٧ مليار جنيه مصري) وتكلفه التشغيل والصيانة التي تقدر بـ ٦,٤٨ مليار يورو (٦٤,٨ مليار جنيه مصري) مما يتطلب ميزانيه سنوية كليه تقدر جزافيا بـ ٧٩. مليار يورو (٧,٩ مليار جنيها مصريا). كما تقدر ميزانيه الاستثمار السنوية بما يقرب من ٠,٤٥ مليار يورو (٤,٥ مليار جنيها مصريا) و٠,٣٤ مليار يورو (٣,٤ مليار جنيها مصريا) للتكاليف المتكررة من اجل التشغيل والصيانة.

١١. وبناء علي ذلك، وفي حاله تطبيق استراتيجية استرداد التكاليف بالكامل من المستخدمين المحتملين، يمكن تقديم مياه الصرف الصحي المعالجة الي المستثمرين الزراعين في مصبات نظام الصرف في السواحل الشمالية بسعر يقدر ٠,٨٥ يورو/ متر مكعب (٨,٥ جنيها مصريا / متر مكعب) وبتكلفه التشغيل والصيانة تقدر ٠,٠٢٥ يورو / متر مكعب (٠,٢٥ جنيها مصريا / متر مكعب) بينما يمكن تقديم مياه الصرف الصحي المعالجة للمستثمرين الزراعيين في محافظات الظهير الصحراوي بشكل مباشر من محطات المعالجة بسعر يقدر ٠,٩٥ يورو / متر مكعب (٩,٥ جنيها مصريا \ متر مكعب)، وبتكلفه تشغيل وصيانه تقدر ٠,٠٣٥ يورو / متر مكعب (٠,٣٥ جنيها مصريا/ متر مكعب) من خلال مركز البيئة والتنمية للإقليم العربي واوروبا (سيداري).

المراجع

- **تم الإعداد بمشاركة المشروع الألماني GIZ**
- **و مشاركة السادة :-**

➢ **د/ البير ميلادالسيد**	**الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي**
➢ **د/ عبد الرحمن الخولي**	**شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحيرة**
➢ **د/ حسام الشربيني**	**شركة صرف صحي الإسكندرية**
➢ **د/ خالد محمد فهمي**	**الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي**
➢ **د/ رمضان محمد**	**شركة صرف صحي القاهرة**
➢ **د/ شريف سرور**	**الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي**
➢ **د/ محمد ابراهيم**	**شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية**
➢ **د/ محمد اسماعيل**	**الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي**
➢ **د/ محمد صبري**	**شركة صرف صحي القاهرة**
➢ **د/ محمود عبد الرحمن**	**الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي**
➢ **د/ مرزوقة شعبان**	**شركة مياه الشرب والصرف الصحي ببني سويف**
➢ **د/ مصطفى فراج**	**الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي**
➢ **د/ ممدوح محمد زريق**	**الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي**
➢ **د/ مها خلاف**	**GIZ**
➢ **د/ مي السيد حسين**	**شركة مياه القاهرة**
➢ **د/ نسرين عبد الرحمن**	**الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي**
➢ **د/ يحيى شريف**	**الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي**